



**GIÁO TRÌNH BÀI GIẢNG MÔN HỌC**

# **KẾT CẤU THÉP 1**

(Lưu hành nội bộ)

# CHƯƠNG MỞ ĐẦU

## ĐẠI CƯƠNG VỀ KẾT CẤU THÉP

**Định nghĩa môn học Kết cấu thép (KCT) :**

Kết cấu thép là môn học khoa học thực nghiệm, nghiên cứu các phép tính thiết kế, kiểm tra những kết cấu chịu lực của các công trình xây dựng làm hoàn toàn bằng thép.

Kết cấu thép là loại kết cấu công trình quan trọng trong nền xây dựng hiện đại, đặc biệt đối với xây dựng công nghiệp.

Kết cấu thép được tạo nên bởi những cấu kiện khác nhau : các thanh , tấm liên kết với nhau tạo nên những kết cấu và công trình đáp ứng nhiệm vụ sử dụng.

Qua môn học này, học sinh biết được cách sử dụng vật liệu thép xây dựng, phương pháp tính toán kết cấu thép, các loại liên kết dùng trong KCT, thiết kế được các cấu kiện cơ bản như dầm , sàn, cột, dàn, khung nhà công nghiệp một tầng bằng thép cũng như nắm vững những đặc điểm tính toán và cấu tạo các công trình chuyên dụng khác bằng thép như : kết cấu mái nhíp lớn, các loại bể chứa chất lỏng, chất khí... Đồng thời sinh viên biết vận dụng các kiến thức đã học vào giải quyết các vấn đề thực tế trong phạm vi kết cấu thép.

### 0.1. ƯU ĐIỂM VÀ NHƯỢC ĐIỂM CỦA KẾT CẤU THÉP

#### 0.1.1. ƯU ĐIỂM

Ở đây ta chỉ xét bốn ưu điểm cơ bản

**a. Là vật liệu an toàn nhất: bền, chắc đáng tin cậy trong quá trình sử dụng**

Có được ưu điểm này là nhờ những bản chất của vật liệu thép:

- Đồng nhất
- Đẳng hướng
- Cường độ chịu lực và mô đun đàn hồi cao, độ giãn dài lớn.

**\* Đồng nhất:**

+ Tính chất có lý tại bất kỳ điểm nào trong kết cấu thép đều giống

+ Cùng một số hiệu thép(vd: Thép CT<sub>3</sub> dùng trong xây dựng) tại mỗi quốc gia sản xuất đều giống nhau →Trên toàn thế giới không có sự khác biệt nhiều

**\* Đẳng hướng:**

+ Tại bất kỳ một điểm nào, tính chất cơ học vật lý theo các phương các hướng đều giống nhau.

**\* Cường độ chịu lực :** kí hiệu **R**

+ Là khả năng chống lại tác dụng(của ngoại lực hoặc tải trọng) của vật liệu

+ Mô đun đàn hồi: kí hiệu **E**

+ Độ giãn dài của vật liệu : kí hiệu  $\epsilon$

phân tích: (xem phần làm việc chịu kéo của thép)

**b. Trọng lượng nhẹ nhất so với các kết cấu chịu lực khác ( BTCT , gạch đá , gỗ , ..)**

Xét tỉ trọng 3 loại vật liệu :

$$\gamma_{\text{thép}} = 7,85 \text{ T/m}^3.$$

$$\gamma_{\text{bê tông}} = 2,50 \text{ T/m}^3.$$

$$\gamma_{\text{gỗ}} = 1,00 \text{ T/m}^3.$$

Vậy thép có phải là vật liệu nặng nhất không (?)

Để đánh giá phẩm chất nhẹ của vật liệu người ta dùng hệ số **C** :  $C = \frac{\gamma}{R}$  ( 1/m )

Với :  $\gamma$  : trọng lượng riêng VL ( T/m<sup>3</sup> )

R : cường độ tính toán của vật liệu ( T/m<sup>2</sup> )

C càng nhỏ → Vật liệu càng nhẹ .

**So sánh :**

- Thép :  $C = 3,7 \cdot 10^{-4} (1/m)$  → nhẹ nhất .
- Gỗ :  $C = 5,4 \cdot 10^{-4} (1/m)$
- Bê tông :  $C = 2,4 \cdot 10^{-3} (1/m)$

➤ Vậy thép là vật liệu nhẹ nhất sau hợp kim nhôm. Do đó nó đưa đến kết quả rất khả quan :

- Chi phí vận chuyển ít.
- Cho phép thời gian lắp dựng nhanh
- Dễ sửa chữa , thay thế , tháo gỡ khi cần thiết.

**c. Đạt được trình độ công nghiệp hóa cao trong sản xuất và dựng lắp**

- Sản xuất hàng loạt trong nhà máy, dùng những loại máy móc thiết bị chuyên dụng, ít làm thủ công → đem lắp ráp ở hiện trường.
- Dễ tiêu chuẩn hoá, độ chính xác cao → cho phép tận dụng hết khả năng chịu lực của thép.

**d. Có tính kín cao nhất**

- Không thấm nước , thấm khí → thích hợp với các công trình làm bằng KC bản mà các vật liệu khác khó làm được như bể chứa chất lỏng áp lực, chất khí , đường ống dẫn dầu , vỏ lò . . .

### 0.1.2. NHƯỢC ĐIỂM

**a. Là vật dễ bị xâm thực, oxi hóa khi tiếp xúc với không khí**

- Nên chi phí bảo dưỡng khá cao → giá thành cao. Khắc phục :
  - Tránh dùng thép nơi ẩm ướt , có chất ăn mòn
  - Có lớp bảo vệ : sơn phủ lớp bọc
  - Dùng thép có thành phần hợp kim để chống gỉ

**b. Thép là vật liệu phòng hỏa và chống cháy kém nhưng không cháy**

- Là vật liệu không cháy nhưng ở  $t = 500 \div 600^{\circ}\text{C}$  , truyền nhiệt nhanh → chuyển sang dẻo , mất khả năng chịu lực → kết cấu sụp đổ .
- Chịu lửa kém cả kết cấu gỗ dán. Khắc phục :
  - Phun một lớp keo chống cháy bên ngoài
  - Với các công trình dễ xảy ra hỏa hoạn : kho chất cháy , nhà ở , nhà công cộng . . . phải bọc thép bằng lớp chịu lửa ( bê tông , tấm gốm , sơn phòng lửa . . . )

## 0.2. PHẠM VI SỬ DỤNG KẾT CẤU THÉP

**0.2.1. Dùng làm kết cấu công trình dân dụng , đặc biệt là mái các công trình vượt nhịp lớn :**

Công trình dân dụng gồm nhà ở và nhà công cộng.

- Nhà ở từ 25 tầng trở lên dùng khung thép có lợi hơn bê tông vì KCBT chiếm diện tích sử dụng khá lớn.
- Công trình công cộng như nhà triển lãm, cung văn hóa , TDTT, nhà chứa máy bay. Đặc biệt với các trường hợp vượt mái nhịp lớn hơn 100m thì KCT là duy nhất được áp dụng. (có thể đưa một vài ví dụ về công trình cụ thể vượt nhịp lớn)

**0.2.2. Nhà công nghiệp :**

Ví dụ như khu chế xuất Tân Thuận, khu công nghiệp Biên Hoà II

- Với nhà cao , cần trục nặng : toàn bộ khung NCN bằng thép .
- Với NCN nhỏ , có thể kết hợp cột BTCT , dàn và dầm thép .

**0.2.3. Dầm làm KC cầu, đặc biệt là cầu chịu tải trọng nặng :**

- Cầu đường sắt :
- Cầu đường bộ : cầu Thăng Long...
- Cầu treo dây văng bằng cáp có thể vượt được nhịp rất lớn.

Ví dụ : Golden Gate vượt nhịp 2000(m). Cầu Mỹ Thuận, sắp đến cầu Cần Thơ...

**0.2.4. Kết cấu tháp cao, trụ tải điện, truyền thông :**

- Cột đường dây tải điện 500KV gồm 3500 cột → nhiều thép
- Cột điện , ăngten vô tuyến , tháp trắc đạc , tháp khoan dầu .

**0.2.5. Dầm làm các loại kết cấu bản**

- Vì tính kín không thấm, khả năng làm việc trong những điều kiện bất lợi về nhiệt độ và áp suất nên thích hợp cho bể chứa chất lỏng , chất khí , thiết bị lò cao , cửa nhà máy hóa chất , nhà máy hóa dầu.

**0.2.6. Các loại kết cấu di động**

- Cần trục lượng nhẹ như cần trục , cửa van , gương ăngten parabol , cửa cống của các công trình lớn .
- Ngoài ra , còn được dùng trong ngành công nghiệp hiện đại như : giàn khoan dầu trên biển , kết cấu lò phản ứng hạt nhân . . .

*Thép là vật liệu quý hiếm nên việc sử dụng kết cấu thép hay vật liệu khác phải được cân nhắc , so sánh trong từng trường hợp cụ thể . Việc chọn dùng vật liệu nào là do người thiết kế và thi công quyết định sau khi đã so sánh các phương án thiết kế .*

**0.3. NHỮNG YÊU CẦU CƠ BẢN ĐỐI VỚI KẾT CẤU THÉP**

**0.3.1. YÊU CẦU VỀ SỬ DỤNG**

- Thỏa mãn các yêu cầu về chịu lực : độ bền , độ cứng , đủ sức chịu mọi tải trọng sử dụng .
- Đảm bảo độ bền lâu thích đáng . Hình dạng , cấu tạo kết cấu phải tiện bảo dưỡng , tiện kiểm tra và sơn bảo vệ .
- Đẹp cũng là 1 yêu cầu quan trọng đối với nhà công cộng có kết cấu lộ ra ngoài . KCT để có hình dạng hài hòa , thanh thoát .

**0.3.2. YÊU CẦU VỀ KINH TẾ**

- **Tiết kiệm vật liệu**
  - + Sử dụng hợp lý , đúng chỗ .
  - + Thay thế bằng vật liệu khác khi có thể được .
  - + Chọn giải pháp kết cấu hợp lý .
  - + Dùng phương pháp tính toán tiên tiến .
- **Tính công nghệ khi chế tạo**

Thiết kế phải phù hợp với việc chế tạo công xưởng, việc sử dụng những thiết bị chuyên dùng để giảm công chế tạo .
- **Lắp ráp nhanh**

Chia kết cấu thành từng đơn vị vận chuyển hay để nguyên cả kết cấu để sao cho dễ vận chuyển , khuếch đại , lắp ráp và liên kết nhanh chóng tại công trường .

▪ **Điện hình hóa KCT như :**

- + Với từng cấu kiện : xà gồ , dầm , dàn , . . .
- + Với cả kết cấu : cột điện , nhịp cầu , khung nhà , . . .

Ưu điểm :

- + **Về thiết kế** : tránh thiết kế lặp lại , có thể nghiên cứu các dạng kết cấu tối ưu , lợi về vật liệu và giá thành .
- + **Về chế tạo** : chế tạo hàng loạt lớn cấu kiện → giảm thời gian chế tạo , việc sử dụng những thiết bị dựng lắp các kết cấu dùng nhiều lần → thời gian dựng lắp nhanh .

**0.4. VỊ TRÍ MÔN HỌC-NỘI DUNG CHƯƠNG TRÌNH VÀ PHƯƠNG PHÁP HỌC**

**0.3.3. VỊ TRÍ MÔN HỌC**

Trình tự sản xuất ra một công trình XD (?) .

**a. Lập dự án tiền khả thi**

- (Chỉ dành riêng cho công trình nhóm A, nhóm B, C xem nghị định đầu tư → Học Môn Học Quản Lý Xây Dựng)

Giới thiệu sự cần thiết cần phải đầu tư :

**Luận Thị Trường :**

VD : một công trình như khách sạn , hoặc nhà ở khi hoàn thành ít hoặc không có người thuê mua → rất nguy hiểm. Do đó việc nghiên cứu thị trường là một vấn đề hết sức trung thực.

Xem xét những điều kiện CB cho công trình tồn tại :

- Nguồn cung cấp nguyên liệu, nhiên liệu, năng lượng, điện nước, nhân công, quản lý...

→ Thông qua phê duyệt trở thành văn bản có tính pháp lý đầu tiên của công trình.

**b. Tiến hành khảo sát :**

- **Đo đạc** : Lập bản đồ qui hoạch tỉ lệ 1/500 (môn Trắc địa)
- **Khảo sát địa chất công trình** (Môn Địa Chất Công Trình)
  - Một công trình cần bao nhiêu hố khoan theo qui định.
  - Chiều sâu hố khoan bằng bao nhiêu. (gấp 2,5 lần chiều cao CT)
  - Điều kiện mẫu đất lấy về làm thí nghiệm
- **Khảo sát khí tượng thủy văn** : (môn thủy văn công trình) . Thường mua ở các trạm khí tượng thủy văn gần nhất ở địa phương. Các số liệu có được :
  - Nhiệt độ trung bình hàng năm.
  - Nhiệt độ thấp nhất.
  - Nhiệt độ cao nhất
  - Hướng gió chủ đạo
  - Độ ẩm trung bình
  - Lượng mưa thấp nhất
  - lượng mưa cao nhất
- **Mua vật liệu xây dựng, thợ xây dựng**

**c. Thiết kế :**

- **Thiết kế Kiến Trúc** :
  - Các MB, MĐ, MC
  - Khai triển chi tiết kiến trúc → thống kê các chi tiết
  - Người KSXD hải kiểm tra lại ĐATKKT → xem có phù hợp việc tính kết cấu không ?.
- **Thiết kế Kết cấu**

Giới thiệu ứng dụng của một số môn học :

- Toán : công cụ tính
  - Cơ lý thuyết : dựa trên những cơ sở tính toán không phù hợp với thực tế.
  - SBVL : chỉ tính nội lực trong thanh đơn. Chú ý phần Đặc trưng hình học của TD
  - Lý thuyết đàn hồi : phương pháp xác định nội lực trong tấm và khối.
  - Cơ học Kết Cấu : tìm nội lực trong hệ thanh phức tạp
  - + KC tĩnh định : chịu tải bất động và tải di động (dầm → khung → vòm 3 khớp → dàn → hệ liên hợp) . Tính chuyển vị hệ thanh
  - + KC siêu tĩnh : các phương pháp giải khung.
- Trình tự tính kết cấu : Tải trọng → Nội lực → Chọn TD → vẽ → Xuất xưởng.

**Tải trọng** : theo TCVN 27-37 1995 : tải trọng và tác động. (tải bản thân, hoạt tải sử dụng, tải trọng gió . . . )

**Chọn TD :**

3 môn học áp dụng chọn tiết diện công trình :

- KCBTCT (là loại vật liệu XD phức tạp do Bt và CT cùng cộng tác chịu lực)
- KCT
- KC gạch đá ( là loại VLXD gồm gạch ,đá và vữa liên kết nhau thành một khối cứng chịu lực)

Các phần cần phải tính :

- Xử lý nền đất (các biện pháp gia cố xử lý nền đáy yếu )
- Tính sàn
- Tính dầm dọc , khung ngang
- Tính cột
- Tính móng
- Thiết kế kỹ thuật điện nước, vệ sinh môi trường , phòng chống cháy, thông tin liên lạc.

**d. Lập dự toán công trình**

(do các cơ quan thiết kế lập) 3 lần tính tiền công

- Lập dự án đầu tư → mục khái quát vốn đầu tư → **khái toán**
- Tính toán công trình dựa trên khối lượng → áp dụng ĐGXDCB do bộ phát hành kết hợp với bảng giá tài chính xuất hành hàng tháng.
- Sau khi hoàn thành công trình → thanh quyết toán
- Qui định nhà nước hiện nay là phần khối lượng phát sinh trong quyết toán không được vượt quá 10% dự phòng phí → đấu thầu lời ăn lỗ chịu

**e. Xin giấy phép xây dựng**

GPXD : bắt buộc đối với chủ đầu tư, là công cụ kiểm tra , quản lý , sử dụng đất đai và thực hiện qui trình XD.

- **Các hồ sơ có liên quan :**

- Giấy chủ quyền đất (chủ đầu tư hoặc của người khác thông qua hợp đồng thuê đất dài hạn )
- Chứng chỉ qui hoạch do sở XD cấp → qui định ranh lộ giới
- Giấy phép đầu tư do sở kế hoạch đầu tư cấp sau khi đã thông qua UBND quận hoặc TP.
- Hồ sơ TK kỹ thuật (chỉ gửi những phần chính)
- Thẩm định TKế
- Giấy thỏa thuận của cơ quan phòng chống cháy.

- Công trình có chất thủy phải có giấy thỏa thuận của Sở Khoa Học Công Nghệ Môi Trường.

– **Bỏ thầu và chọn thầu xây lắp :**

Điều kiện đơn vị dự thầu :

- + Có giấy phép hành nghề.
- + Có đăng ký kinh doanh
- + Đủ năng lực và trình độ chuyên môn
- + Có chi phí và phải mua hồ sơ dự thầu
- + Có giấy bảo lãnh vốn ngân hàng.

Căn cứ xét trúng thầu :

- + Trình độ kỹ thuật, kinh nghiệm thi công.
- + Giá dự thầu phải sát giá xét thầu.
- + Thời gian hoàn thành công trình

**f. Thiết kế thi công**

- Áp dụng cho công trình lớn. Bao gồm thiết kế kỹ thuật thi công và tổ chức thi công.

**g. Thi công công trình**

- Biến công trình trên bản vẽ thành hiện thực → là quá trình sản xuất công nghiệp mang nhiều đặc tính riêng biệt, không giống những ngành khác.
- Sản xuất ngoài trời → không gian thường rộng lớn
- Thời gian XD kéo dài
- Sản phẩm XD đa dạng, không sản xuất hàng loạt mà đơn chiếc
- Không cho phép có phế phẩm

Để đảm bảo chất lượng và quản lý kỹ thuật, trên công trường cần có loại giám sát :

- + Giám sát của doanh nghiệp XD (nhà thầu) → kỹ thuật B
- + Giám sát chủ đầu tư (GS chất lượng và tiến độ) → kỹ thuật A
- + Giám sát tác giả : đại diện cơ quan thiết kế

**g. Đặc điểm của ngành XD :**

- Liên quan đến tất cả mọi người trong XH.
- Liên quan đến tất cả mọi ngành trong nền kinh tế quốc dân → không có ngành nào trên TG khi phát triển mà không cần đến ngành XD
- Tiêu hao nhiều tiền của của XH và nhiều người.

**0.3.4. NỘI DUNG CHƯƠNG TRÌNH**

**PHẦN 1 : CƠ SỞ KCT**

**Chương 1 : Vật liệu và sự làm việc của kết cấu thép khi chịu tải**

**Chương 2 : Liên kết dùng trong KCT**

**Chương 3 : Dầm thép**

**Chương 4 : Cột thép chịu nén đúng tâm**

**Chương 5 : Dàn thép**

**PHẦN 2 : CÔNG TRÌNH THÉP XD**

**Chương 6 : KCT nhà công nghiệp một tầng**

**Chương 7 : KCT nhà nhíp lớn**

**Chương 8 : KCT nhà cao tầng**

**PHẦN 3 : KẾT CẤU THÉP NÂNG CAO**

**Chương 9 : Các kết cấu chuyên dụng : cột cao, tháp cao, KCT bản**

**Chương 10 : KCT ứng suất trước**

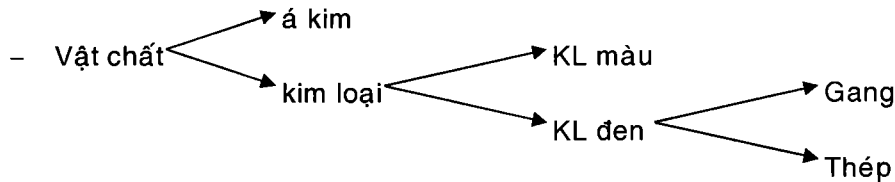


# CHƯƠNG 1

## VẬT LIỆU VÀ SỰ LÀM VIỆC CỦA KẾT CẤU THÉP

### 1.1. SƠ LƯỢC QUÁ TRÌNH SẢN XUẤT GANG VÀ THÉP

Định nghĩa Gang và Thép :



- **Thép và gang : đều là hợp chất của Fe và C , còn các chất khác có tỉ lệ không đáng kể : O , P , Si , ...**

- Quá trình luyện gang và thép có thể tóm tắt như sau :

**Quặng sắt (  $Fe_2O_3$  ,  $Fe_3O_4$  ) → luyện trong lò cao → Gang (hợp kim Fe , C với lượng C trên 1,7%) → Qua lò luyện thép để khử bớt C → Thép .**

Như vậy thép và gang được phân biệt dựa vào hàm lượng C :

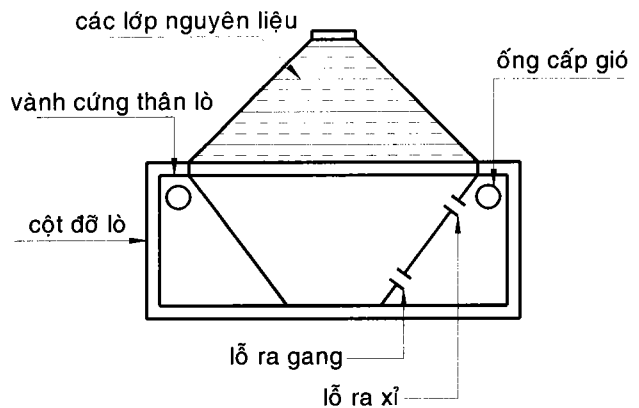
**$C > 1,7\%$  → Gang**

**$C < 1,7\%$  → Thép**

#### 1.1.1. SẢN XUẤT GANG

Luyện gang bằng lò cao :

- Vỏ lò cấu tạo gồm 3 lớp :
  - Lớp gạch chịu lửa trực tiếp
  - Lớp nước làm mát vỏ lò
  - Thép hợp kim cường độ cao
- Nhiên liệu được cho vào cân đong sẵn bên dưới và xếp thành từng lớp ( quặng sắt, đá vôi Lomit, than cốc . . )
- Lớp nước làm mát vỏ lò được đưa vào bằng hệ thống ống bao quanh vỏ lò.
- Ngành luyện lim không thể thế than cốc bằng loại khí đốt khác vì có tính chất thông khí.
- Vành gang có
  - $V = 700m^3$  → có 1 lỗ chảy gang tự động.
  - $V = 1500m^3$  → có 2 lỗ chảy gang tự động.
  - $V_{max} = 3500m^3$
- Sau khi luyện trong lò, những chất không phải là gang bị đẩy lên mặt do tỉ trọng nhẹ hơn gang → gọi là xỉ lò cao và thoát ra lỗ bên trên, gang chảy ra lỗ bên dưới.
- Gang ra lò dưới 2 dạng :
  - Đúc liền → gang thổi
  - Gang lỏng → đưa qua luyện thép.



Hình 1.1 : Sơ đồ luyện gang bằng lò cao

- Xỉ chảy ra ngoài để nguội → nghiền thành xỉ măng xỉ quặng → dùng làm bê tông cho công trình chống ăn mòn, đặc biệt chống axit. Khí than CO thấy ra → đem lọc dùng làm khí đốt ; là nguyên liệu quý của khu gang thép
- Không khí được đun nóng bằng khí CO lên hơn 1000°C bằng lò gió nóng và được thổi vào lò cao dưới áp lực cao để đốt cháy hỗn hợp bên trên.
- Vậy quá trình sản xuất gang và thép là một dây chuyền liên tục nên mặt bằng thường bố trí trên cùng một đường thẳng → có thể dài vài km.

### 1.1.2. SẢN XUẤT THÉP

- Quá trình sản xuất thép là quá trình luyện gang thành thép bằng cách giảm bớt hàm lượng C ( $C < 1,7\%$ ) trong gang. Theo phương pháp luyện : có 2 loại lò

#### a. Luyện bằng lò quay :

- Tùy theo quặng làm gang có ít hay nhiều Phot-pho mà có cấu tạo lò quay khác nhau.
  - **Lò Bessmer** : (KS người Pháp 1856) → lớp lót lò là gạch silic có tính axit.
  - **Lò Thomas** : lớp lót lò là dolômít có tính kiềm

#### Ưu điểm :

- + Năng suất cao
- + Thời gian luyện nhanh ( 8 phút / lò )

#### Nhược điểm :

- + Chất lượng thép không tốt vì không thể khống chế hết thành phần hóa học trong thép.
- + N trong không khí hòa tan vào trong thép → thành bọt khí làm thép giòn.
- + Không đủ thời gian khử hết P làm thép già.

Để khắc phục các nhược điểm trên người ta luyện thép trong lò bằng

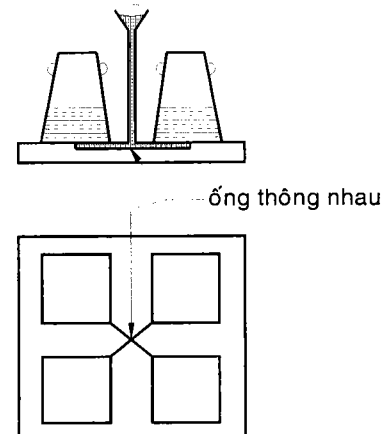
#### b. Luyện bằng lò bằng : (KS Martin 1853)

- Đốt nóng nguồn 1 cho đỏ lên, cho không khí thổi vào lò qua nguồn 1. Khí nóng chạy ngược từ nguồn 2 về lại nguồn 1 và sau đó tắt nguồn 2 . Quá trình được lặp đi lặp lại → khí nóng được thổi qua lại trên mặt gang lỏng.
- Như vậy luyện thép bằng lò bằng cho năng suất thấp hơn so với lò quay do thời gian luyện lâu 5-6h/1 mẻ → giá thành cao. Tuy nhiên có đủ thời gian khống chế được các thành phần hóa học trong thép.

**KL : luyện thép bằng lò bằng bao giờ cũng tốt hơn lò quay.**

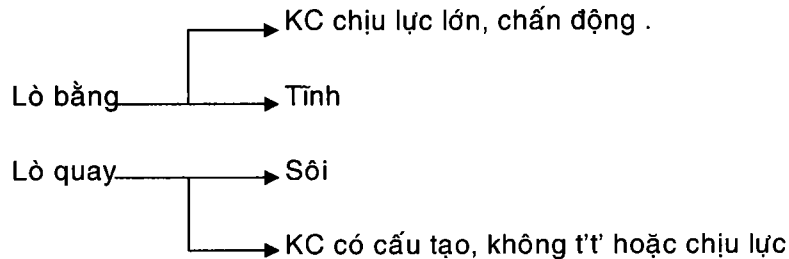
#### c. Đúc khuôn :

- Thép sau khi luyện ra lò, được đem đi đúc khuôn (theo nguyên lý bình thông nhau) bằng cách rót từ từ thép lỏng vào phễu, thép dâng lên trong bình theo nguyên lý bình thông nhau → nhằm tránh lớp nguội trước , nguội sau → sản phẩm không đồng nhất và giảm bọt khí chui vào làm giảm chất lượng thép.
- Mỗi thùy rót ra được 250 T, nếu nhiều hơn bị phân tầng và vì sức nâng cản trực  $Q_{max} = 350 T$



Hình 1.2 : Bình thông nhau

- Sau khi đúc khuôn, cắt bỏ phần thép có lẫn bọt khí bên trên :
  - + Cắt bỏ 12% → Thép tĩnh
  - + Cắt bỏ 8% → Thép nửa tĩnh
  - + Nếu không cắt bỏ → Thép sôi
- **Kết luận :**
  - + **Thép sôi :** Sau khi ra lò đổ khuôn luôn nên khi nguội bốc nhiều bọt khí tạo những chỗ không đồng nhất → chất lượng không tốt dễ bị phá hoại dòn và lão hóa.
  - + **Thép tĩnh :** sau khi ra lò , đưa vào các chất như Si, Al, Mn. . để hết O<sub>2</sub> có hại và hợp chất phi kim loại khác.
  - + **Thép nửa tĩnh :** Oxy không được khử hoàn toàn.



**d. Cán thép :**

- Thép thổi, thép bản sau khi đúc khuôn vẫn chưa dùng được, phải đưa qua khu cán thép → thường là khu lớn nhất trong xưởng sản xuất thép
- Thép sau khi cán gồm các loại sau :
  - + Thép cán mỏng :  $\square < 4 \text{ mm}$
  - + Thép bản dày :  $\square \geq 4 \text{ mm}$
  - + Thép phổ thông :  $f = 18 - 32 \text{ mm}$
  - + Thép định hình : I, L, C
  - + Thép ống :
  - + Thép ray cầu trục
- Một khu công nghiệp :

**Quặng sắt → gang → thép → cán : gọi là khu liên hợp gang thép**

Ví dụ : Khu liên hợp gang thép Thái Nguyên.

- Hơn 90% thép trên thế giới đều dùng trong XD. Chỉ 10% thép dùng trong cơ khí. Tuy nhiên khi nói đến cơ khí là nói đến thép vì tất cả các bộ phận cấu tạo trong cơ khí đều bằng thép. Trong Xây Dựng không chỉ nói riêng thép mà có thể sử dụng đa dạng vật liệu hình thành nên công trình như : bê tông, gỗ . .

**1.2. CÁC LOẠI THÉP DÙNG TRONG XÂY DỰNG**

**1.2.1. PHÂN LOẠI**

**a. Theo phương pháp luyện thép**

- Thép lò quay
- Thép lò bằng

**b. Theo phương pháp đúc khuôn**

- Thép tĩnh
- Thép nửa tĩnh
- Thép sôi

**c. Theo thành phần hóa học**

- Thép than thấp :  $C < 0,22\%$ , mềm , dẻo , dễ hàn , là thép dùng trong xây dựng ,

Ví dụ : thép CT3. Các đặc trưng tính toán :

$$\sigma_{ch} = 2400 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$\sigma_b = 3800 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$R = 2100 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$\varepsilon = 24 - 26 \%$$

$$E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$a = 8 - 10 \text{ cm.m/cm}^2.$$

- Thép cacbon vừa và cao

$C = 0,25 - 0,5\%$  → cường độ cao, dùng trong các ngành công nghiệp khác. Lấy theo qui chuẩn nhà sản xuất hay theo TCVN 5575-1991.

- Thép hợp kim thấp : kim loại màu chủ yếu Cr, N, Cu, S, P (Thép cường độ khá cao).

+ Được sử dụng nhiều. Có trên 200 loại nhưng trong xây dựng chỉ sử dụng 1 số loại.

+ Giới hạn chảy : 2900 – 3900 ( kg/cm<sup>2</sup> ) ; Giới hạn bền : 4300 – 5400 ( kg/cm<sup>2</sup> )

+ Có cường độ R tăng, tính dễ hàn tăng so với thép than .

+ Tiết kiệm vật liệu 20 – 25% .

- Thép cường độ cao

+ Gồm các loại thép hợp kim có nhiệt luyện .

+ Giới hạn chảy :  $\geq 4400$  (kg/cm<sup>2</sup>) ; Giới hạn bền :  $\geq 5900$  (kg/cm<sup>2</sup>)

+ Tiết kiệm vật liệu : 25 – 30%

**Việc lựa chọn các số liệu thép cho kết cấu phải dựa vào các yếu tố :**

+ Đặc điểm gia tải ( tĩnh , động lực , lặp , rung động . . . )

+ Trạng thái ứng suất ( 1 phương , phẳng , khối )

+ Phương pháp liên kết . . .

**1.2.2. CẤU TRÚC VÀ THÀNH PHẦN HÓA HỌC CỦA THÉP**

**a. Cấu trúc**

- Đem dát mỏng một miếng thép CT3 và soi dưới kính hiển vi ta thấy nó có dạng tinh thể gồm 2 tổ chức chính :

+ **Ferit** : chiếm 97% thể tích , là sắt nguyên chất , màu sáng , có tính mềm và dẻo .

+ **Màng xementit bao quang hạt Ferit** : là hợp chất  $Fe_3C$  , cứng và giòn .

- Để cải thiện cường độ của thép người ta tìm cách thay đổi hàm lượng màng xementit bằng cách thêm một số KL màu như Mn, Si, Cr, Ni, Cu, . . . .

**b. Thành phần hóa học**

- **Sắt** : Hạt thuần chất Fe chiếm hơn 97%

- **Các bon** : Khi C cao → R cao → E thấp → thép khó hàn

- **Mn** : Là hàm lượng có lợi cho thép . Mn cao → R cao → E không giảm → tính hàn không biến đổi. Tuy nhiên cần khống chế hàm lượng Mn vì nó làm tăng tính giòn của thép khi hàm lượng cao. Thép C thấp :  $Mn < 0,64\%$  ; Thép hợp kim thấp:  $Mn < 1,50\%$

- **Silic** : Si cao → R cao. Tuy nhiên khống chế hàm lượng Si  $< 0,3\%$ , vì nếu Si  $> 0,3\%$  làm thép trở nên khó hàn đặc biệt là chống gỉ kém.

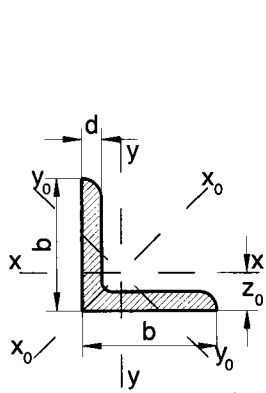
- **Đồng** : Cu cao → R cao → tăng tính chống gỉ. Tuy nhiên Cu  $> 0,7\%$  : thép giòn

- Một số thành phần khác như N, S, P ngành luyện kim cố gắng loại bỏ nhưng không được, nên chỉ khống chế thành phần của chúng trong thép.

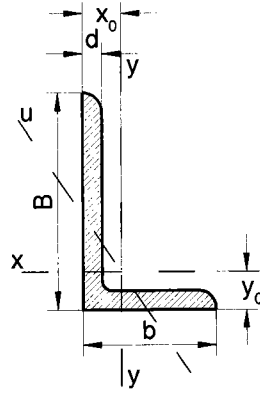
- +  $N \leq 0,008 \%$ ; N lẫn trong quặng khi sôi không được khử hết, làm thép giòn, giảm cường độ
- +  $P \leq 0,05 \%$ ; P → giảm tính dẻo và độ dai va chạm, làm thép giòn nguội.
- +  $S \leq 0,04 \%$ ; S → làm thép giòn nóng, dễ nứt khi hàn và rèn
- Ngoài ra thêm Ni, Cr < 0,3% .

### 1.2.3. QUY CÁCH THÉP DÙNG TRONG XÂY DỰNG

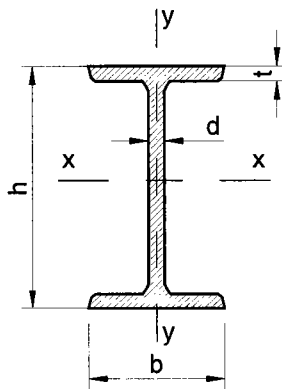
#### a. Thép hình



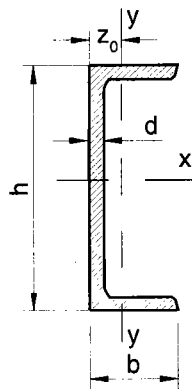
Hình 1.3.a : thép góc đều cạnh



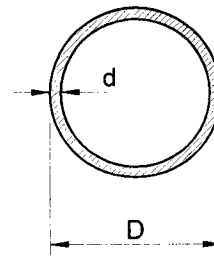
Hình 1.3.b : thép góc không đều cạnh



Hình 1.3.c : thép chữ I



Hình 1.3.d : thép chữ C



Hình 1.3.e : thép ống

#### ◆ Thép góc

- Là loại thép cán nóng, được dùng phổ biến nhất
- Có 2 loại : đều cạnh và không đều cạnh. Kí hiệu L40x4 ; L33x40x4
- Đặc điểm : cánh có 2 mép song song, dài từ 4-12m.
- Phạm vi sử dụng : thanh chống, thanh dàn, ghép lại thành tiết diện chữ T, chữ thập, chữ I, liên kết dầm với cột, dầm ghép bằng bu lông, đinh tán, cột điện ...

#### ◆ Thép chữ I

- Kí hiệu I 40 (cao 40cm), I 40a (cao 40cm, cánh rộng và dày hơn I 40), dài 4-12m
- Có độ cứng theo phương x rất lớn so với phương y ( $J_x \gg J_y$ )
- Phạm vi sử dụng: làm kết cấu chịu uốn phẳng như dầm, nếu làm cột phải tăng cường độ ổn định theo phương y bằng cách mở rộng thêm cánh hoặc ghép hai chữ I lại.

#### ◆ Thép chữ C

- Kí hiệu C30 (cao 30cm), dài 4-12m.
- Mặt bụng phẳng, cánh vươn rộng nên dễ liên kết với các kết cấu khác. Có sự ổn định theo phương y khá tốt.
- Phạm vi sử dụng: dầm chịu uốn xiên như xà gỗ, ghép thành tiết diện đối xứng, dùng làm cột, làm thành dàn cầu.

♦ **Thép Ống**

- Tiết diện đối xứng, vật liệu nằm xa trục trung hòa, chịu lực và ổn định tốt.
- Phạm vi sử dụng : làm thanh dàn, đặc biệt là dàn không gian, kết cấu cột tháp cao.

Ngoài ra còn có thép hộp, thép ray, thép chữ T, Thép vuông đặc....

**b. Thép bản**

- Dùng rộng rãi trong xây dựng. Gồm 3 loại : thép tấm phổ thông  $\delta=4-60\text{mm}$ , bốn cạnh phẳng dễ sử dụng; thép tấm dày  $\delta=4-160\text{mm}$  có bề rộng lớn làm kết cấu bản, thép tấm mỏng  $\delta=0.2-4\text{mm}$ .
- Phạm vi sử dụng : làm bản sàn, kết cấu chịu lực dạng tổ hợp.
- Ngoài ra còn có thép bản vân dùng làm sàn nhà công nghiệp, tấm bậc thang. Thép tấm lượn sóng làm tấm lợp....

**c. Thép hình dẹt nguội**

- Các tấm thép mỏng  $\delta=2-16\text{mm}$  mang dập nguội mà thành. Có thể dập thành : thép góc, thép C, thép Z, tiết diện hộp....
- Phạm vi sử dụng ; vành mỏng nhẹ nhàng nên dùng cho kết cấu chịu lực nhẹ nhưng yêu cầu độ ổn định lớn.

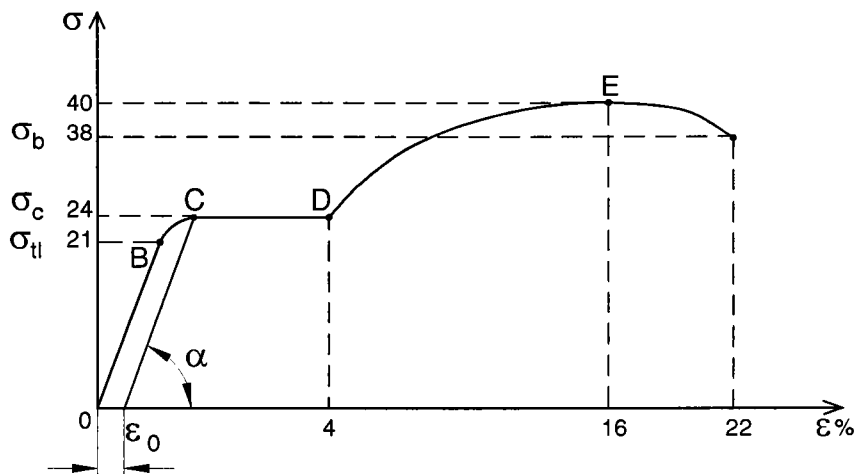
**d. Thép phổ thông**

- Có đường kính từ 6-80mm.
- Phạm vi sử dụng : thanh căng cửa vòm , bu lông neo, bu lông chịu lực. Thường dùng trong kết cấu bê tông cốt thép.

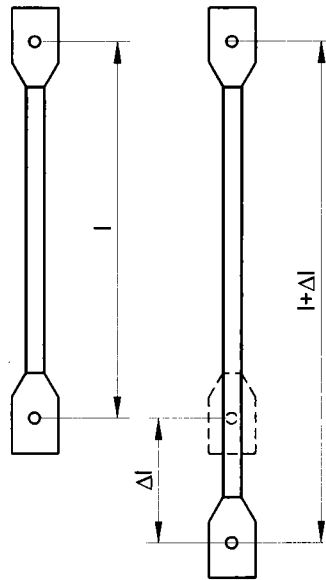
**1.3. SỰ LÀM VIỆC CỦA THÉP CHỊU TẢI TRỌNG**

**1.3.1. SỰ LÀM VIỆC CỦA THÉP KHI CHỊU KÉO**

**a. Biểu đồ ứng suất – biến dạng khi kéo**



Hình 1. Biểu đồ quan hệ giữa ứng suất và biến dạng



- Ta lấy một mẫu thép mềm CT<sub>3</sub> chiều dài  $l$ , diện tích cắt ngang là  $F$  đem kéo với một lực  $N$  tĩnh và tăng dần :
  - Ứng suất chịu kéo:  $\sigma = \frac{N}{F}$
  - Khi kéo, thanh thép giãn ra một đoạn  $\Delta l$  và độ giãn dài tương đối là  $\epsilon = \frac{\Delta l}{l}$
- Vẽ đồ thị quan hệ giữa ứng suất  $\sigma$  và biến dạng tỉ đối  $\epsilon$ , ta được biểu đồ kéo của thép như hình 1. Ta nhận thấy đồ thị được chia thành 4 giai đoạn :
  - **Giai đoạn tỉ lệ OB**
    - + Tương ứng với ứng suất từ  $0 \rightarrow 2000$  (kg/cm<sup>2</sup>). Quan hệ ứng suất và biến dạng là quan hệ bậc nhất. Vật liệu làm việc tuân theo định luật Hooke :  $\sigma = E \cdot \epsilon$
    - $E$  : modun đàn hồi ( hệ số góc của đường thẳng OB);  $E = 2,06 \times 10^6$  (kg/cm<sup>2</sup>)
  - **Giai đoạn quá độ BC**
    - + Đường biểu diễn hơi cong, không còn giới hạn tỉ lệ nữa nhưng thép vẫn làm việc đàn hồi, nghĩa là nếu chúng ta kéo mẫu tới **C** rồi buông ra thì đường biểu diễn trở về qua **B** đúng về **O**.
    - + Từ **O**  $\rightarrow$  **C** : vật liệu vẫn còn đàn hồi nên OC : giai đoạn đàn hồi .
    - +  $\sigma_C$  : là giới hạn đàn hồi  $\sigma_{dh}$  .
    - + Thực tế ,  $\sigma_{dh}$  khác rất ít với  $\sigma_B$  nên nhiều khi đồng nhất 2 giai đoạn này
  - **Giai đoạn chảy CD**
    - + Ứng suất không tăng nhưng biến dạng vẫn tăng, vật liệu làm việc trong giai đoạn chảy.
    - + **CD** nằm ngang , ứng với biến dạng từ  $\epsilon = 0,2\% \rightarrow 2,5\%$  , gọi là thêm chảy .

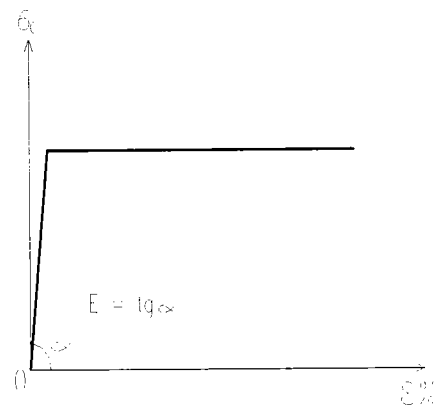
- + Nếu quá **C** một đoạn ngừng không kéo → đường biểu diễn trở về song song **OB** gặp trục hoành ở 1 điểm  $\epsilon_0$ , có biến dạng dư .
- **Giai đoạn gia cường DE**
- + Thép không chảy nữa và có thể chịu được lực, thép như được gia cường
- + Vượt quá **D**, tiếp tục kéo, ứng suất tăng nhưng không còn tỉ lệ với  $\epsilon$
- + Đường cong hơi thoải, biến dạng tăng nhanh theo kiểu biến dạng dẻo
- + Đến **E** ( điểm đỉnh ), ứng suất không tăng nữa
- + Kéo quá 1 chút → mẫu thép bị thắt lại, tiết diện thu nhỏ và bị đứt tương ứng  $\epsilon \approx 22\%$  ( CT<sub>3</sub>)
- +  $\sigma_D$ : giới hạn bền

**b. CÁC ĐẶC TRƯNG CƠ HỌC CHỦ YẾU CỦA THÉP**

- **Giới hạn tỉ lệ ( B )**:  $\sigma_{II} = 2000$  (kg/cm<sup>2</sup>)
- **Giới hạn chảy ( C )**:
  - Là ứng suất lớn nhất có thể có trong vật liệu, không được phép vượt qua, là **giới hạn về khả năng chịu lực** của thép. Với thép CT<sub>3</sub>:  $\sigma_c = 2400$  (kg/cm<sup>2</sup>)
  - Đây là giới hạn rất quan trọng để đánh giá khả năng chịu lực của thép, vì:  $\sigma > \sigma_c$ : thép không làm việc được.
    - +  $\leq \sigma_{II}$ : dùng lý thuyết đàn hồi, với  $E = \text{const}$
    - +  $\sigma_{II} < \sigma < \sigma_c$ : dùng lý thuyết đàn hồi dẻo, với  $E \neq \text{const}$
    - +  $= \sigma_c$ : dùng lý thuyết dẻo. Vật liệu thép được tận dụng cao nhất.
- **Giới hạn bền**:
  - Là giới hạn cuối cùng trước khi thép bị phá hoại
  - Khi tính toán với thép CT<sub>3</sub>:  $\sigma_c = 2400$  (kg/cm<sup>2</sup>) →  $\sigma_b = 3800$  (k/cm<sup>2</sup>): cho vật liệu một độ dự trữ an toàn cao về cường độ giữa trạng thái làm việc và trạng thái phá hoại.
- **Biến dạng khi đứt  $\epsilon_0$** :
  - Đặc trưng cho độ dẻo và độ dai của thép
  - Biến dạng khi làm việc đàn hồi:  $\epsilon_c = 0,2\%$ ; **Biến dạng khi đứt:  $\epsilon_b = 22\%$ , gấp 100 lần  $\epsilon_c$  → nghĩa là cho vật liệu một lượng dự trữ an toàn cao về biến dạng** → nên dễ phát hiện → KCT không bao giờ bị phá hoại ở trạng thái dẻo. KCT chỉ bị phá hoại khi chuyển thành giòn.
- **Môđun đàn hồi E**:
  - $E = \text{tg}\alpha$ . Trong giai đoạn đàn hồi:  $\text{tg}\alpha$  lớn → vật liệu tốt
  - + OC:  $E = 2,1 \cdot 10^6$  (kg/cm<sup>2</sup>)
  - + CD:  $E = 0$
  - + DE: coi  $E = 0$

**Giản đồ Prandt**

→ Coi thép là 1 vật liệu có 1 đoạn đàn hồi lí tưởng, 1 đoạn dẻo lí tưởng.



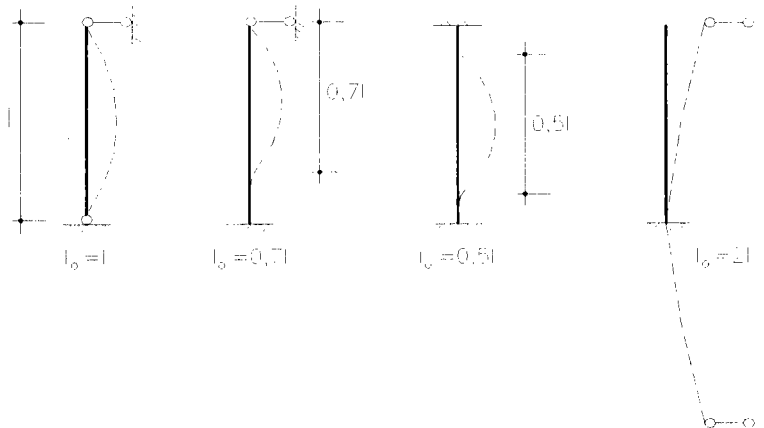
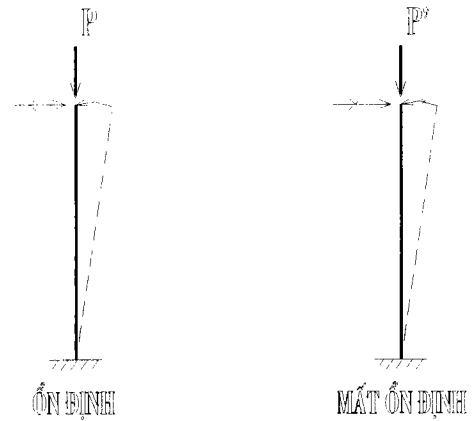


**1.3.2. SỰ LÀM VIỆC CỦA THÉP KHI CHỊU NÉN**

- Các đặc trưng cơ học tính toán trong giai đoạn làm việc đàn hồi và đàn hồi dẻo giống sự làm việc chịu kéo : cùng  $E$  ,  $\sigma_{tt}$  ,  $\sigma_{dh}$  ,  $\sigma_c$
- Không xác định  $\sigma_b$  ở thép cacbon thấp : mẫu thép bị phình ra và tiếp tục chịu được tải lớn .

**2 trường hợp :**

- **Mẫu ngắn** : ( dạng khối ). Quan hệ ứng suất – biến dạng giống chịu kéo
- **Mẫu dài** : (dạng thanh ). Thanh sẽ bị phá hoại do hiện tượng mất ổn định
  - + Bỏ tác dụng lực ngang : trở về vị trí cũ → thanh ổn định
  - + Tăng P : thanh không trở về vị trí cũ → mất ổn định.
  - + Nếu  $P < P_{th}$  hay  $\sigma < \sigma_{th}$  : thanh ổn định
  - +  $P > P_{th}$  hay  $\sigma > \sigma_{th}$  : thanh mất ổn định



**Xét thanh có liên kết 2 đầu khớp**

Theo công thức Euler :

$$P_{th} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_{min}}{l^2}$$

$$\sigma_{th} = \frac{P_{th}}{F} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_{min}}{l^2 \cdot F}$$

$$\frac{J_{min}}{F} = r_{min}^2$$

$$\frac{l^2}{r_{min}^2} = \lambda_{min}^2$$

$$\sigma_{th} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2}$$

- + Vậy :  $\sigma_{th}$  phụ thuộc :
  - \* Vật liệu ( môđun vật liệu E )
  - \* Đặc trưng hình học
- + Đặt :  $\sigma_{th} = \varphi \cdot R$
- + Từ quan hệ giữa  $\sigma_{th}$  và  $\lambda$  → Ta có quan hệ giữa  $\varphi$  và  $\lambda$  → Lập bảng tính , đồ thị của quan hệ đó cho từng loại thép .
- + Thường tính theo bảng tính vì đồ thị dễ sai số
- + Thanh ổn định khi :  $\sigma \leq \sigma_{th} = \varphi \cdot R$

**Tóm lại :**

- Điều kiện cường độ :  $\sigma = \frac{N}{F_{th}} \leq R$

- Điều kiện ổn định :  $\sigma = \frac{N}{F_{ng}} \leq \varphi \cdot R$  (nén đúng tâm)  
 $\sigma = \frac{N}{F_{ng}} \leq \varphi_{lt} \cdot R$  (nén lệch tâm)

Với:  $\lambda = \frac{l_0}{r} \rightarrow$  tra được  $\varphi$  ( $\varphi < 1$ )

$l_0$ : đoạn thanh mất ổn định khi chịu nén  
 $r$ : tra bảng (dùng trong KCT)

### 1.3.3. SỰ LÀM VIỆC CỦA THÉP KHI CHỊU UỐN

#### a. Tính cấu kiện trong giai đoạn đàn hồi

- Độ bền cấu kiện chịu uốn trong một mặt phẳng được kiểm tra theo công thức sau:

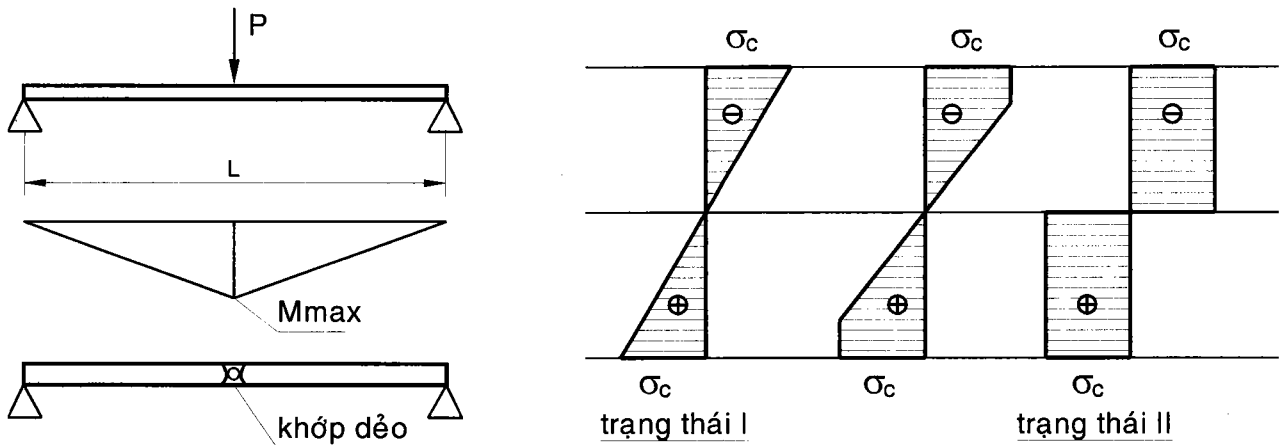
$$\sigma = \frac{M}{W_{th}} \leq R \cdot \gamma ; \tau = \frac{Q \cdot S}{J \cdot \delta} \leq R \cdot \gamma$$

Trong đó:

- +  $M, Q$ : là mômen lực cắt tính toán
- +  $W_{th}$ : là mômen chống uốn thu hẹp của tiết diện
- +  $S$ : mômen tĩnh của phần tiết diện đối với trục trung hòa
- +  $J$ : là mômen quán tính của tiết diện đối với trục trung hòa
- +  $\delta$ : bề dày cấu kiện tại chỗ cần tính ứng suất tiếp

#### b. Tính cấu kiện khi có biến dạng dẻo

- Xét một dầm làm việc như hình vẽ
- Khi lực  $P$  còn nhỏ, ta tăng dần  $P$ . đến một lúc nào đó, biểu đồ ứng suất có dạng tam giác và ứng suất thứ biên đạt tới giới hạn chảy, các thớ bên trong tiết diện đều nhỏ hơn giới hạn chảy (tiết diện làm việc trong giai đoạn đàn hồi). (Trạng thái I)



Hình 1.5 : Sự làm của việc thép khi chịu uốn

- Tiếp tục tăng  $P$ ,  $\sigma_c$  lan dần vào các thớ trong và dần dần biểu đồ ứng suất có dạng chữ nhật. Ta nói toàn bộ tiết diện làm việc trong giai đoạn chảy (Trạng thái II). Và đây:

- + Là giới hạn cuối cùng của thép. nếu tiếp tục tăng P thì tại tiết diện  $M_{max}$  sẽ hình thành khớp dẻo, vùng dẻo không còn khả năng chịu lực, xem như dầm 3 khớp biến hình tức thời và dầm hoàn toàn bị gục xuống
- Ta có :
  - Trạng thái I :  $M = \sigma_c \cdot W$
  - Trạng thái II :  $M_d = \int_F y \cdot dF \cdot \sigma_c = \sigma_c \int_F y \cdot dF = \sigma_c (S_1 + S_2) = \sigma_c W_d$

Trong đó :  $W_d$  là mômen chống uốn dẻo

- So sánh trong trường hợp tiết diện chữ nhật;

$$\frac{M_d}{M} = \frac{W_d}{W} = \frac{2 \cdot \frac{h}{2} \cdot \frac{b}{4}}{\frac{bh^2}{6}} = 1.5$$

Nghĩa là đối với tiết diện chữ nhật, nếu tính theo trạng thái dẻo sẽ tăng khả năng chịu lực lên 1.5 lần (nhưng không an toàn).

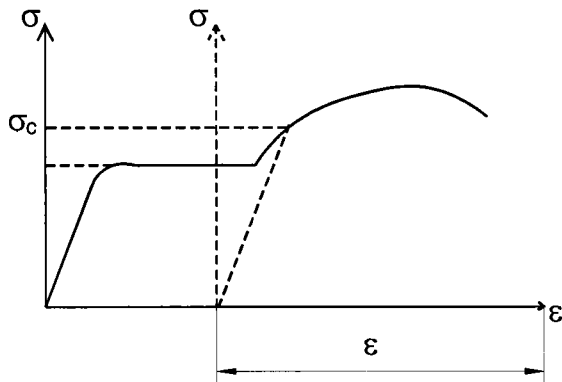
- Tương tự ta có :
  - Tiết diện chữ I :  $W_d = 1.15W$  ;
  - Tiết diện chữ C :  $W_d = 1.2W$  ;
  - Tiết diện tròn đặc :  $W_d = 1.3W$  ;
- Không nên tính theo trạng thái giới hạn dẻo, nên tính cấu kiện trong giai đoạn đàn hồi để cho cấu kiện một độ an toàn cao về cường độ. Chỉ tính cấu kiện trong giai đoạn dẻo khi cấu kiện đạt được đồng thời 3 điều kiện sau:
  - + Dầm đảm bảo điều kiện ổn định tổng thể
  - + Dầm chỉ chịu tải trọng tĩnh
  - + Tại chỗ có  $M_{max}$  , ứng suất tiếp :  $\tau \leq 0.4R$

#### 1.4. CÁC HIỆN TƯỢNG PHÁ HOẠI DÒN CỦA THÉP

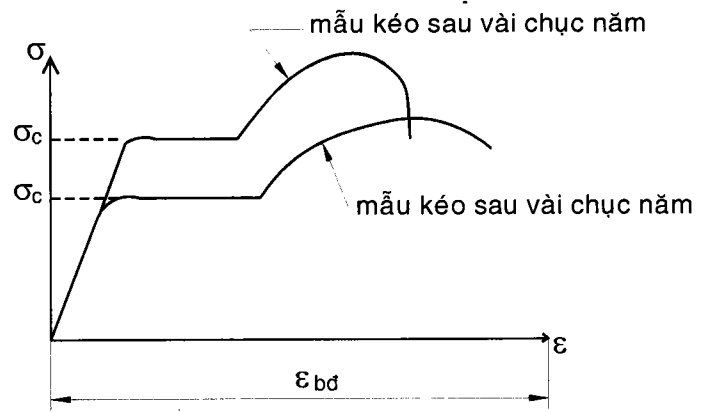
- Sự phá hoại của kết cấu thép có thể xảy ra dưới 2 hình thức:
  - Phá hoại dẻo: biến dạng lớn, các phân tử bắt đầu trượt lên nhau khi nội lực vượt quá ngoại lực, không đột ngột và nguy hiểm
  - Phá hoại giòn: biến dạng còn nhỏ, lực tương tác giữa các phân tử bị mất đi, không báo trước và nguy hiểm
- Thép là vật liệu chủ yếu bị phá hoại dẻo, tuy nhiên một số trường hợp kết cấu thép chuyển sang giòn, khi thiết kế cần tránh những nguyên nhân sau:

##### 1.4.1. HIỆN TƯỢNG CỨNG NGUỘI

- Là hiện tượng thép trở nên cứng sau khi bị biến dạng dẻo ở nhiệt độ thường.
- Kéo mẫu thép đến giữa giai đoạn chảy → đường biểu diễn trở về song song với đường ban đầu, và sau đó tiếp tục làm việc theo biểu đồ kéo thông thường.
- Kéo mẫu thép quá giai đoạn chảy thì thềm chảy của thép không còn nữa, thép hầu như làm việc trong giai đoạn dẻo với biến dạng phá hoại nhỏ. Khi đó làm tăng cường độ chịu lực  $\sigma_c$  nhưng  $\epsilon < \epsilon_{bd}$  .
- Sự cứng nguội làm tăng cường độ thép nhưng làm thép giòn.
- Nguyên nhân : khi gia công nguội các cấu kiện uốn, cắt, đột lỗ...



Hình 1.6 : Hiện tượng cứng nguội



Hình 1.7 : Hiện tượng già của thép

#### 1.4.2. HIỆN TƯỢNG GIÀ CỦA THÉP

- Là hiện tượng thép trở nên già theo thời gian
- Kéo 2 mẫu thép: mẫu vừa sản xuất với mẫu để sau vài chục năm. Ta thấy, theo thời gian: giới hạn chảy và giới hạn bền tăng; độ giãn dài và độ dai xung kích giảm, thép trở nên giòn hơn, tính dẻo mất dần
- Nguyên nhân: khi luyện thép, một số tạp chất còn lẫn trong hạt ferit, qua thời gian chúng ra khỏi hạt ferit và làm dày màng pectit → làm tăng cường độ chịu lực
- Không nên lợi dụng hiện tượng già của thép để tăng cường độ

#### 1.4.3. HIỆN TƯỢNG ỨNG SUẤT PHÂN BỐ KHÔNG ĐỀU

- Khi trong cấu kiện có lỗ khuyết, rãnh cắt thì các đường sức (quỹ đạo các ứng suất chính) có dạng tập trung và uốn quanh chỗ cắt. Chứng tỏ ứng suất chỗ đó tăng cao và tại đó tồn tại ứng suất theo hai phương làm thép trở nên giòn. Đó là hiện tượng ứng suất phân bố không đều.
- Hiện tượng ứng suất tập trung không đều chỉ nguy hiểm khi kết cấu chịu tải trọng động lực. Cần tránh bằng cách giảm khoét lỗ, rãnh cắt, mặt ngoài cấu kiện nhẵn.

#### 1.4.4. ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ

- Nhiệt độ có ảnh hưởng rất lớn đến tính chất cơ học của thép.
  - + Ở nhiệt độ  $t = 200 - 250^{\circ}\text{C}$  : tính chất cơ học thay đổi ít
  - + Ở nhiệt độ  $t = 300 - 350^{\circ}\text{C}$  : thép giòn, chịu lực xung kích kém
  - + Ở nhiệt độ  $t = 350 - 650^{\circ}\text{C}$  : tính giòn mất đi, cường độ hạ xuống
  - + Ở nhiệt độ  $t > 650^{\circ}\text{C}$  : chảy dẻo, không còn chịu lực được.
  - + Ở nhiệt độ  $t < -45^{\circ}\text{C}$  : rất giòn, phải dùng thép đặc biệt chịu nhiệt độ thấp

#### 1.4.5. SỰ LÀM VIỆC CỦA THÉP KHI CHỊU TẢI TRỌNG LẶP

- Tải trọng lặp là tải trọng có chiều hay trị số tác dụng thay đổi lặp đi lặp lại nhiều lần
- Khi chịu tải trọng lặp, kết cấu thép giảm cường độ, có thể bị phá hoại ở cường độ nhỏ hơn giới hạn bền → đó là hiện tượng mỏi của thép.
- Sự mỏi làm thép bị phá hoại giòn, thường đột ngột và kèm theo vết nứt.
- Ứng suất phá hoại mỏi gọi là cường độ rung động :  $\sigma_{rd}$

- Khi tính toán kết cấu thép chịu chấn động phải tính với  $\sigma_{rd}$  (tra bảng) và phụ thuộc vào:
  - + Tính chất thay đổi của tải trọng : chu kỳ đối xứng dễ gây cho thép bị mỏi nhất
  - + Số chu kỳ lặp : với thép CT3, cường độ ổn định với số lần lặp lên đến  $2 \times 10^6$  lần
  - + Trạng thái mặt ngoài của cấu kiện : mặt ngoài càng nhẵn thì  $\sigma_{rd}$  càng cao.

#### 1.4.6. THÍ NGHIỆM VỀ ĐỘ DAI XUNG KÍCH

- Sự hoá giòn ảnh hưởng đến tính chất cơ học của thép. vì vậy để đánh giá mức độ hóa giòn của thép, người ta đưa ra chỉ số độ dai xung kích. Kí hiệu là  $a$  ( $\text{kgm/cm}^2$ )
- Thí nghiệm xác định: gia công mẫu thép nhỏ có lỗ khuyết giữa như hình vẽ, thả búa rơi cho đến khi mẫu bị gãy và đo công sinh ra
- Công đơn vị sinh ra khi mẫu gãy gọi là độ dai xung kích;  $a$  càng lớn, khả năng chống va chạm càng cao.

### 1.5. TÍNH TOÁN KẾT CẤU THÉP THEO TRẠNG THÁI GIỚI HẠN

#### 1.5.1. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN KCT THEO TRẠNG THÁI GIỚI HẠN

- Trạng thái giới hạn (TTGH) : là trạng thái mà tại đó kết cấu thôi không thỏa mãn đặt ra đối với công trình khi sử dụng và xây lắp
- Mục đích: đảm bảo cho kết cấu làm việc không vượt quá trạng thái giới hạn để có thể sử dụng được dù có xảy ra điều kiện bất lợi nhất như tải trọng vượt quá mức bình thường, đặc trưng cơ học vật liệu kém nhất..nhưng vẫn đảm bảo tiết kiệm vật liệu nhất.
- Có 3 nhóm trạng thái giới hạn:
  - a. Nhóm TTGH1
    - Gồm các trạng thái:
      - + Phá hoại bền
      - + Mất ổn định
      - + Mất cân bằng vị trí
      - + Kết cấu bị biến đổi hình dáng
    - Điều kiện giới hạn tính toán

$$N < S$$

Trong đó:

- +  $N$  : nội lực trong cấu kiện gây bởi tải trọng tính toán xét với tổ hợp tải trọng bất lợi nhất. Bao gồm hệ số vượt tải, hệ số an toàn về sử dụng, hệ số tổ hợp ....(tra bảng tùy theo loại tải trọng)
- +  $S$  : nội lực giới hạn mà kết cấu chịu được. Phụ thuộc vào đặc trưng hình học của tiết diện và đặc trưng cơ học của vật liệu có kể đến hệ số phẩm chất và hệ số điều kiện làm việc của vật liệu.

#### b. Nhóm TTGH2

- Gồm các trạng thái ; bị võng , rung , lún ...
- Điều kiện giới hạn tính toán :  $\Delta < \Delta_{gh}$

Trong đó :

- +  $\Delta$  : là chuyển vị hay lún của kết cấu dưới tác dụng của tải trọng tiêu chuẩn
- +  $\Delta_{gh}$  : là chuyển vị hay lún giới hạn của kết cấu (qui định trong các qui phạm thiết kế)

- c. **Nhóm TTGH3** : sự hình thành và phát triển khe nứt. Kết cấu thép không tính theo trạng thái giới hạn này

### 1.5.2. CƯỜNG ĐỘ TIÊU CHUẨN VÀ CƯỜNG ĐỘ TÍNH TOÁN

- a. **Cường độ tiêu chuẩn** : kí hiệu là  $R_c$
- Được qui định trong các qui phạm thiết kế
  - Xác định do xử lý thống kê các chỉ tiêu cơ học từ thực nghiệm.
- b. **Cường độ tính toán** : kí hiệu là  $R$
- Công thức xác định :  $R = \frac{R_c}{\gamma_m}$

Trong đó :  $\gamma_m$  là hệ số an toàn vật liệu xét đến những ảnh hưởng làm giảm khả năng chịu lực của kết cấu. Tra bảng và có giá trị nhỏ hơn 1; Phụ thuộc vào các dạng chịu lực khác nhau như : kéo, nén, uốn , cắt, ép mặt, ....

### 1.5.3. TẢI TRỌNG VÀ TÁC ĐỘNG

- Lấy theo TCVN 2737-91 . gồm 2 loại:
  - a. **Tải trọng thường xuyên (tĩnh tải)** : là tải trọng không biến đổi giá trị , phương chiều, vị trí tác dụng trong quá trình sử dụng.  
Ví dụ như : trọng lượng bản thân kết cấu, áp lực đất, lực ứng suất trước ...
  - b. **Tải trọng không thường xuyên (hoạt tải)**: tra bảng phụ thuộc vào loại công trình, công năng sử dụng ...Có 3 loại tải trọng thường xuyên :
    - Tải trọng dài hạn : trọng lượng vách ngăn, thiết bị cố định, ..
    - Tải trọng ngắn hạn : trọng lượng người, đồ đạc , gió...
    - Tải trọng đặc biệt : động đất, nổ , sục lở ...
- c. **Tổ hợp tải trọng** :
  - Mục đích : tìm ra nội lực nguy hiểm gây bất lợi cho kết cấu nhất
  - Nguyên tắc tổ hợp tải trọng : tĩnh tải luôn luôn có, hoạt tải lúc có lúc không, chỉ kể vào khi nó gây thêm nguy hiểm cho kết cấu đang xét.
  - Có 2 loại tổ hợp tải trọng :
    - **Tổ hợp cơ bản 1**: tĩnh tải + một hoạt tải
    - **Tổ hợp cơ bản 2**: tĩnh tải + nhiều hoạt tải (giá trị hoạt tải nhân với hệ số tổ hợp 0.9 : hệ số kể đến sự có mặt không thường xuyên cùng lúc của các loại hoạt tải)
- **Bảng cường độ tính toán kết cấu thép làm bằng thép CT3,CT4** :

Trạng thái ứng suất	Kí hiệu	Cường độ tính toán (kg/cm <sup>2</sup> )
Nén , kéo, uốn	$R$	2100
Cắt	$R_c$	1300
Ép mặt	$R_{em}$	3200

Mô đun đàn hồi của vật liệu trong giai đoạn đàn hồi :  $E=2.1.10^6$  kg/cm<sup>2</sup>.

## CHƯƠNG 2

# LIÊN KẾT DÙNG TRONG KẾT CẤU THÉP

### 2.1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ LIÊN KẾT DÙNG TRONG KCT

- Liên kết rất quan trọng trong Kết Cấu Thép



↓  
( rời )

- KCT thường sử dụng 3 loại liên kết sau :

- + Hàn
- + Đinh tán
- + Bulông

Ngoài ra còn sử dụng liên kết chốt (bấm đinh), liên kết dán . . . Chế tạo và thi công đơn giản, tốc độ dựng lắp nhanh nhưng khả năng chịu lực kém, biến dạng lớn nên ít dùng.

#### 2.1.1. LIÊN KẾT HÀN

- Là liên kết phân tử ( liên kết tinh thể, liên kết liên khối ) của các kim loại bị nóng chảy khi dùng nhiệt ( dòng điện ) đốt nóng làm chảy 2 mép thép để hòa lẫn với nhau. Khi nguội lại tạo thành đường hàn.

- **Ưu :**

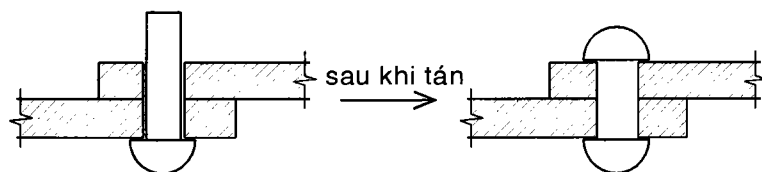
- + Giảm công chế tạo (20%) và khối lượng kim loại (10%)
- + Hình thức cấu tạo liên kết đơn giản
- + Bền, có tính kín cao → nên dùng cho kết cấu cần tính kín ( bể chứa , đường ống dẫn . . . )
- + Tiết diện không cần khoét lỗ nên không giảm yếu → tiết kiệm thép

- **Khuyết điểm :**

- + Khó kiểm tra chất lượng đường hàn
- + Một số loại thép có hàm lượng C cao ( than vừa trở lên ) → khó hàn
- + Quá trình hàn gây biến hình hàn và ứng suất hàn trong liên kết → làm tăng tính giòn của kim loại và không sử dụng được , kết cấu dễ bị vênh
- + Không có tính dai , chịu tải trọng động kém

#### 2.1.2. LIÊN KẾT ĐINH TÁN

- Được sử dụng sớm nhất trong KCT. Gia công 1 đầu trước , sau đó ráp vào cấu kiện rồi tán thân đinh thành đầu đinh thứ 2.



Hình 2.1 Liên kết đinh tán

- **Ưu điểm :** Có tính dai, chịu tải trọng chấn động

lớn → dùng để chế tạo dầm cầu trục nặng , cầu , đường sắt , . . . ( Ở Trung quốc, tất cả kết cấu cầu đều dùng liên kết đinh tán )

- **Khuyết điểm :** Tổn vật liệu và công chế tạo : khoét lỗ , nung đinh , . . . nên ít dùng

### 2.1.3. LIÊN KẾT BULÔNG

- Là liên kết duy nhất trong KCT có khả năng tháo ráp được

- **Ưu điểm :**

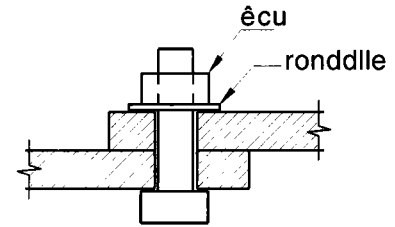
- + Thuận tiện khi tháo lắp , không cần máy móc và năng lượng khi thi công
- + Thích hợp cho các công trình cần tháo ráp ( nhà triển lãm , nhà kho , . . . ) , công trình tạm , liên kết các chi tiết trên cao , . . . nhưng trong quá trình lắp ráp cần cố định tạm

- **Khuyết điểm :**

- + Giảm yếu do khoét lỗ
- + Vẫn còn khe hở giữa lỗ đinh và thân đinh nên liên kết không thật chặt → dễ gây biến dạng trượt lớn.
- + Dễ bị tuột ốc ( do vạy êcu không chặt )

- **Bulông cường độ cao :**

- + Tận dụng ưu điểm của liên kết đinh tán và liên kết bu lông → thay liên kết đinh tán trong các kết cấu chịu tải trọng nặng, tải trọng động và dựng lắp nhanh.
- + Được chế tạo bằng thép cường độ cao. Khi vạy êcu tạo được lực kéo trước trong thân đinh.
- + Chiếm vị trí chủ yếu trong liên kết thép
- + Hầu hết được sử dụng ngày nay nhưng đắt tiền.



Hình 2.2 Liên kết bu lông

## 2.2. LIÊN KẾT HÀN

### 2.2.1. CÁC PHƯƠNG PHÁP HÀN TRONG KẾT CẤU THÉP

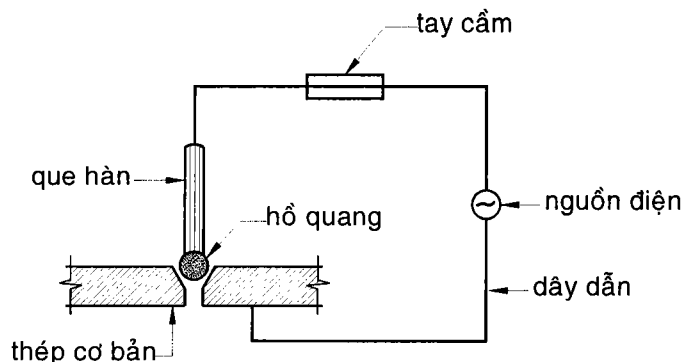
a. Các phương pháp hàn dùng trong kết cấu thép

#### a.1. Hàn tay hồ quang điện

- **Sơ đồ hàn :** Que hàn được kẹp vào tay cầm, nối 1 đầu với máy hàn, 1 đầu của máy hàn nối với tấm thép cơ bản. Tay cầm để tiếp điện

- **Nguyên lý :**

- + Chạm que hàn vào giữa 2 thanh thép cơ bản cần hàn → xảy ra nối mạch → gây đoản mạch.
- + Nhấc que hàn lên 2 – 3mm → giữa 2 điện cực ( thép cơ bản và que hàn ) xảy ra hiện tượng phóng điện → tạo hồ quang → Nhiệt độ cao của ngọn lửa hồ quang ( $> 2000^{\circ}\text{C}$ ) làm 2 tấm thép cơ bản bị nóng chảy (độ sâu nóng chảy 1,5 – 2mm)
- + Kim loại que hàn chảy thành từng giọt rơi xuống rãnh hàn do lực hút của điện trường) (vì thế có thể hàn ngược khi rãnh hàn ở trên)



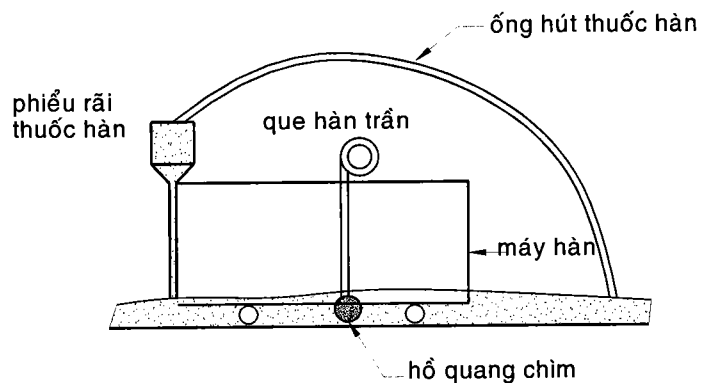
Hình 2.3 Hàn tay hồ quang điện



- + 2 kim loại lỏng hòa lẫn vào nhau, nguội lại tạo thành đường hàn.
- **Công nhân hàn cần chú ý :**
  - + Di chuyển que hàn theo hướng hàn
  - + Tốc độ hàn phù hợp (Sao cho rãnh hàn chảy đủ 90 độ sâu và kim loại que hàn chảy lỏng vừa đủ lấp đầy đường hàn).
  - + Điều chỉnh khoảng cách giữa que hàn và thép cơ bản (chùng 2–3mm), nếu quá xa hay quá gần → hồ quang bị cắt)
  - + Hạn chế tiếp xúc với không khí → không khí chui vào làm giảm chất lượng đường hàn.
- **Ưu và nhược điểm:**
  - + Ưu điểm : thi công đơn giản nên được dùng rộng rãi. Có thể hàn bất kỳ loại đường hàn nào ở những vị trí khác nhau trên kết cấu.
  - + Nhược điểm : năng suất thấp, độ sâu rãnh hàn nhỏ.

**a.2. Hàn tự động hồ quang điện (Hồ quang chìm)**

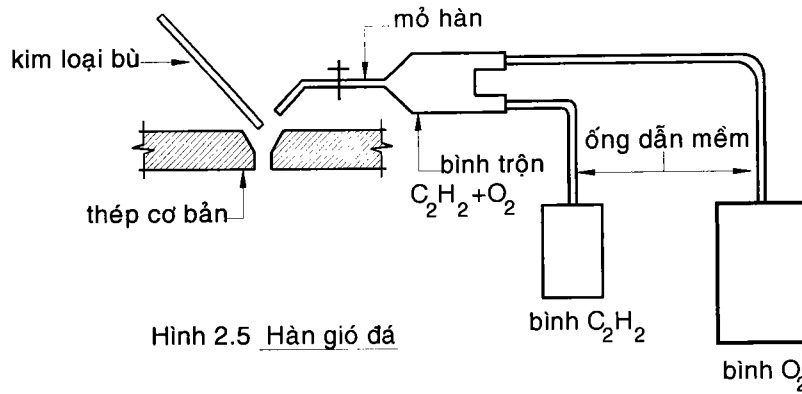
- **Sơ đồ hàn:**
  - + Giống hàn tay nhưng que hàn bọc thuốc được thay bằng cuộn dây hàn trần (đường kính 2 – 5mm). Bằng máy hàn tự động.
  - + Thuốc hàn rải trước thành lớp dày trên rãnh hàn.
  - + Que hàn được tự động nhả dần từ bó theo tốc độ di chuyển đều của máy hàn



Hình 2.4 Hàn tự động hồ quang điện

- + Máy hàn : giữ que hàn chuyển động theo đường thẳng
  - + Chiều đường hàn : từ phải → trái
  - + Dùng ống hút thuốc hàn
  - **Nguyên tắc làm việc :**
    - + Chạm rồi nhấc lên → hồ quang tạo chìm dưới lớp thuốc hàn.
  - **Ưu điểm :**
    - + Chất lượng đường hàn tốt ( vì thực hiện bằng máy )
    - + Tốc độ nhanh (gấp 5 – 10 lần hàn tay) do cường độ dòng điện lớn.
    - + Kim loại lỏng được phủ lớp thuốc dày nên nguội dần, bọt khí thoát ra từ từ làm đường hàn đặc hơn
    - + Không hại sức khỏe thợ hàn do hồ quang cháy chìm.
  - **Nhược điểm :**
    - + Chỉ hàn được đường hàn nằm thẳng hoặc tròn ( thân bể chứa )
    - + Không hàn được : đường hàn đứng hoặc ngược, ở vị trí chật hẹp, trên cao. Đường hàn ngắn , gãy khúc , đường tròn bán kính cong bé.
- Khắc phục :** hàn nửa tự động , máy hàn được di chuyển bằng tay

**a.3. Hàn hơi ( Hàn gió đá , hàn xì )**



Hình 2.5 Hàn gió đá

- **Nguyên lý :**

- + Hỗn hợp cháy là  $O_2$  và  $C_2H_2$ , cho nhiệt lượng cao.
- +  $O_2$  và  $C_2H_2$  được nén ở 2 bình riêng, dẫn đến mỏ hàn bằng ống mềm
- + Khi cháy, nhiệt độ lên đến  $3200^\circ C$  làm nóng chảy kim loại cần hàn và thanh kim loại bù (thay que hàn để lấp đầy rãnh hàn)
- + Kim loại nguội  $\rightarrow$  tạo đường hàn

- **Phạm vi sử dụng :**

- + Hàn những tấm kim loại mỏng, những đường hàn của kết cấu chịu lực không cao,  $h_h < 4mm$
  - + Dùng khi mất điện
  - + Chủ yếu để cắt thép (vì mỏ hàn nhỏ, tia lửa mạnh)
- Ngoài ra còn phương pháp hàn tiếp xúc dùng hàn đối đầu trong bê tông cốt thép

b. Que hàn

- Vừa là kim loại phụ, vừa là 1 điện cực  $\rightarrow$  nên chất lượng que hàn có ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng đường hàn
- Có 2 loại :
  - **Que hàn có lớp thuốc bọc :** (dùng hàn tay) Lớp thuốc bọc dày : 1- 1,5mm, chiếm 30% trọng lượng que hàn, dùng phổ biến trong kết cấu thép. **Tác dụng :**
    - + Khi cháy tạo lớp xỉ cách li không khí xung quanh với kim loại lỏng, ngăn O, N lọt vào làm đường hàn giòn.
    - + Lớp xỉ phủ làm đường hàn nguội từ từ nên không gây nứt đường hàn
    - + Tăng cường sự ion hóa không khí xung quanh làm hồ quang được ổn định
    - + Tăng độ bền đường hàn (do có bột 1 số hợp kim trong thuốc hàn)
    - + Ngoài ra còn có que hàn có lớp thuốc bọc mỏng : dày 0,15 – 0,25 mm ; 10% trọng lượng que hàn. Chỉ có tác dụng làm hồ quang ổn định. Dùng hàn các kết cấu không chịu lực.
  - **Que hàn trần :**
    - + Sử dụng cho hàn tự động
    - + Lớp thuốc bọc được thay bằng lớp bột thuốc hàn phủ trên đường hàn
- Kí hiệu :
  - + E.42 : cường độ  $4200 (kg/cm^2)$  hay  $42 (kg/mm^2)$
  - + E.42<sup>A</sup> : tăng tính dẻo và độ dai xung kích của kim loại (chịu tải trọng động)
- **Chọn que hàn phù hợp mac thép :** để độ bền của thép cơ bản và mối hàn xấp xỉ nhau, khối lượng thép nóng chảy ít nhất ( để giảm ứng suất hàn và biến hình hàn ) .

- + Thường dùng que hàn E42, E46 với thép than (vì thường  $R_b^c \leq 4300$  (kg/cm<sup>2</sup>))
- + E.50 : cấu kiện chịu lực động lớn
- + E.34 : cấu kiện cấu tạo, không chịu lực
- + Thép hợp kim → dùng E.50 , E.50<sup>A</sup> , E.55

**c. Các yêu cầu chính khi hàn và phương pháp kiểm tra chất lượng đường hàn**

**c.1. Các yêu cầu chính khi hàn**

- Trước khi hàn
  - + Làm sạch gỉ trên mặt rãnh hàn
  - + Cường độ dòng điện thích hợp
  - + Gia công mép đúng qui định
  - + Chọn que hàn phù hợp
  - + Kiểm tra máy hàn và các điều kiện đảm bảo an toàn lao động
- Khi hàn : đảm bảo đúng trình tự hàn
- Sau khi hàn: phải kiểm tra lại chất lượng đường hàn

**c.2. Các phương pháp kiểm tra chất lượng đường hàn**

- Kiểm tra bằng mắt: chỉ phát hiện những sai sót bên ngoài ( không đều, lỗi lõm nứt ...)
- Dùng phương pháp vật lý : siêu âm, điện từ , ... → chính xác → áp dụng cho các công trình chịu lực đặc biệt : bể chứa , đường ống cao áp , ...

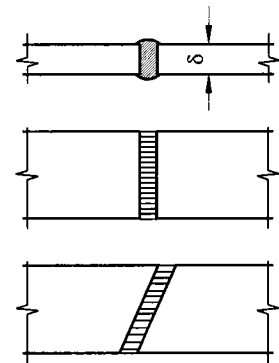
**2.2.2. CÁC LOẠI ĐƯỜNG HÀN VÀ CƯỜNG ĐỘ**

a. Các loại đường hàn

a.1. Phân loại theo cấu tạo : có 2 loại

▪ **Đường hàn đối đầu : (đhđđ)**

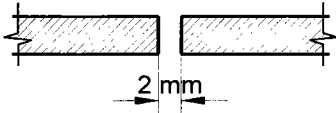
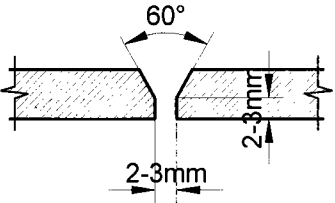
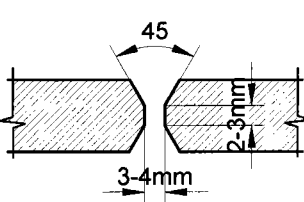
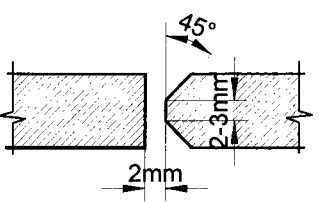
- Đặc điểm chính :
  - + Là đường hàn thực hiện trên 2 mép đầu của thanh thép cơ bản được đặt trên cùng một mặt phẳng. Đường hàn nằm ở khe hở nhỏ giữa 2 cấu kiện cần hàn
  - + Khe hở này còn có tác dụng để các chi tiết hàn biến dạng tự do khi hàn tránh cong vênh.
  - + Có 2 loại : đường hàn đối đầu thẳng góc và đường hàn đối đầu xiên góc với trục cấu kiện.
  - + Yêu cầu : đường hàn cần phải đầy ( nghĩa là chiều dày đường hàn = chiều dày thanh thép cơ bản ) → nên cần hàn cả 2 phía
  - + Nếu dư lên : có thể mài nhẵn ( nếu là mặt sàn )
  - + Thép mỏng → không cần gia công mép
  - + Thép dày → cần gia công mép để :
    - o Có thể đưa que hàn xuống sâu
    - o Đảm bảo sự nóng chảy trên suốt chiều dày bản thép
  - + Để tránh phía dưới đường hàn bị khuyết cần đặt đường hàn trên lớp thuốc hàn hoặc trên tấm đệm bằng đồng hoặc thép.
- **Ưu nhược điểm của đhđđ :**
  - + **Ưu điểm :**
    - o Truyền lực tốt vì đường sức khi qua mối hàn không bị đổi hướng → tránh tập trung ứng suất → Chịu lực chấn động tốt



Hình 2.6 Đường hàn đối đầu

- Làm việc giống như thanh cơ bản vì liên kết mang tính liên kết tĩnh thể.
- + **Nhược điểm :**
  - Gia công mép tốn công.
  - Đặt khoảng cách mép cho đúng ( nếu đặt sai → không chắc ) → nên cần tay nghề cao (thợ bậc 4) và chất lượng không đảm bảo nếu tay nghề không cao.

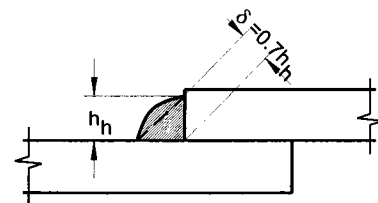
- Các dạng gia công mép bản thép khi hàn

Tên đường hàn theo hình gia công mép	Kích thước mép thép cơ bản	Dùng khi $\delta$ của thép cơ bản là
Không gia công mép		$\delta = 8 - 10\text{mm}$
Hình chữ V		$\delta = 10 - 20\text{mm}$
Hình chữ X		$\delta > 20\text{mm}$
Hình chữ K		$\delta > 20\text{mm}$

▪ **Đường hàn góc :**

- Đặc điểm chính

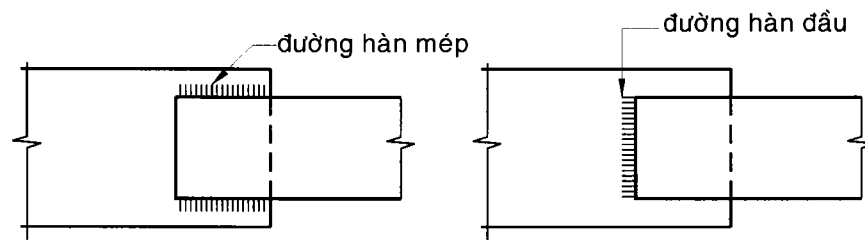
- + Là đường hàn thực hiện ở góc 2 tấm thép đặt chồng lên nhau
- + Tiết diện đường hàn là 1 tam giác vuông cân, do đó lấy : Chiều dày tính toán của đường hàn :  $\delta_h = 0,7 h_h$ . ( $h_h$  : Chiều cao đường hàn)



Hình 2.7 Đường hàn góc

- Có 2 loại đường hàn góc :

- + **Đường hàn góc cạnh** (đường hàn mép): đường hàn song song phương lực tác dụng



- Đường hàn góc cạnh làm việc chịu cắt khi chịu lực dọc trục
  - Hướng của đường lực trong liên kết thay đổi phức tạp.
  - Ứng suất phân bố không đều, ứng suất cắt lớn nhất ban đầu xuất hiện tại mút đường hàn, càng vào giữa đường hàn ứng suất càng đều hơn  
 → khắc phục → không được dùng đường hàn quá dài ( $l_h < 50h_n$  : nếu như lực không phân bố trên toàn bộ chiều dài đường hàn, có nghĩa là đường hàn có chiều dài lớn hơn xem như không làm việc được )
  - Được coi như chỉ chịu cắt qui ước và phá hoại theo 2 tiết diện 1 và 2
  - + **Đường hàn góc đầu** : đường hàn vuông góc phương lực tác dụng
    - Truyền lực đều theo bề rộng của liên kết
    - Đường lực bị uốn cong và dồn ở phía chân đường hàn nên ở đây ứng suất tập trung rất lớn
    - Được coi như chỉ chịu cắt qui ước và phá hoại theo 2 tiết diện 1 và 2 . Thực chất đường hàn này làm việc trong trạng thái ứng suất phức tạp, vừa chịu uốn, kéo (nén) và chịu cắt.
- 
- Ưu và nhược điểm của đường hàn góc
    - + **Ưu điểm** :
      - Thích hợp với đại đa số liên kết.
      - Không cần gia công mép → dễ hàn vì cùng trên một mặt phẳng, vị trí đặt không cần chính xác kĩ nên chỉ cần thợ bậc 1, 2.
    - + **Nhược điểm** :
      - Đường sức qua đường hàn thay đổi phức tạp hoặc bị uốn cong, gây hiện tượng tập trung ứng suất dễ bị phá hoại dòn → chịu lực chấn động không cao.
      - Tốn thép vì phải thêm bản nối phụ

### a.2. Các cách phân loại khác

- **Theo tính chất làm việc** :
  - + Đường hàn chịu lực.
  - + Đường hàn vừa chịu lực vừa kín (ví dụ như bể chứa)
  - + Đường hàn cấu tạo : không chịu lực nhưng phải hàn để nối 2 cấu kiện lại với nhau (thanh dầm có  $N = 0$  phải chọn đường hàn theo cấu tạo)
- **Theo chiều dài** :
  - + Đường hàn liên tục
  - + Đường hàn gián đoạn:
    - Đường hàn gián đoạn chỉ cho phép dùng khi KC chịu tải trọng tĩnh như : sàn công tác, bản sàn, sườn trong các tấm lót. . .

- o Yêu cầu về khoảng cách  $a_{max}$  giữa các đường hàn gián đoạn (để đảm bảo sự làm việc chung của các bộ phận được hàn) như sau :

$$a_{max} \leq 15\delta_{min} : \text{cấu kiện chịu nén}$$

$$a_{max} \leq 30\delta_{min} : \text{cấu kiện chịu kéo, bộ phận cấu tạo}$$



- **Theo chiều dày và khả năng hàn :**

- + Đường hàn một lớp
- + Đường hàn nhiều lớp

- **Theo địa điểm chế tạo :**

- + Đường hàn nhà máy (công xưởng)
- + Đường hàn lắp ráp ( công trường): → lắp ráp các cấu kiện trước khi đưa lên vị trí



- **Theo vị trí đường hàn (vị trí không gian)**

- + Đường hàn nằm : dễ hàn nhất → dễ đảm bảo chất lượng
- + Đường hàn nằm ngược : khó hàn nhất → không nên dùng
- + Đường hàn đứng

**b. Một số yêu cầu cấu tạo đối với đường hàn :**

- Qui phạm :  $h_{hmin} \leq h_h \leq h_{hmax}$   

$\downarrow$   
 Tránh hiện tượng  
 chảy cạn

$\downarrow$   
 Tránh hiện tượng  
 già lửa → thép giòn

+  $h_{hmin} = 4mm$

+  $h_{hmax} = 1,5\delta_{min}$  : kết cấu chỉ chịu tải trọng tĩnh.

=  $1,2\delta_{min}$  : kết cấu chịu tải trọng động ( tức là chiều dày lớn nhất của ĐH không được vượt quá 1,2 lần chiều dày nhỏ nhất của TCB)

- Những đường hàn có chiều dày lớn hơn 8 mm phải hàn thành nhiều lượt khi hàn tay, còn nếu hàn tự động và bán tự động thì hàn nhiều lượt khi chiều dày nó lớn hơn 16 mm. Nên thiết kế để dùng ĐH một lượt vì đơn giản hơn trong chế tạo và chất lượng tốt hơn.
- + Chiều dài nhỏ nhất của ĐH góc không được nhỏ hơn 40mm.
- + Khoảng cách giữa các đường hàn song song không được nhỏ hơn 10 lần chiều dày của TCB.

c. Cường độ đường hàn

- Phụ thuộc chất lượng que hàn, thép cơ bản, loại đường hàn, phương pháp hàn và phương pháp kiểm tra chất lượng đường hàn.
- Cường độ của liên kết hàn được xem là bằng cường độ của TCB khi đường hàn được kiểm tra bằng phương pháp vật lý như tia Ronghen, tia gama, siêu âm, phương pháp ghi từ . . .
- Dùng phương pháp nào để kiểm tra chất lượng đường hàn cần ghi rõ trong bản thiết kế.
- Đối với các loại thép khác thì phải tra bảng cụ thể của từng loại.

**Bảng cường độ tính toán của đường hàn ( kg/cm<sup>2</sup>) khi thép cơ bản là CT3 , CT4 ; que hàn là E 42 , E 42<sup>A</sup>(tải trọng động)**

Kiểu đường hàn	Trạng thái ứng suất	Kí hiệu	Cường Độ tính toán (kg/cm <sup>2</sup> )
Hàn đối đầu	Nén	$R_n^h$	2100
	Kéo , khi hàn tự động và nửa tự động , kiểm tra bằng phương pháp vật lý (trong nhà máy)	$R_k^h$	2100
	Kéo,khi hàn bán tự động và hàn tay, kiểm tra bằng phương pháp thông thường ( ở công trường)	$R_k^h$	1800
	Cắt	$R_c^h$	1300
Hàn góc	Nén , kéo , cắt	$R_g^h$	1500

### 2.2.3. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN LIÊN KẾT HÀN

#### a. Tính liên kết hàn đối đầu

##### a.1. Khi liên kết chịu lực dọc trục (kéo hoặc nén)

▪ **Dùng liên kết đối đầu thẳng góc :**

Ứng suất được xem như phân bố đều trên tiết diện đường hàn :

- Kéo :  $\sigma_h = \frac{N_k}{F_h} = \frac{N_k}{\delta \cdot l_h} \leq R_k^h$

- Nén :  $\sigma_h = \frac{N_n}{F_h} = \frac{N_n}{\delta \cdot l_h} \leq R_n^h$

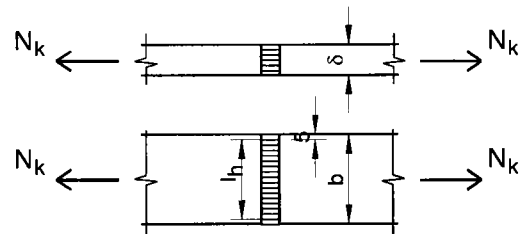
Trong đó :

- +  $N_n, N_k$  : lực kéo , nén tính toán
- +  $\delta$  : chiều dày đường hàn, bằng chiều dày thép cơ bản (nếu hàn hệt hoặc thiếu → không đúng)
- + Khi các cấu kiện được liên kết có  $\delta$  khác nhau , lấy  $\delta = \delta_{\min}$
- +  $R_k^h, R_n^h$  : cường độ tính toán của đường hàn khi kéo, nén (Tra bảng)
- +  $l_h$  : chiều dài tính toán của đường hàn

$l_h = b - 10\text{mm}$

$b$  : chiều dài thực tế của đường hàn ( chiều rộng thép cơ bản )

10mm : xem phần đầu và phần cuối đường hàn không đặc chắc nên không kể vào  $l_h$ .



Hình 2.8 Đường hàn đối đầu thẳng góc

▪ **Dùng liên kết đối đầu xiên góc :**

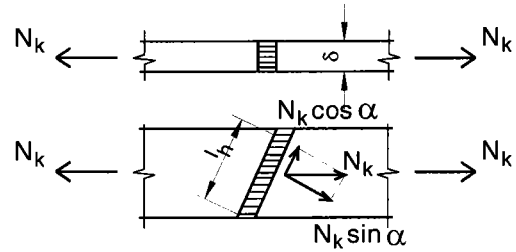
- Với phương pháp kiểm tra chất lượng bằng mắt thường thì cường độ đường hàn chịu kéo bằng 0,85 cường độ của TCB. Trong những trường hợp đó người ta cấu tạo đường hàn xiên góc để tăng chiều dài đường hàn, song phương pháp này tốn công chế tạo do phải gia công đầu nối TCB và khó hơn đường hàn thẳng góc.

- Nếu đường hàn chịu kéo :

$$\begin{cases} \sigma = \frac{N_k \cdot \sin \alpha}{l_h \cdot \delta} \leq R_k^h \\ \tau = \frac{N_k \cdot \cos \alpha}{l_h \cdot \delta} \leq R_c^h \end{cases}$$

- Nếu đường hàn chịu nén :

$$\begin{cases} \sigma = \frac{N_n \cdot \sin \alpha}{l_h \cdot \delta} \leq R_n^h \\ \tau = \frac{N_n \cdot \cos \alpha}{l_h \cdot \delta} \leq R_c^h \end{cases}$$



Hình 2.9 Đường hàn đối đầu xiên góc

- +  $\sigma, \tau$  : ứng suất pháp và ứng suất cắt trong đường hàn
- +  $\alpha$  : góc nghiêng giữa phương đường hàn và trục cấu kiện.  
Thường  $\alpha = 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ .
- +  $l_h$  : chiều dài đường hàn thực – 10mm

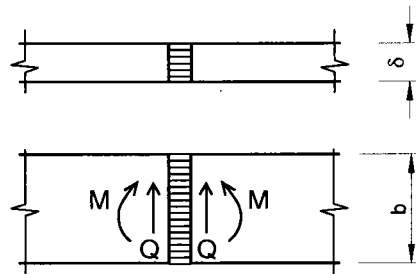
$$l_h = \frac{b}{\sin \alpha} - 10\text{mm}$$

- Các bài toán CB thường gặp :

- + Bài toán kiểm tra
- + Cho ĐH, TCB  $\rightarrow$  tính khả năng chịu lực của CK.

### a.2. Khi liên kết chịu mômen và lực cắt

- Chỉ dùng đường hàn đối đầu thẳng góc, nếu không đủ  $\rightarrow$  thay tiết diện. Không dùng đường hàn đối đầu xiên góc
- Nguyên tắc tính toán : Coi đường hàn là sự kéo dài của thép cơ bản  $\rightarrow$  Kiểm tra ứng suất tại tiết diện đi qua đường hàn :



Hình 2.10 Đường hàn đối đầu chịu M và Q

$$\sigma_M = \frac{M}{W_h} \leq R_k^h$$

$$\tau_Q = \frac{Q}{F_h} \leq R_c^h$$

$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma_M^2 + \tau_Q^2} \leq R_k^h$$

+ Với :  $F_h = l_h \cdot \delta$  (diện tích đường hàn)

$$W_h = \frac{\delta \cdot l_h^2}{6} \text{ (mômen chống uốn của ĐH)}$$

- Nếu có N :

$$\sigma_N = \frac{N}{F_h}$$

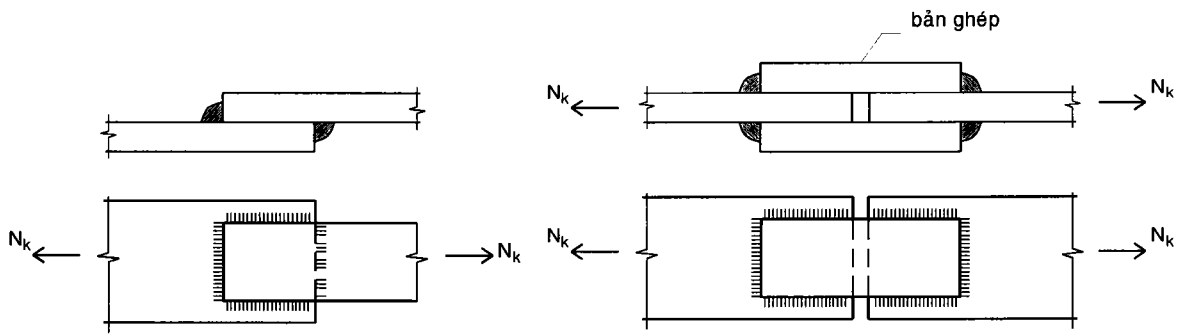
$$\sigma_{td} = \sqrt{(\sigma_M + \sigma_N)^2 + \tau_Q^2} \leq R_k^h$$

### b. Tính liên kết hàn chồng (hàn góc)

#### b.1. Khi chịu lực dọc trục

- Cấu tạo : có 2 trường hợp





Hình 2.11 Không có bản ghép

Hình 2.12 Dùng bản ghép

- Trường hợp 1 : Không có bản ghép
    - + Nối 2 bản thép đặt chồng lên nhau
    - + Đoạn chồng lên nhau a: Lấy theo yêu cầu bố trí đường hàn, tối thiểu  $a \geq 5 \delta_{\min}$
    - + Đường hàn góc có ứng suất hàn và có sự tập trung ứng suất lớn nên không dùng cả 2 loại đường hàn (đường hàn mép và đường hàn đầu) để liên kết khi chịu lực lớn, chịu tải trọng động
    - + Thường dùng : Nối các bản thép có  $\delta$  nhỏ :  $\delta = 2 - 5\text{mm}$ , Liên kết thép hình và thép bản
  - Trường hợp 2: dùng bản ghép
    - + 2 thanh thép đặt đối đầu nhau, thông qua bản ghép
    - + Ưu điểm : Không gia công mép cấu kiện
    - + Nhược điểm: Tốn thép làm bản ghép, Ứng suất tập trung lớn  $\rightarrow$  không dùng để chịu tải trọng động.
    - + Để giảm ứng suất tập trung ở các góc vuông và để dễ hàn  $\rightarrow$  cắt vát góc bản ghép.
    - + Bản ghép có thể là thép bản hay thép hình
    - + Khi bản ghép là thép hình, nếu bề rộng của cánh thép góc cần nối  $b \geq 130\text{mm}$  thì thép góc nối được cắt vát để các đường hàn gần trục truyền lực tốt hơn
- **Tính toán**

- Yêu cầu :

$$\sum F_{bg} \geq F_{cb}$$

- + Tổng diện tích tiết diện bản ghép :
  - + Chiều rộng bản ốp < Chiều rộng thép cơ bản  $\rightarrow$  để hàn mép, hàn vòng quanh. Thường dùng đường hàn vòng quanh :
  - + Chiều dài đường hàn =  $\sum$  Chiều dài tính toán của từng đường hàn.
  - + Chọn chiều rộng bản ốp chỉ vừa đủ vì :
    - o Nếu quá nhỏ  $\rightarrow$  đường sức thu hẹp không đều  $\rightarrow$  không có lợi
    - o Nếu quá lớn  $\rightarrow$  khó hàn
- **Công thức tính toán của đường hàn góc khi chịu lực dọc trục :**  
 Khi chịu lực dọc trục, ứng suất tiếp trong đường hàn góc dọc xem như phân bố

đều :

$$\tau_h = \frac{N}{0,7 \cdot h_h \cdot \sum l_h} \leq R_g^h$$

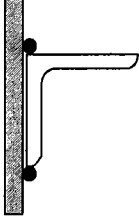
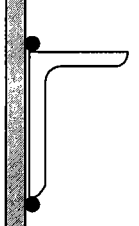
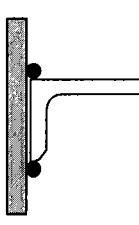
Trong đó :

- +  $N$  : lực trục tính toán
- +  $h_h$  : chiều cao đường hàn ( ta chọn )
- +  $\delta_h = 0,7h_h$  : chiều dày đường hàn
- +  $R_g^h$  : cường độ tính toán của đường hàn góc
- +  $\sum l_h$  : tổng chiều dài tính toán của đường hàn để chịu lực  $N$

**Yêu cầu về đường hàn:**

- +  $l_h \geq 4h_h$
  - +  $l_h \geq 40 \text{ mm}$
  - +  $l_h \leq 85 \beta_h h_h$  : với đường hàn góc cạnh
- Khi liên kết thép hình với thép bản, do lực trục  $N$  không nằm giữa 2 đường hàn nên lực tác dụng vào mỗi đường hàn sẽ tỉ lệ nghịch với khoảng cách từ trọng tâm đặt lực đến mỗi đường hàn .

**Bảng phân phối nội lực cho đường hàn sống và đường hàn mép khi liên kết thép góc và thép bản**

Cách liên kết	Sơ đồ liên kết	$N_1$	$N_2$
Thép góc đều cạnh		0,70N	0,30N
Thép góc không đều cạnh và ghép cạnh dài		0,65N	0,35N
Thép góc không đều cạnh và ghép cạnh ngắn		0,75N	0,25N

- + **Chú ý :**
  - o Nếu 2 đường hàn chênh nhau khá nhiều : hàn trên hàn đủ chiều dài, ở dưới dùng đường hàn gián đoạn, cắt góc
  - o Tránh dùng đường hàn đầu, chỉ dùng đường hàn mép
  - o Đường hàn mép ( $N_2$ ) có thể cắt góc hoặc dùng đường hàn gián đoạn.
  - o Những đoạn đầu phải hàn ( min = 5cm )

**b.2. Khi chịu đồng thời  $M$  ,  $Q$  ,  $N$  : có 2 cách**

- **Chỉ dùng đường hàn đầu :**

- Chỉ có M và Q :

$$\sigma_M = \frac{M}{W_h} \leq R_g^h; \tau_h = \frac{Q}{F_h}$$

$$W_h = \frac{\delta_h \cdot I_h^2}{6} = \frac{0,7 \cdot h_h \cdot I_h^2}{6};$$

- Có đồng thời M, Q, N

$$\sigma_h = \sqrt{\sigma_M^2 + \tau_Q^2} + \sigma_N \leq R_g^h$$

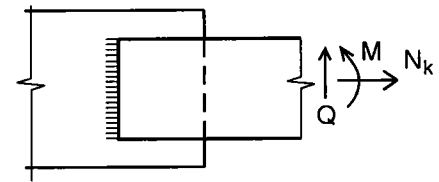
$$\sigma_N = \frac{N}{F_h}$$

▪ **Chỉ dùng đường hàn mép :**

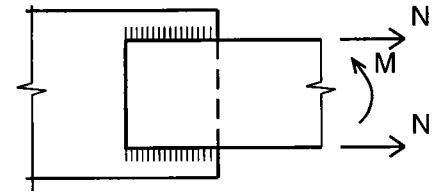
Phân M thành ngẫu lực

$$N = \frac{M}{b}$$

$$\sigma_h = \frac{N}{0,7h_h \cdot l_h} \leq R_g^h$$



Hình 2.13 Chỉ dùng đường hàn đầu



Hình 2.14 Chỉ dùng đường hàn mép

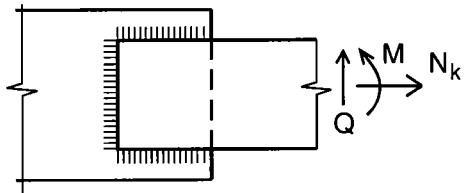
▪ **Dùng cả đường hàn đầu và mép :**

$$\sigma_h = \sqrt{\sigma_M^2 + \tau_Q^2} = \sqrt{\left(\frac{M}{W_h}\right)^2 + \left(\frac{Q}{F_h}\right)^2} \leq R_g^h$$

$$(P = Q; M = P \cdot e)$$

Nguyên tắc tính :

- + Tính khả năng chịu lực ĐH đầu
- + Mômen do ĐH mép chịu :  $M_2 = M - M_1$
- + Tính từng thành phần ứng suất do từng nội lực gây ra rồi cộng vectơ lại.

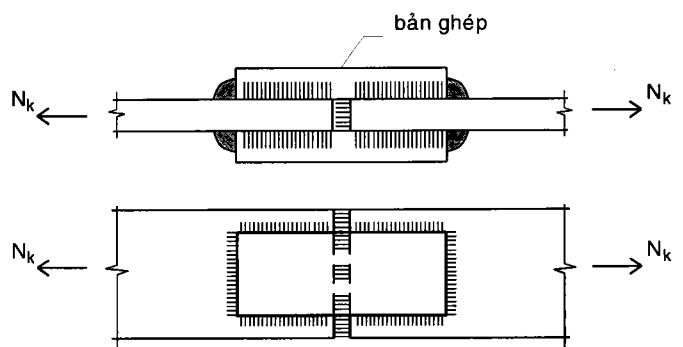


Hình 2.13 Dùng cả đường hàn mép và đầu

c. Liên kết hỗn hợp :

- Là liên kết đối đầu có bản ghép
- Bản ghép dùng tăng cường cho đường hàn đối đầu khi nó không đủ chịu lực
- Có ứng suất tập trung lớn , tổn công bào nhẵn mặt đường hàn nên ít dùng
- Nguyên tắc tính :

- + Tính khả năng chịu lực của đường hàn đối đầu, thừa bao nhiêu nội lực ta cho bản ghép chịu.



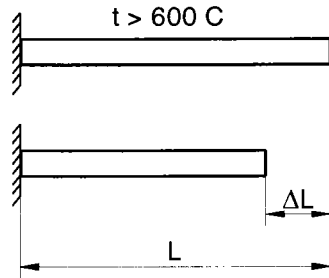
Hình 2.16 liên kết hỗn hợp

d. Ứng suất hàn và biến hình hàn

d.1. Hiện tượng – nguyên nhân

- Thí nghiệm :

- + Đem thanh thép ngâm 2 đầu , nung nóng  $> 600^{\circ}\text{C}$  → Các tinh thể sắp xếp trở lại → chảy dẻo
- + Để nguội , nếu không bị ngâm giữ lại → co lại  $\Delta l$
- + Có ngâm → không co được → gây ứng suất kéo trong thanh thép gọi là ứng suất do nhiệt

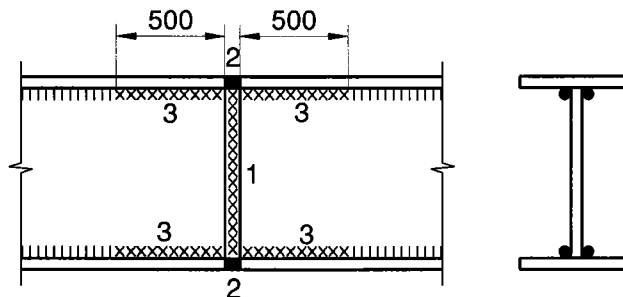


Hình 2.17 Ứng suất hàn - biến hình hàn

- Nguyên nhân :
  - + Ngâm không đều nhau → làm bản bị vênh
  - + Vùng bị hồ quang nung nóng, khi nguội co lại → sinh ứng suất do co gọi là ứng suất hàn ( vì do hàn gây ra )
  - + Hàn không đúng trình tự cũng gây biến hình hàn

#### d.2. Biện pháp để phòng biến hình hàn

- Khi thiết kế chỉ nên thiết kế vừa đủ đường hàn , dư vừa phải , không dư quá ( vì BBH tỉ lệ thuận với khối lượng thép nóng chảy)
- Không nên thiết kế các đường hàn giao nhau hoặc song song quá gần nhau , làm cản trở biến dạng tự do của vật liệu khi hàn (vì co ngót theo 2 phương khác nhau)
- Thi công : tuyệt đối tuân theo trình tự hàn → nếu không, kết cấu không phẳng , bị vênh , biến dạng , mất ổn định
- Tạo biến dạng ngược trước khi hàn ( ví dụ : đặt 2 tấm thép nghiêng để khi hàn xong do co ngót ngang gây biến hình thành ra thẳng )
- Dùng khuôn cố định không cho kết cấu biến dạng khi hàn



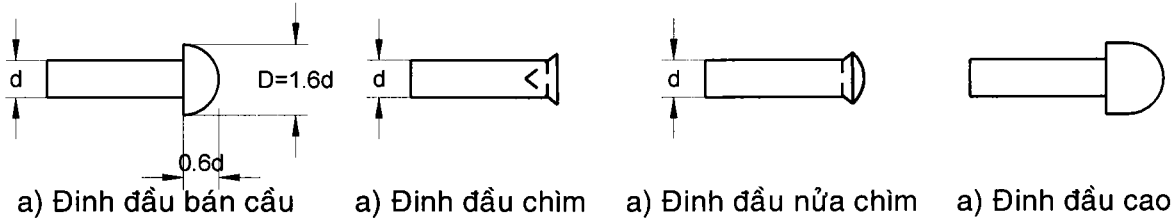
Hình 2.18. Để phòng biến hình hàn

## 2.3. LIÊN KẾT ĐINH TÁN

### 2.3.1. HIỂU BIẾT CHUNG VỀ LIÊN KẾT ĐINH TÁN

- Là liên kết lâu đời nhất trong KCT
- Là cơ sở cho việc tính toán liên kết bulong
- Ít được sử dụng ( khi liên kết hàn ra đời )
- Sử dụng ở những công trình chịu tải trọng nặng , chấn động lớn

#### a. Các loại đinh tán và cấu tạo



Hình 2.19 Các loại đinh tán

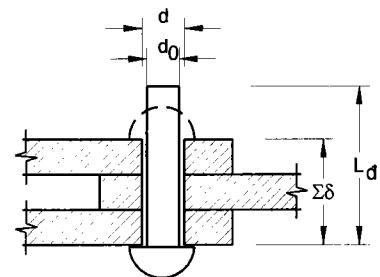
- Đinh đầu bán cầu : Phổ biến nhất
- Đinh đầu chìm, đầu nửa chìm: Dùng khi không gian chỗ liên kết chật hẹp vì không cho phép đầu đinh nhô lên. Mũ đinh nằm chìm cả hoặc chỉ chìm một phần (có lỗ hình nón cụt)
- Đinh đầu cao : Dùng khi tổng chiều dày các bản thép :  $\sum \delta \geq 5d$

#### b. Các phương pháp khoét lỗ

- Tạo lỗ giống như đối với lỗ bulong, có ảnh hưởng rất lớn đến khả năng chịu lực của liên kết, có 3 phương pháp khoét lỗ
  - **Đốt** : nhanh nhưng khi đốt , mép lỗ bị hiện tượng cứng nguội làm thép giòn. Khả năng đốt chỉ có hạn , không đốt được thép quá dày, thường dùng khi thép có chiều dày  $\delta \leq 25\text{mm}$ , đường kính đinh  $d \leq 26,5\text{ mm}$ .
  - **Khoan lỗ** : chất lượng tốt vì không gây cứng nguội ở mép lỗ nhưng chậm hơn đốt
  - **Đốt rồi khoan** : đốt cỡ đường kính  $d < d$  thiết kế ( =  $d - 3\text{ mm}$  ) rồi khoan tiếp đến đường kính thiết kế theo khuôn mẫu. Được dùng nhiều nhất vì khắc phục nhược điểm 2 phương pháp trên
- Dựa vào phương pháp khoét lỗ, người ta chia đinh tán thành 2 nhóm sau:
  - **Đinh tán nhóm C** : đinh có lỗ được tạo bằng phương pháp đốt hoặc khoan
  - **Đinh tán nhóm B** : đinh có lỗ được tạo bằng phương pháp đốt rồi khoan

#### c. Cấu tạo đinh tán

- Là 1 đoạn thép tròn, 1 đầu được tạo mũ sẵn, đầu kia được tán thành mũ khi đã lắp đinh vào liên kết
- Vật liệu làm đinh : CT<sub>2</sub> , CT<sub>3</sub> ( là thép dẻo nên dễ tán → không làm hỏng thép cơ bản ) hoặc thép hợp kim thấp ( khi thép cơ bản là thép hợp kim thấp )
- Đường kính đinh < đường kính lỗ (  $d - d_0 = 1 - 1,5\text{mm}$  ), dễ dàng đút vào lỗ khi tán
  - +  $d_{\text{tính toán}} = d_{\text{lỗ đinh}}$
  - + Thường dùng :  $d = 17, 19, 21, 23, 25, 28, 5\text{mm}$
  - + Chiều dài thân đinh : yêu cầu đủ để tán đầu đinh



Hình 2.20 Cấu tạo đinh tán

thứ hai

$$l_d = 1,12 \sum \delta + 1,4d$$

Nếu  $l_d$  dài quá : không tốt vì mũ đinh thừa

**d. Các phương pháp tán đinh**

**d.1. Phương pháp tán nóng :** được dùng rất phổ biến

- Nung đinh đến nhiệt độ 700-800°C ( sáng đỏ ) lắp vào vị trí , tì chặt đầu có mũ sẵn , còn đầu kia dùng búa tán thành mũ (búa chạy bằng khí nén hay hơi đốt)
- **Đặc điểm :**
  - + Khi tán, thân đinh phình ra lấp kín lỗ. Khi nguội, đinh co lại làm thành khe hở nhỏ khoảng 0,1mm → coi như lấp đầy. (Khi liên kết quá dày :  $\sum \delta > 5d$ , dùng đinh đầu cao để tán cả 2 phía, vì vật liệu được dồn từ 2 phía nên lỗ được lấp kín hơn )
  - + Khi nguội → co lại → gây ứng suất kéo trước trong đinh, có thể lên tới 1600 (kg/cm<sup>2</sup>) → gây ép chặt các tấm liên kết → làm tăng lực ma sát giữa chúng, liên kết chặt hơn (khác với liên kết bulong, lực xiết tập bản thép do quá trình vận êcu tạo nên)
  - + Làm việc như làm việc nguyên khối → dùng cho kết cấu cầu, tháp.
  - + Đinh tán được nung nóng và nguội dần giống quá trình gia công nhiệt nên tính dẻo tăng, liên kết có độ dai lớn nên chịu đựng tốt tải trọng nặng , tải trọng động hoặc rung động.
  - + Nhiệt độ nung đinh có ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng liên kết: nhiệt độ nhỏ thì lực kéo trước trong thân đinh nhỏ, nhiệt độ lớn thì lực kéo trước lớn, có thể gây phá hoại cắt đứt thân đinh.

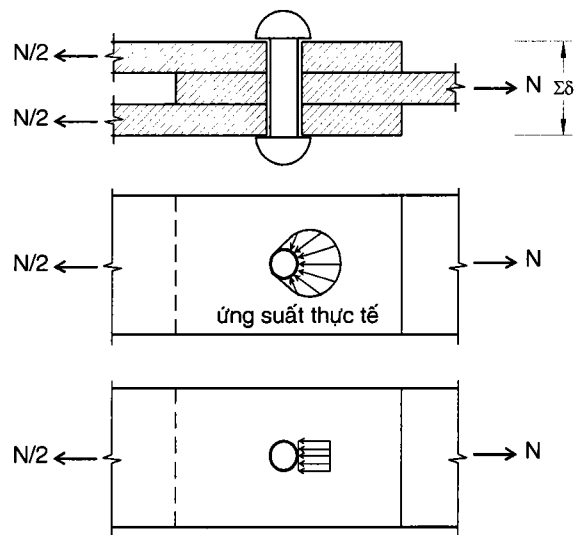
**d.2. Phương pháp tán nguội :**

- Không nung nóng đinh
- Dùng với đinh có d nhỏ
- Dùng máy búa để tán
- $d_{\text{đinh}} = d_{\text{lỗ đinh}}$
- Đinh tán lắp kín lỗ (do không bị co lại) nhưng lực xiết ban đầu nhỏ ( ứng suất : 200 – 600 kg/cm<sup>2</sup> → ma sát nhỏ → Sự làm việc không tốt bằng khi tán nóng.

**2.3.2. SỰ LÀM VIỆC CỦA LIÊN KẾT ĐINH TÁN**

**a. Sự làm việc chịu ép mặt**

- Sau khi tán xong, lực kéo trước trong thân đinh gây ép chặt các tấm thép cơ bản. Khi nguội lực N chưa đủ thắng lực ma sát giữa các bản thép thì liên kết làm việc như một khối thống nhất. Khi N đủ thắng lực ma sát thì giữa các bản thép sẽ có sự trượt tương đối giữa chúng.
- Thân đinh tì sát vào thành lỗ, bản thép có thể bị trượt (ép mặt)→ ép mặt xảy ra tại chỗ tiếp xúc giữa thân đinh và thành lỗ, Thép cơ bản có thể bị xé rách. Coi mặt ép mặt qua đường kính thân đinh.



Hình 2.21 Sự làm việc chịu ép mặt

- Ứng suất ép mặt thực tế có dạng hình quạt. Để đơn giản trong tính toán, ta xem ứng suất cắt phân bố đều trên diện tích ép mặt.
- Khả năng chịu ép mặt của 1 đinh tán :

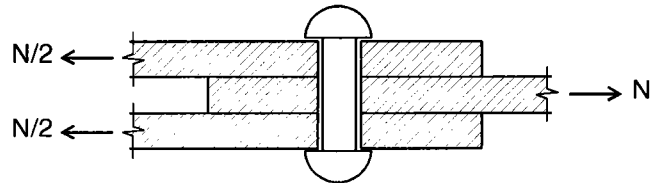
$$[N]_{em}^d = d \cdot \sum \delta \cdot R_{em}^d$$

Trong đó :

- +  $d$  : đường kính lỗ đinh (= chiều dày mặt ép mặt)
- +  $\sum \delta$  : tổng chiều dày nhỏ nhất của 1 bên liên kết
- +  $R_{em}^d$  : cường độ ép mặt (tra bảng)
- +  $d \cdot \sum \delta$  : diện tích ép mặt quy ước của thân bulông lên thành lỗ

### b. Sự làm việc chịu cắt

- Đinh bị thép cơ bản đứt, xem rằng ứng suất cắt phân bố đều trên tất cả các mặt cắt, cũng như trên từng mặt cắt thân đinh.



Hình 2.22 Sự làm việc chịu cắt

- Khả năng chịu cắt của 1 đinh :

$$[N]_c^d = n \times \frac{\pi d^2}{4} \times R_c^d$$

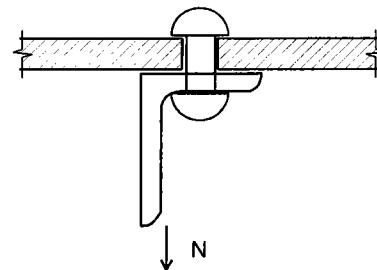
Trong đó :

- +  $n$  : số mặt cắt của đinh ( số khe trượt )
- +  $\frac{\pi d^2}{4}$  : tiết diện thân đinh
- +  $R_c^d$  : cường độ chịu cắt (tra bảng)

Lực tác dụng vuông góc trục của đinh → kiểm tra 2 điều kiện ép mặt và cắt

### c. Sự làm việc chịu kéo

- Khi P : tác dụng dọc thân đinh → Kiểm tra đinh theo điều kiện chịu kéo.
- Đinh bị phá hoại khi ứng suất trong thân đinh bằng cường độ tính toán chịu kéo của vật liệu làm đinh (hiện tượng giứt đứt đầu đinh)



Hình 2.23 Sự làm việc chịu kéo

- Khả năng chịu kéo của 1 đinh tán :

$$[N]_k^d = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot R_k^d$$

Trong đó :

- +  $R_k^d$  : cường độ chịu kéo của vật liệu đinh

Không bao giờ đinh chịu đồng thời 3 trường hợp : kéo , ép mặt , cắt

### Bảng cường độ tính toán của đinh tán :

Phụ thuộc tính năng cơ học của thép cơ bản , thép làm đinh và phương pháp khoét lỗ đinh  
bảng cường độ đinh tán khi thép cơ bản là  $ct_3$  ,  $ct_4$  , đinh  $ct_3^d$  ,  $ct_2^d$

Trạng thái ứng suất	Kí hiệu	Cường độ ( kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Cắt B</b>	$R_c^d$	1800
<b>Cắt C</b>	$R_c^d$	1600
<b>Ep mặt B</b>	$R_{em}^d$	4200
<b>Ep mặt C</b>	$R_{em}^d$	3800
<b>Kéo dọc thân đinh</b>	$R_k^d$	1200

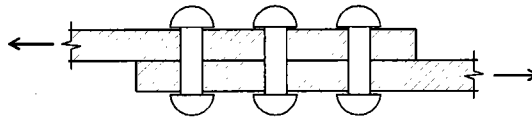
### 2.3.3. CẤU TẠO LIÊN KẾT ĐINH TÁN ( và bulông )

#### a. Các hình thức cấu tạo

##### a.1. Đối với thép tấm

###### ▪ Liên kết chống , không có bản ghép

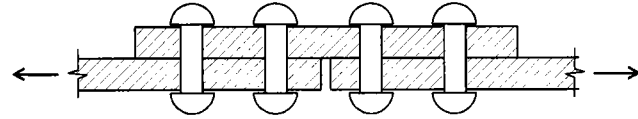
**bản ghép** : Có độ lệch tâm nên chịu momen uốn phụ. Vì vậy, số đinh tán cần tăng 10% so với tính toán .



Hình 2.24a Liên kết chống không có bản ốp

###### ▪ Liên kết chỉ có 1 bản ghép :

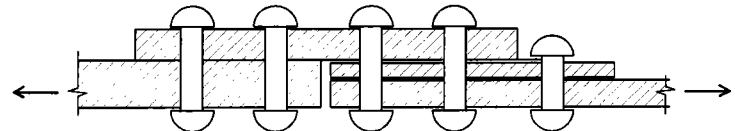
ít dùng. Có độ lệch tâm nên chịu momen uốn phụ → Số đinh tán cần tăng 10% so với tính toán



Hình 2.24b Liên kết chống có một bản ốp

###### ▪ Liên kết có bản đệm :

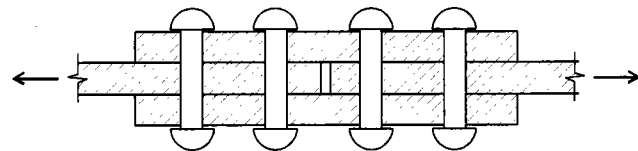
- + Dùng khi nối đối đầu 2 bản thép có chiều dày khác nhau
- + Phải có tốt thiểu 1 hàng đinh để nối bản đệm vào thép cơ bản
- + Số đinh phía có bản đệm cần tăng 10% so với tính toán



Hình 2.24c Liên kết chống có bản đệm

###### ▪ Liên kết đối đầu có bản ốp 2 bên :

- + Phổ biến nhất
- + Có 2 bản ghép đối xứng nên truyền lực tốt
- + Chiều rộng nên bố trí bằng nhau



Hình 2.24d Liên kết chống có bản ốp hai bên

##### a.2. Đối với thép hình

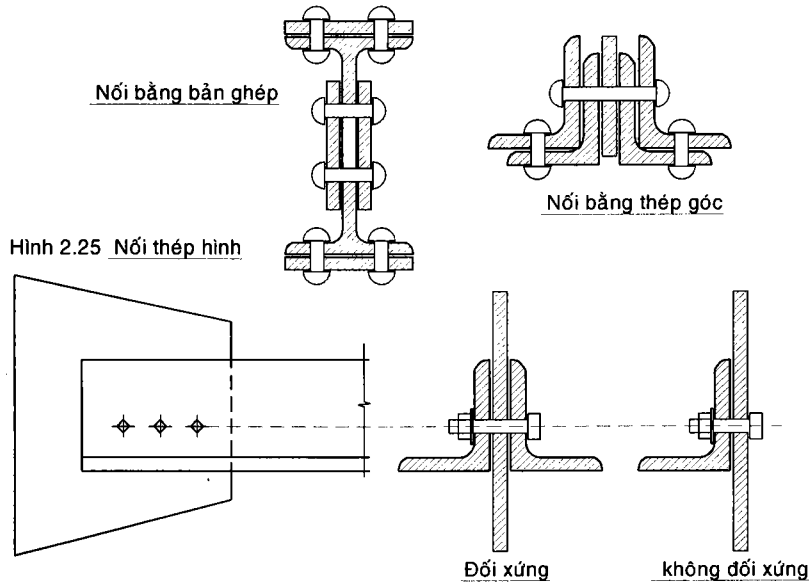
###### ▪ Nối bằng bản ghép :

###### ▪ Nối bằng thép góc :

- + Vì thép hình cứng nên khi dùng 1 bản ghép không cần tăng số bulông do độ lệch tâm ảnh hưởng ít đến sự làm việc của liên kết
- + Liên kết chống có cấu tạo đối xứng làm việc tốt
- + Khi thép hình liên kết không đối xứng cần tăng số đinh lên 10% so với tính toán để kể đến sự lệch tâm
- + Đối với liên kết bulông cường độ cao chịu tải trọng động hoặc rung động, để tránh hiện tượng lỏng dần êcu phải dùng êcu phụ để hãm hoặc hàn chấm hay làm bẹt một số ren.
- + Thường :  $d_{đinh} = 16, 18, 20, 22, 25, 28$

$$d_{tính toán} = d_{lỗ} = 17, 19, 21, 21.5, 23.5, 26.5, 29.5$$





b. Cách bố trí

- **Yêu cầu :**

- + Đảm bảo truyền lực tốt
- + Cấu tạo đơn giản
- + Dễ chế tạo

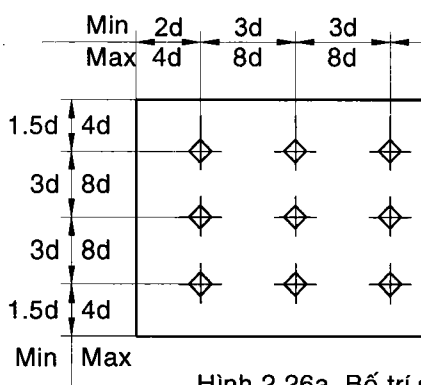
- **Qui ước :**

- + Các đinh nằm trên cùng 1 đường thẳng : **đường đinh**
- + Các đường đinh song song phương của lực tác dụng : **dãy đinh**
- + Các đường đinh vuông góc phương của lực tác dụng : **hàng đinh**
- + Khoảng cách 2 đinh cạnh nhau trên đường đinh : **bước đinh**

- **Qui định về khoảng cách :**

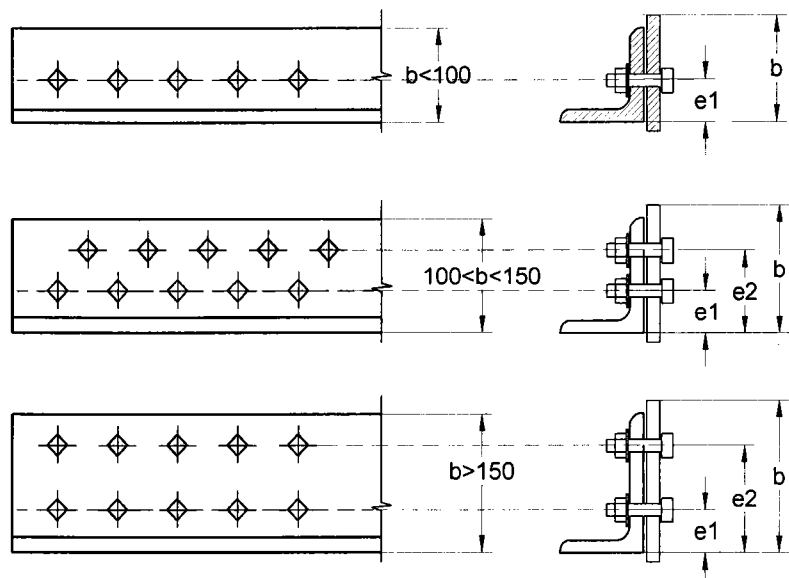
- + **Khoảng cách min :** đảm bảo độ bền của bản thép không bị khoét lỗ quá nhiều và không gian tối thiểu để vận êcu ( hoặc để tán đinh )
- + **Khoảng cách max :**
  - o Đảm bảo ổn định của phần bản thép giữa 2 bulông ( với cấu kiện chịu nén )
  - o Độ chặt của liên kết
  - o Tránh không cho bụi , hơi , nước lọt vào trong gây ăn mòn thép.

Với liên kết chịu lực : nên bố trí theo khoảng cách min để liên kết gọn và đỡ tốn thép



Hình 2.26a Bố trí :

**b.1. Bố trí song song**



Hình 2.27 Liên kết thép góc

- + Bố trí các đỉnh ở giao điểm của hàng và cột

**b.2. Bố trí so le**

- + Các đỉnh : hàng thẳng
- + Các cột : lệch nửa bước đỉnh

**b.3 Thép góc :**

- Vị trí các dẫy được qui định sẵn theo kích thước tương ứng của từng loại thép hình
- +  $b \leq 100\text{mm}$  → bố trí 1 hàng
  - +  $100 < b \leq 150\text{ mm}$  → 2 hàng so le
  - +  $b > 150\text{ mm}$  → 2 hàng song song

**2.3.4. TÍNH TOÁN LIÊN KẾT ĐINH TÁN**

Các bước :

- Xác định lực tác dụng lên liên kết và dự kiến cấu tạo liên kết
- Xác định khả năng chịu lực của 1 đinh và tính số đinh
- Bố trí và kiểm tra liên kết

**a. Tính toán liên kết đinh tán chịu lực trục**

- Chọn đường kính đinh tán :

- + Trong 1 cấu kiện nên dùng 1 loại đường kính
- + Trong 1 công trình nên hạn chế số đinh tán có đường kính khác nhau
- + Thường :  $d = 20 - 24\text{ mm}$  ( công trình thường )  
 $d = 24 - 30\text{ mm}$  ( công trình nặng )

- Tính toán số đinh tán :

$$n_d \geq \frac{N}{[N]_{\min}}$$

Trong đó :  $[N]_{\min} = \min\{[N]_{\text{em}}^d, [N]_{\text{c}}^d\}$

- Chọn bản ghép :  $\sum F_{bg} \geq F$

Trong đó :

- +  $\sum F_{bg}$  : tổng diện tích tiết diện ngang của các bản ghép
- +  $F$  : diện tích tiết diện cấu kiện liên kết

- **Chiều rộng và dài của bản ghép lấy theo điều kiện đủ bố trí số đinh tán**
- **Bố trí đinh tán theo hàng tối đa để truyền lực đều theo chiều ngang cấu kiện**

- Kiểm tra liên kết :

$$\sigma = \frac{N}{F_{\text{th}}} \leq R$$

Trong đó :

- +  $F_{\text{th}} = F_{\text{ng}} - F_{\text{gy}}$  : diện tích tiết diện thực
- +  $F_{\text{gy}} = m \cdot \delta \cdot d$  : diện tích giảm yếu do các lỗ
- +  $m$  : số bulông trên 1 hàng
- +  $\delta$  : chiều dày cấu kiện
- +  $d$  : đường kính lỗ

**b. Tính toán liên kết đỉnh tán chịu kéo và chịu đồng thời momen, lực cắt (Xem sách trang 64, 65)**

- Đỉnh làm việc chịu kéo, khả năng chịu kéo của một đỉnh tính theo công thức sau:

$$[N]_k^{bl} = \frac{\pi d^2}{4} R_k^d$$

- Trường hợp liên kết chịu mômen và bu lông chịu kéo. Ta xem rằng toàn bộ liên kết quay quanh tâm O trùng với trục mép thép làm bung liên kết. Khi đó lực do mômen phân phối lên các bu lông tỉ lệ thuận với khoảng cách từ nó tới tâm quay, bu lông càng xa tâm quay chịu lực càng lớn. Như vậy lực kéo lớn nhất trong hàng bu lông xa nhất tính theo công thức:  $N_{\max} = \frac{M h_{\max}}{k \sum h_i^2}$ ; với  $h_i$  là khoảng cách từ tâm quay O đến hàng bu

lông thứ  $i$ ;  $k$  là số hàng bu lông liên kết.

- Khi bài toán yêu cầu đi xác định đường kính bu lông theo điều kiện chịu kéo, ta chọn đường kính bu lông theo công thức sau:  $F_{th} = \frac{N_{\max}}{R_k^{bl}}$ ; sau đó tra bảng chọn đường kính bu lông có diện tích thu hẹp lớn hơn diện tích thu hẹp tính toán  $F_{th}$ .

**c. Tính liên kết đỉnh tán theo diện tích**

- Trong các KC nặng, người ta căn cứ vào KNCL lớn nhất của TCB để tính liên kết. Tính như vậy thì KNCL của liên kết bằng KNCL của TCB. Điều này có lợi trong trường hợp TCB phải chịu hết KNCL của mình (không bị phá hoại)
- Phương pháp này giống phương pháp trên (nội lực) nhưng khác: dùng  $F_{th}$  (không dùng  $F_{ng}$ )
- Xác định lực phải tính:

$$N = F_{th} \cdot R = 0,85 \cdot F_{ng} \cdot R \quad (0,85 : \text{là số giả định})$$

Trong đó:

- +  $0,85 F_{ng}$ : diện tích  $F_{th}$  giả thiết ban đầu
- +  $R$ : cường độ TCB

- Từ đó, tính được  $n_d \rightarrow$  Bố trí đỉnh  $\rightarrow$  Xác định  $F_{th}$  thực tế:  $F_{th}^{tt}$
- Kiểm tra KNCL thực tế:

$$N^{tt} = F_{th}^{tt} \cdot R \geq N$$

$N$ : lực đã dùng để tính liên kết theo diện tích

$$F_{th}^{tt} < 0,7 F_{ng}$$

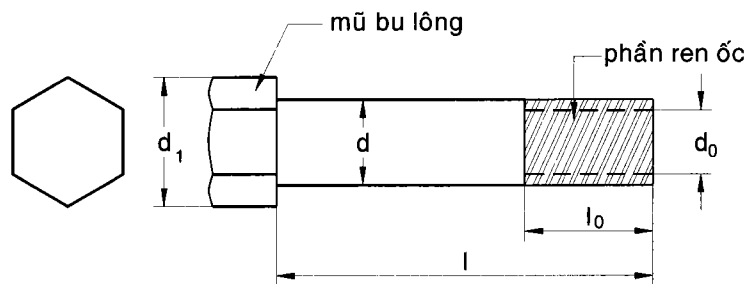
## 2.4. LIÊN KẾT BULÔNG

### 2.4.1. ĐẶC ĐIỂM

- Không chặt bằng liên kết đinh tán
- Lực căng ban đầu bé
- Biến dạng trượt lớn ( vì giữa thân và lỗ có khe hở )
- Quá trình liên kết đơn giản
- Là liên kết duy nhất có thể tháo ráp được → để liên kết các kết cấu tạm , kết cấu di dời , lắp ráp .

### 2.4.2. CẤU TẠO CHUNG CỦA BULÔNG

- Thân : đoạn thép tròn ; có đường kính  $d = 12-48$  mm ; bu lông neo có thể có  $d$  tới 80-100mm
- Đường kính trong của phần bị ren :  $d_0$
- Chiều dài phần thân không ren  $< \sum \delta$  ( tập bản thép liên kết ) 2 – 3mm
- Chiều dài phần ren :  $l_0 \approx 2,5d$
- Chiều dài thân đinh :  $l = 35 - 300$  mm ( tùy yêu cầu sử dụng )
- Mũ và êcu ( đai ốc ) thường có hình lục giác
- Có qui định về kích thước giữa  $d$  và  $d_1$  , nếu  $d_1$  lớn hơn cũng có thể cho phép ( để dễ vận )
- Long đen ( đệm ) : hình tròn → phân phối áp lực của êcu lên mặt thép cơ bản



Hình 2.28 Cấu tạo chung của bu lông

### 2.4.3. CÁC LOẠI BULÔNG

#### a. Bulông thô :

- Được gia công sà từ thép tròn, chủ yếu là thép than thấp ( CT<sub>3</sub> → CT<sub>5</sub> ) , bằng cách rèn, dập.
- Thường gia công mũ đinh và răng ốc, còn thân đinh để nguyên
- Vì gia công thô nên độ chính xác thấp , đường kính có sai số : 0,75 – 1mm
- Khe hở với lỗ đinh phải khá lớn mới lắp được : 2-3mm
- Sản xuất nhanh , dễ đặt vào lỗ nhưng chất lượng không cao
- Chịu ép mặt và cắt không tốt , bị biến dạng nhiều khi làm việc chịu trượt → Không dùng cho công trình quan trọng
- Ứng dụng :
  - + Cố định tạm thời , định vị cấu kiện khi lắp ghép
  - + Dùng cho cấu kiện chịu kéo
  - + Không dùng cho kết cấu chịu lực chính

#### b. Bulông tinh ( tinh chế )

- Làm từ thép than thấp , hợp kim thấp bằng cách tiện , độ chính xác cao
- Khi gia công , yêu cầu kích thước chuẩn xác về đường kính , răng ốc , lỗ đinh
- Yêu cầu :
  - + Không có sai số về đường kính

- + Khe hở : 0,3 – 0,5mm ( để liên kết chặt )
- + Lỗ bulông nhẵn , chất lượng cao ( lỗ loại B )
- + Dùng làm kết cấu chịu lực chính nhưng ít dùng vì :
- + Chế tạo phức tạp
- + Lắp đặt vào lỗ khó ( dùng búa gỗ nhẹ )
- + Lực căng ban đầu bé

c. Bulông phổ thông ( Bulông thường , bulông nửa tinh )

- Mức độ chính xác là trung gian giữa 2 loại trên → Dùng nhiều nhất
- Đường kính sai số ít ,  $d = d_{\text{thép tròn}}$
- Khe hở : 1-2mm
- Bulông thô và bulông phổ thông :  $d = 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24(\text{ít}), 25, 28, 30$
- Trong cơ khí , không dùng bulông phổ thông , phải dùng bulông tinh

**2.4.4. ĐẶC ĐIỂM LÀM VIỆC CỦA LIÊN KẾT BULÔNG**

- Có thể chịu ép mặt và chịu kéo nhưng vì có biến dạng trượt lớn nên ít dùng ( chỉ dùng khi tải trọng nhẹ )
- Thường dùng cho CK chịu kéo ( lực tác dụng song song thân đinh )
- Dễ bị tuột ốc khi chịu tải trọng động
- Thường dùng :
  - + Bulông thô : lắp ráp
  - + Bulông phổ thông : tải trọng nhẹ
  - + Bulông tinh : CK chịu lực chính
- Tính toán giống qui trình tính toán liên kết đinh tán nhưng khác :
  - + Cường độ tính toán của bulông nhỏ hơn ( có bảng tra riêng )
  - + Khi tính khả năng chịu cắt và ép mặt của bulông thì dùng đường kính tính toán là đường kính của thân, không phải của lỗ
  - + Khi tính khả năng chịu kéo, dùng tiết diện tính toán là tiết diện có răng ốc
  - + Khi kiểm tra tiết diện thu hẹp của TCB phải nhớ trừ đi chiều rộng giảm yếu là đường kính lỗ bulông.

**2.4.5. LIÊN KẾT BULÔNG CƯỜNG ĐỘ CAO**

- Làm bằng thép hợp kim hoặc thép cường độ cao , có :  $\sigma_b = 10000 - 15000 \text{ kg/cm}^2$  , sau đó cho gia công nhiệt
- Cách sản xuất giống bulông thường
- Nguyên tắc làm việc :
  - + Vặn chặt êcu ( écrou ) để tạo 1 lực căng ban đầu trong thân đinh theo yêu cầu tính toán → Bulông chịu kéo và ép các tấm liên kết chặt vào nhau gây lực ma sát lớn ( Lực truyền từ CK này sang CK khác chủ yếu do lực ma sát)
  - + Nếu lực tác dụng < lực ma sát thì liên kết sẽ làm việc như 1 khối thống nhất đàn hồi và không có hiện tượng ép mặt hay cắt thân đinh
  - + Do vặn chặt → Bulông cường độ cao không bị tuột → Chịu  $P_{\text{động}}$  ,  $P_{\text{lớn}}$  ( dầm cầu , ... ) thay liên kết đinh tán
- Để đảm bảo KNCL của liên kết bulông cường độ cao cần gia công mặt các CK liên kết để tăng tính ma sát
- Dùng rộng rãi vì dễ chế tạo , KNCL lớn , liên kết ít biến dạng
- Cách tính toán

- **Xác định lực căng ban đầu :**  $P_b = 0,65$  Lực kéo đứt bulông =  $0,65 \cdot F_{th} \cdot \sigma_b$   
 Trong đó :
  - +  $F_{th}$  : diện tích thu hẹp của thân bulông ở tiết diện có răng ốc
  - +  $\sigma_b$  : giới hạn bền của thép làm bulông
- **Khả năng chịu lực của 1 bulông :**  $[N]_{bl} = P_b \cdot f \cdot m \cdot n_c$   
 Trong đó :
  - +  $n_c$  : số mặt cắt của 1 bulông = số mặt trượt = số mặt ma sát
  - +  $P_b$  : lực căng ban đầu
  - +  $m$ : hệ số điều kiện làm việc của liên kết (  $m = 0,9$  )
  - +  $f$  : hệ số ma sát
    - $f = 0,45$  : mặt TCB được làm sạch bằng cách phun cát hoặc bột kim loại
    - $f = 0,35$  : khi mặt TCB được làm sạch bằng chổi thép ( cạo ) → thủ công
    - $f = 0,25$  : mặt TCB không được làm sạch
- **Số lượng bulông chịu N :**  $n_{bl} = \frac{N}{[N]_{bl}}$
- **Bố trí :** như liên kết đinh tán, ở những chỗ có khoảng cách min =  $3d$  → thay min= $3,5d$
- **Kí hiệu :**
  - + **Bulông lắp ráp**
  - + **Bulông thường xuyên**

**Bảng cường độ tính toán của bulông làm bằng thép CT3 ,  
thép cơ bản là CT3 , CT4**

Dạng liên kết bulông	Trạng thái ứng suất	Kí hiệu	Cường độ ( kg/cm <sup>2</sup> )	
<b>Bulông tinh</b>	<b>Kéo</b>	$R_k^{bl}$	<b>1700</b>	
	<b>Cắt</b>	$R_c^{bl}$	<b>1700</b>	
	<b>Ép mặt</b>	$R_{em}^{bl}$	<b>3800</b>	
<b>Bulông thô và phổ thông</b>	<b>a) Trong liên kết có 1 bulông</b>	<b>Kéo</b>	$R_k^{bl}$	<b>1700</b>
		<b>Cắt</b>	$R_c^{bl}$	<b>1500</b>
		<b>Ép mặt</b>	$R_{em}^{bl}$	<b>3800</b>
	<b>b) Trong liên kết nhiều bulông</b>	<b>Kéo</b>	$R_k^{bl}$	<b>1700</b>
		<b>Cắt</b>	$R_c^{bl}$	<b>1300</b>
		<b>Ép mặt</b>	$R_{em}^{bl}$	<b>3400</b>
<b>Bulông neo</b>	<b>Kéo</b>	$R_k$	<b>1400</b>	

## CHƯƠNG 3 : DẦM THÉP

### 3.1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ DẦM VÀ HỆ DẦM THÉP

#### 3.1.1. ĐẶC ĐIỂM VÀ PHẠM VI SỬ DỤNG CỦA DẦM

- Trong chương 1 chúng ta biết rõ cách làm việc của một cấu kiện chịu uốn khi có tải trọng. Như vậy trong thực tế cấu kiện nào chịu uốn mà chúng ta thường gặp (?). Đó là các loại cấu kiện như : dầm sàn, dầm mái, dầm cầu chạy. . . .  
Như vậy **dầm là một kết cấu chịu uốn, được dùng rất phổ biến trong Kết Cấu Thép.**

- Phạm vi sử dụng của dầm :

- Dùng làm dầm đỡ sàn nhà dân dụng (tải trọng nhỏ 200-300 kg/m<sup>2</sup>);  **đỡ sàn công tác nhà công nghiệp** (tải trọng lớn 500kg - 4 tấn/m<sup>2</sup>).
- Dùng làm dầm mái (**kết cấu mái dùng vật liệu lợp nhẹ**). Hiện nay công ty thép của Á-rập Zamil-Steel là một trong những công ty đã thi công nhiều loại dầm cho các kết cấu thép trong các nhà công nghiệp nhẹ ở nước ta, đặc biệt là khu chế xuất Tân Thuận. . .
- Dùng làm **kết cấu dầm cầu chạy trong nhà công nghiệp**. Đây là loại kết cấu đặc biệt chịu tải trọng di động mà các anh chị gặp trong ngành xây dựng.

Như vậy tải trọng di động là gì (?). Đã học trong Cơ kết Cấu, ở đây nhắc lại :

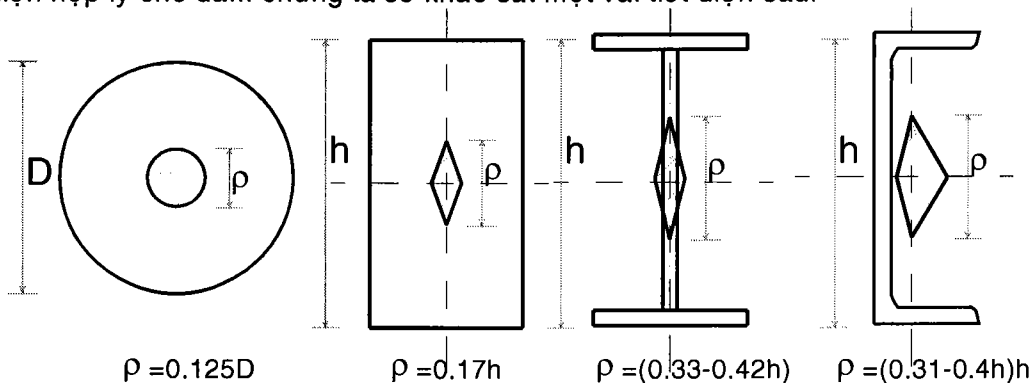
Tải trọng cố định : là tải trọng có giá trị không thay đổi và vị trí tác dụng không đổi.

Tải trọng di động : là tải trọng có giá trị không thay đổi nhưng vị trí tác dụng thay đổi. → Để giải loại cấu kiện này người ta đã xây dựng lý thuyết đường ảnh hưởng mà các anh chị đã học trong Cơ Kết Cấu (hệ tĩnh định chịu tải trọng di động).

- **Nhip dầm** : từ 6 - 36 m. Dầm cầu ô tô vượt nhip đến 200 m.

#### 3.1.2. CÁC LOẠI TIẾT DIỆN DẦM :

- Việc quyết định hình dáng và kích thước dầm là một khâu quan trọng cho người thiết kế vì nó phải đảm bảo tính bền, ổn định và kinh tế cho công trình. Để lựa chọn tiết diện hợp lý cho dầm chúng ta sẽ khảo sát một vài tiết diện sau:



Hình 3.1. Bán kính lõi tiết diện

Trong đó :  $\rho$  là bán kính lờ của tiết diện

$$\rho = \frac{W}{F}$$

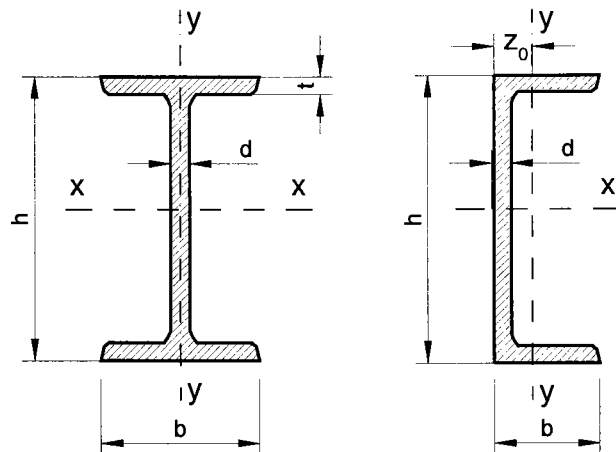
$W$  - mômen chống uốn của tiết diện

$F$  - diện tích tiết diện.

Lựa tiết diện có  $W$  lớn  $\rightarrow$   $\rho$  càng lớn. Như vậy trong các tiết diện trên, tiết diện chữ I là loại tiết diện có  $\rho$  lớn nhất. **Nên tiết diện dầm thường lấy theo tiết diện chữ I.**

- Phân loại dầm : Có 2 loại : + Dầm định hình  
+ Dầm tổ hợp.

a. **DẦM ĐỊNH HÌNH** : Được làm từ những thép định hình cán sẵn. Gồm 2 loại chủ yếu : I, L



Hình 3.2 :dầm thép hình

**Dầm I :**

- Hai trục đối xứng, mặt phẳng tải trọng trùng với trục chính của tiết diện, Mômen chống uốn đối với trục x-x khá lớn nên rất có lợi cho kết cấu uốn phẳng như dầm sàn nhà, dầm cầu..
- Độ cứng theo phương x thường cứng nhiều so với phương y  $\rightarrow$  sự ổn định theo phương y thường rất yếu cần phải tăng cường ổn định. Tuy nhiên đối với sàn nhà thì thi bản sàn trên mặt dầm có khả năng tăng cường ổn định.

**Dầm L :**

- Tiết diện không đối xứng nên khi chịu uốn phẳng có thêm hiện tượng xoắn nên hợp lý khi kết cấu chịu uốn xiên như xà gỗ mái.
- Độ cứng, sự ổn định theo 2 phương không chênh lệch nhiều.
- Mặt ngoài phẳng dễ liên kết với các cấu kiện khác.

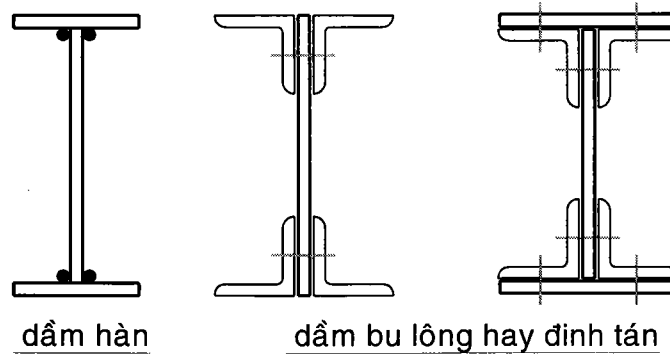
**Ưu nhược điểm của dầm thép hình :**

- Cấu tạo đơn giản, dễ tiêu chuẩn hóa  $\rightarrow$  chi phí chế tạo không cao  $\rightarrow$  giá thành thấp.
- Chiều dày bản bụng lớn  $\rightarrow$  đảm bảo điều kiện ổn định cục bộ.
- Tốn nhiều thép, khối lượng nặng hơn dầm tổ hợp

b. **DẦM TỔ HỢP** : tổ hợp từ các thép định hình hoặc thép bản.

- Dầm tổ hợp hàn : dùng liên kết hàn để liên kết các bộ phận dầm. Được dùng nhiều trong dầm tổ hợp
- Dầm tổ hợp đinh tán hoặc bu lông : dùng liên kết đinh tán hoặc bu lông để tổ hợp.
- Mặt ngoài phẳng dễ liên kết với các cấu kiện khác.





Hình 3.3 :dầm tổ hợp

**Ưu nhược điểm của dầm thép tổ hợp :**

- Tiết kiệm vật liệu
- Chịu tải trọng động tốt (dầm đinh tán) → ngày nay thay thế bằng dầm tổ hợp bu lông cường độ cao.
- Quá trình tính toán và sản xuất phức tạp → tốn kém

**Phạm vi ứng dụng của dầm tổ hợp :** Chỉ dùng dầm tổ hợp đối với kết cấu chịu tải trọng nặng, nhịp lớn hoặc chịu tải trọng động và bảng tra thép định hình không có.

**3.1.3. CÁC HÌNH THỨC DẦM :**

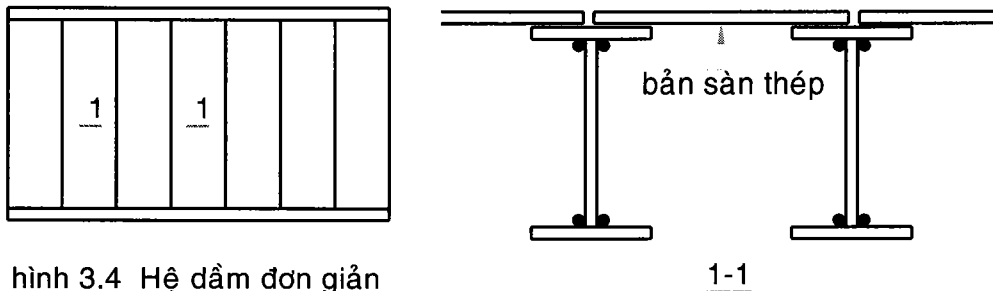
- Dầm tĩnh định đơn giản, Dầm có đầu thừa : Không bị ảnh hưởng lún gối tựa nên không gây ra ứng suất phụ
- Dầm nhiều nhịp (KC siêu tĩnh) thường được điều chỉnh sau cho M nhịp bằng gối → tiết kiệm vật liệu nhưng chịu ảnh hưởng lún gối tựa → sinh ra ứng suất phụ.

**3.1.4. CÁC LOẠI HỆ DẦM :**

Như vậy muốn một ô sàn lớn làm việc một cách bình thường thì ta cần một hệ kết cấu trung gian truyền tải từ sàn xuống các gối tựa bên dưới → **hệ kết cấu trung gian này được gọi là hệ dầm.** Vậy **hệ dầm là một kết cấu không gian bao gồm nhiều kết cấu dầm chịu lực bố trí vuông góc nhau.** Ta có các loại hệ dầm sau :

**a. Hệ dầm đơn giản :**

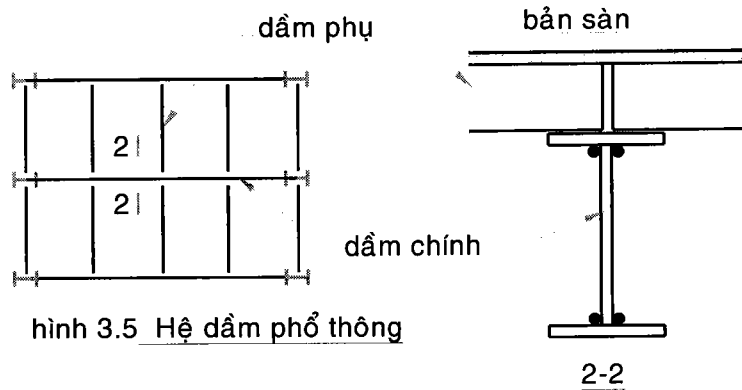
- Chỉ có dầm chính, bố trí song song cạnh ngắn của bản sàn. Dùng khi ô sàn có một cạnh tương đối dài, một cạnh tương đối ngắn. Khi đó bản sàn làm việc như bản kê 2 cạnh. Thích hợp với kết cấu chịu tải trọng bé hoặc nhịp ngắn (<10m).



**Khi đó tải trọng từ bản sàn → truyền trực tiếp qua dầm → gối tựa → móng.**

**b. Hệ dầm phổ thông :**

- Được dùng phổ biến nhất, bao gồm dầm chính và dầm phụ đặt vuông góc nhau và song song với các cạnh sàn.
- Dùng khi tải trọng và kích thước sàn không quá lớn ( $q < 3000 \text{kg/m}^2$ ;  $l_1 \times l_2 < 12 \times 36 \text{m}$ ) → có hiệu quả kinh tế cao (thép ít, cấu tạo kết cấu sàn đơn giản)
- Dầm chính là dầm tổ hợp, dầm phụ là dầm định hình

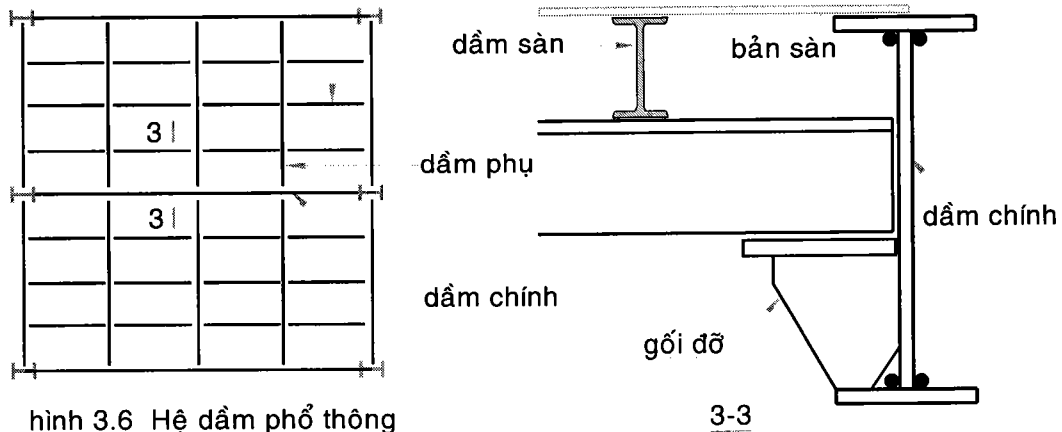


hình 3.5 Hệ dầm phổ thông

- **Tải trọng từ sàn → truyền qua dầm phụ → xuống dầm chính → xuống gối tựa → xuống móng.**

**c. Hệ dầm phức tạp :**

- Ít dùng do cấu tạo phức tạp, chỉ thích hợp khi tải trọng trên sàn khá lớn  $q > 3000 \text{kg/m}^2$ . Bao gồm dầm phụ dọc (dầm bản), dầm phụ ngang và dầm chính.



hình 3.6 Hệ dầm phổ thông

- **Tải trọng từ sàn → truyền qua dầm phụ dọc → xuống dầm phụ ngang → xuống dầm chính → xuống gối tựa → xuống móng**

**3.2. CẤU TẠO VÀ TÍNH TOÁN BẢN SÀN THÉP**

**3.2.1. Phân loại bản sàn :**

**a. Tấm sàn BTCT:**

- Tấm sàn bằng đơn BTCT đúc sẵn
- Dùng khi KC vượt nhịp không lớn.
- Sơ đồ tính như bản dầm đơn giản kê lên hai gối tựa. Tính toán và bố trí cốt thép giống KC BTCT. Bê tông dùng mác  $\geq 200\#$
- Chọn sơ bộ chiều dày đơn BTCT theo nhịp và tải trọng tiêu chuẩn tạm thời trên sàn:

Nhịp tính toán bản sàn (m)	Chiều dày đơn BTCT khi TTTC tạm thời (T/m <sup>2</sup> )			
	1.5 - 2.0	2.0 - 2.5	2.5 - 3.0	3.0 - 3.5
1.0 - 1.5	10	12	12	14
2.0 - 2.5	12	12	14	16
2.5 - 3.0	14	14	16	18

**b. Tấm sàn thép :**

- Dùng khi KC chịu tải trọng lớn, nhịp lớn.
- Sàn thép gồm các bản tựa lên một trong 3 loại hệ dầm trên
- Bản sàn được tính theo sàn chịu lực một phương dù tỉ lệ 2 cạnh ô bản nhỏ hơn 2.
- Nên chọn nhịp bản không lớn lắm để chiều dày sàn nhỏ, khi đó sẽ có lợi hơn.

**3.2.2. Tính bản sàn thép :**

- Chọn chiều dày sàn theo tải trọng tiêu chuẩn tác dụng lên sàn theo bảng sau:

Tải trọng tác dụng lên 1m <sup>2</sup> sàn (kg/m <sup>2</sup> )	Chiều dày sàn δ (cm)
q ≤ 1000	6-8
1000 < q ≤ 2000	8-10
2000 < q ≤ 3000	10-12
3000 < q	12-14

- Nhịp tính toán bản sàn xác định theo công thức thỏa mãn về độ cứng:

$$\frac{l}{\delta} = \frac{4n_0}{15} \left( 1 + \frac{72E_1}{n_0^4 q_{tc}} \right);$$

Có thể chọn trước l để tìm ra δ hoặc ngược lại.

Trong đó :

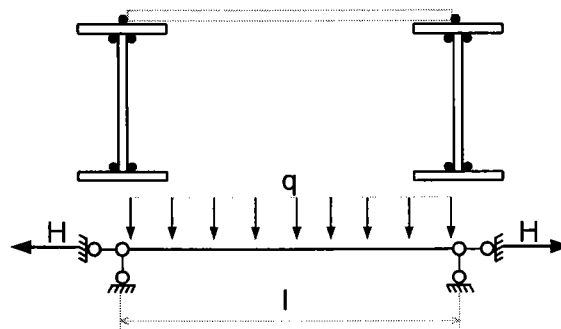
l : nhịp tính toán của bản ;

q<sub>tc</sub> - tải trọng tiêu chuẩn phân bố trên một đơn vị chiều dài dầm bản. Khi tính toán bản sàn thép cắt một dây bản có chiều rộng 1cm để tính.

$n_0 = \left[ \frac{l}{f} \right]$  - tỉ số giới hạn giữa nhịp và độ võng bản;

$E_1 = \frac{E}{1 - \nu^2}$  : độ cứng trục của bản;

- Sơ đồ tính và cách tính toán bản sàn:



hình 3.7 Sơ đồ tính bản sàn thép

- Bản chịu uốn và biến dạng võng, nhưng đường hàn liên kết bản sàn với dầm giữ không cho bản sàn biến dạng tự do và ngăn cản biến dạng xoay tại gối. Do đó tại gối sẽ xuất hiện  $M^-$  và lực kéo  $H$ , hai thành phần này làm giảm momen dương ở nhịp và biến dạng võng ở nhịp. Trong tính toán để thiên về an toàn ta bỏ  $M^-$  và chỉ xét  $H$ .

- Momen lớn nhất giữa nhịp xác định theo công thức:

$$M_{\max} = \frac{ql^2}{8} - Hf = M_0 \frac{1}{1+\alpha}$$

$$f: \text{ độ võng do } q_{tc} \text{ và } H \text{ gây ra: } f = f_0 \frac{1}{1+\alpha};$$

$$f_0 - \text{ độ võng giữa nhịp do tải trọng } q_{ct} \text{ gây ra tính như dầm đơn giản } f_0 = \frac{5}{384} \frac{q_{tc} l^4}{E_1 J}$$

$$\alpha - \text{ là tỉ số giữa } H \text{ và lực tới hạn theo O-ler, được xác định: } \alpha(1+\alpha)^2 = 3 \left( \frac{f_0}{\delta} \right)^2$$

$$H - \text{ lực kéo tại gối: } H = n \frac{\pi^2}{4} \left[ \frac{f}{l} \right]^2 E_1 \delta$$

- Độ bền và độ võng của bản được kiểm tra:

$$\sigma = \frac{H}{F} + \frac{M_{\max}}{W} \leq R; \quad f \leq [f]$$

- Đường hàn liên kết bản sàn vào dầm được kiểm tra theo điều kiện chịu lực  $H$ :

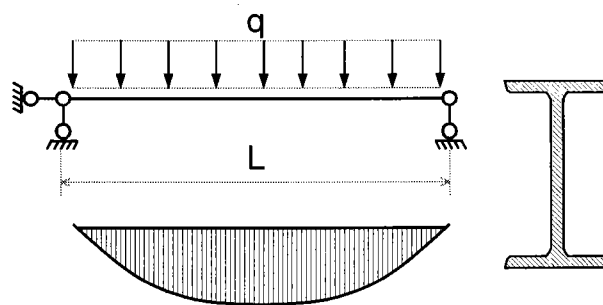
$$h_h \geq \frac{H}{0.7 l_h R_g^h}$$

### 3.3. TÍNH DẦM ĐỊNH HÌNH

Các bước thiết kế:

- Chọn tiết diện
- Kiểm tra lại cường độ
- Kiểm tra ổn định tổng thể
- Kiểm tra độ cứng (võng tương đối)
- Cấu tạo và tính toán các chi tiết dầm: + Nối dầm  
+ Gối dầm

#### 3.3.1. UỐN PHẪNG



Hình 3.9 Tính dầm uốn phẳng

a. **Chọn tiết diện :**

$$W_{yc} = \frac{M_{\max}}{f_{yc}} \rightarrow \text{tra bảng chọn thép}$$

Nếu kể đến sự làm việc trong giai đoạn đàn hồi dẻo :

$$W_{yc} = \frac{M_{\max}}{1.15 \times f_{yc}}$$

b. **Kiểm tra cường độ :**

Nên kể thêm trọng lượng bản thân.

**Kiểm tra điều kiện bền khi uốn :**  $\sigma = \frac{M_{\max}}{W} \leq f_{yc}$

**Ứng suất tương đương :**  $\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} \leq f_{yc}$

Ứng suất tiếp không cần kiểm tra thường thỏa mãn điều kiện này do dầm định hình có cấu tạo bản bụng khá dày.

**Kiểm tra bằng bụng dầm chịu ứng suất cục bộ (khi có lực tập trung):**

$$\sigma_{cb} = \frac{P}{\sigma_b \cdot z} \leq R$$

Trong đó : z - chiều dài chịu tải theo qui ước của bụng dầm.

c. **Kiểm tra độ cứng (độ võng) :**  $\frac{f}{l} \leq \left[ \frac{f}{l} \right]$

Trong đó : f/l là độ võng tương đối do tải trọng tiêu chuẩn gây ra.

Ví dụ : dầm đơn giản nhịp l, có tải phân bố đều  $q_{tc}$  :  $\frac{f}{l} = \frac{5}{384} \times \frac{q_{tc} l^3}{EJ}$

Đối với dầm gồm nhiều loại tải trọng ta có thể tính độ võng riêng lẻ cho từng loại tải trọng rồi áp dụng nguyên lý cộng tác dụng.

d. **Kiểm tra ổn định tổng thể của dầm** (chúng ta sẽ học trong dầm tổ hợp)

e. **Nối dầm :**

Trong một số trường hợp yêu cầu phải nối dầm (do dầm quá dài vận chuyển khó hoặc để tiết kiệm vật liệu) chúng ta phải đưa ra một số trường hợp nối như sau :

- Dùng đường hàn đối đầu :

Ta có  $R = 2.100 \text{ kg/cm}^2$  ; Nhưng  $R_k^h = 1800 \text{ kg/cm}^2$ . Khi nối :  $F_{cb} = F_h$ . Vì vậy để dầm làm việc bình thường ta chỉ được nối dầm trong vùng có mômen  $M < 0,85 M_{\max}$ .

**Tuy nhiên trong trường hợp phải nối giữa dầm ta sẽ giải quyết như thế nào (?)**

Như đã nói ở trên : khả năng chịu lực của đường hàn là  $F_{cb} = F_h$  do đó khi nối ở giữa dầm Mômen  $M = M_{\max}$  nên ta phải tăng diện tích đường hàn tức là tăng chiều dài đường hàn. Vậy ta tăng bằng cách nào (?). Ở đây ta tăng chiều dài đường hàn bằng cách dùng đường hàn xiên góc cho 2 bản cánh, bản bụng vẫn dùng đường hàn thẳng đối đầu (tại sao) như hình vẽ.

- Dùng đường hàn hỗn hợp (vừa đối đầu vừa có bản ghép) :

Tính khả năng chịu lực của đường hàn đối đầu, thừa bao nhiêu nội lực ta tính cho bản ghép chịu.

Cách tính :

Khả năng chịu lực của đường hàn đối đầu :

$$M_{hdd} = W_h \cdot R_k^h$$

Phân mômen còn lại cho bản ghép chịu :

$$M_{bg} = M_{max} - M_{hdd}$$

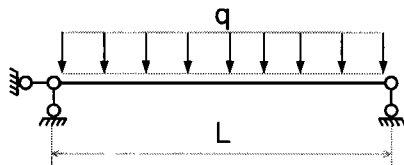
Bản ghép đặt trên 2 bản cánh dầm và khi liên kết dùng đường hàn góc nên ta có :

$$N_c = \frac{M_{bg}}{h_0} \Rightarrow \Sigma h_h \geq \frac{N_c}{0,7 \cdot h_h \cdot R_h^g}$$

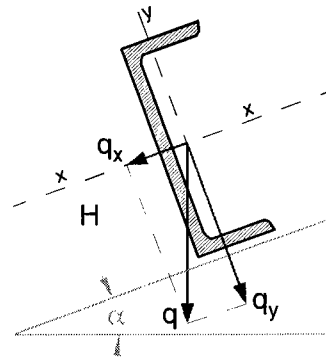
Có  $\Sigma h_h$  ta suy ra được diện tích bản ghép.

### 3.3.2. UỐN XIÊN :

- Một kết cấu chịu lực như hình vẽ (xà gỗ) :



hình 3.8 Tính xà gỗ uốn xiên



- Dưới tác dụng của tải trọng thẳng đứng ta có thể phân tải  $q$  thành 2 thành phần :  $q_x$  và  $q_y$ . Và dầm chịu lực như trên gọi là dầm chịu uốn xiên.
- **Tải trọng  $q_x$  gây ra trong mặt phẳng  $xoz$  mômen uốn  $M_y$  và  $q_y$  gây ra trong mặt phẳng  $yozy$  mômen uốn  $M_x$**
- **Như vậy Dầm chịu uốn xiên là dầm trên mặt cắt của nó có 2 thành phần nội lực là mômen uốn  $M_x$  và  $M_y$  nằm trong mặt phẳng quán tính chính trung tâm.**
- Để dầm làm việc bình thường thì ứng suất tại một điểm bất kỳ :  $\sigma = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq R$  (\*)

#### a. Chọn tiết diện :

Nếu ta đặt : 
$$\eta = \frac{W_x}{W_y} \times \frac{M_y}{M_x} = \frac{W_x}{W_y} \operatorname{tg} \alpha$$

Thì (\*) viết lại : 
$$W_x \geq \frac{M_x(1+\eta)}{R} \Rightarrow \text{tra bảng chọn thép.}$$

Với thép I chọn : 
$$\frac{W_x}{W_y} = 7 - 10$$

Với thép I chọn : 
$$\frac{W_x}{W_y} = 6 - 8$$

#### b. Kiểm tra lại cường độ :

Kiểm tra lại cường độ theo công thức (\*).

**c. Kiểm tra độ cứng :**

Độ võng tính theo 2 phương (dùng tải trọng tiêu chuẩn):  $f_x$  do  $M_y$  và  $f_y$  do  $M_x$ .

Độ võng toàn phần :  $f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$

Kiểm tra :  $\frac{f}{l} \leq \left[ \frac{f}{l} \right]$

### 3.4. TÍNH DẦM TỔ HỢP HÀN

- Đối với những kết cấu chịu tải trọng lớn, nhịp lớn ( $L > 12m$ ,  $q > 2000 \text{ kg/cm}^2$ ) dùng dầm định hình không đủ → ta phải giải quyết như thế nào (?). Trong trường hợp này người ta đưa ra **phương án dầm tổ hợp** → **khi dùng kinh tế hơn, đảm bảo các yêu cầu về độ bền, cứng và ổn định. . . .**
- Dầm tổ hợp có nhiều loại như đã giới thiệu ở phần trước (dầm định tán, dầm bu lông, dầm hàn . . . .). Hiện nay chủ yếu dùng dầm tổ hợp hàn vì nó dễ chế tạo.
- Trong mục 3.3, chúng ta đã trình bày cách tính dầm định hình. Trong mục này sẽ trình bày tiếp cách tính dầm tổ hợp hàn. Về trình tự tính sẽ có những phần giống dầm định hình chúng ta sẽ đi nhanh, tuy nhiên khi dùng dầm tổ hợp → **dầm có chiều dài và tiết diện lớn** nên ngoài các yêu cầu cơ bản như dầm định hình chúng ta phải **tính toán gia cường thêm một số yếu tố cơ bản để đảm bảo kinh tế mà dầm vẫn làm việc bình thường.**
- Trình tự tính toán dầm tổ hợp hàn có thể tóm tắt như sau :
  - Xác định kích thước chính của dầm, chủ yếu là xác định chiều cao.
  - Chọn tiết diện và kiểm tra tiết diện theo điều kiện cường độ và độ võng.
  - Biến đổi tiết diện cho phù hợp với biểu đồ M (giảm trọng lượng lượng dầm).
  - Tính liên kết giữa bản cánh và bản bụng dầm.
  - Kiểm tra ổn định tổng thể và ổn định cục bộ của dầm.
  - Nối dầm và gối dầm lên cột

#### 3.4.1. XÁC ĐỊNH CÁC KÍCH THƯỚC CHÍNH CỦA DẦM :

**a. NHỊP DẦM : L**

Thỏa mãn :

- + Yêu cầu sử dụng của công trình.
- + Đảm bảo tính kinh tế của phương án.

Theo kinh nghiệm thiết kế :  $L < 18m$  dùng dầm thép là có lợi. Trong đồ án L chính là  $L_2$ .

**b. XÁC ĐỊNH CHIỀU CAO DẦM :**

- Việc chọn chiều cao tiết diện là khâu quan trọng đối với người thiết kế. Khi chọn cần đảm bảo :
  - Yêu cầu về sử dụng :  $f < [f]$  ; Cao độ mặt trên và mặt dưới sàn công tác.
  - Yêu cầu về kinh tế.

Thế thì ta phải chọn như thế nào cho đảm bảo các yêu cầu trên (?). Do đó người đã ta xây dựng các khái niệm về chiều cao dầm như sau :

+ **Chiều cao  $h_{XD}$**  : được xác định từ yêu cầu sử dụng trong thiết kế, là khoảng cách từ mặt trên đến mặt dưới của sàn công tác.

+ **Chiều cao  $h_{min}$**  : là chiều cao tối thiểu được xác định theo điều kiện độ võng cho phép, nhằm đảm bảo dầm đủ độ cứng.

+ **Chiều cao  $h_{in}$**  : là chiều cao cho trọng lượng dầm nhẹ nhất mà vẫn làm việc bình thường.

Và khi chọn :

$$h_{min} < h_d < h_{XD} .$$

$h_d \rightarrow$  càng gần  $h_{in} \rightarrow$  càng kinh tế

**b.1. Xác định chiều cao  $h_{min}$  :**

- Độ võng tương đối : 
$$\frac{f}{l} = k_1 \cdot \frac{P_{tc} l^2}{EJ} \quad (1)$$

- Mômen lớn nhất trong dầm : 
$$M = k_2 \cdot P \cdot l \quad (2)$$

Trong đó :

$f$  : độ võng tuyệt đối (đo bằng số cụ thể)

$l$  : nhịp dầm.

$P_{tc}, P$  : tổng tải trọng tiêu chuẩn và tính toán tác dụng lên dầm (ví dụ nếu là tải phân bố thì từ  $q_{tc} \rightarrow P_{tc} = q_{tc} \cdot l$ ).

$J$  : mômen quán tính của tiết diện dầm (xác định theo đúng phương uốn)

$EJ$  : độ cứng của dầm.

$k_1, k_2$  : các hệ số phụ thuộc cách đặt tải trọng và liên kết của gối tựa dầm .

+ Dầm đơn giản, tải trọng phân bố đều :  $k_1 = \frac{5}{384}$  ;  $k_2 = \frac{1}{8}$

+ Dầm đơn giản, tải tập trung giữa dầm :  $k_1 = \frac{1}{48}$  ;  $k_2 = \frac{1}{4}$

Từ (1) và (2) biến đổi ta được :

$$h_{min} = \frac{k_1 \cdot l}{k_2 \cdot 500 \left[ \frac{f}{l} \right]} \times \frac{P_{tc}}{P}$$

**b.2. Xác định chiều cao  $h_{in}$  :**

- Trọng lượng trên một m dài dầm: 
$$g_d = g_c + g_b$$

$$g_b = A_b \cdot \Psi_b \cdot \gamma = h_b \cdot \delta_b \cdot \Psi_b \cdot \gamma$$

$$g_c = A_c \cdot \Psi_c \cdot \gamma = \frac{2M \cdot c}{R \cdot h_c} \cdot \Psi_c \cdot \gamma$$

Trong đó :

$g_b$  - trọng lượng 1 m dài bụng dầm.

$g_c$  - trọng lượng 1 m dài cánh dầm.

$A_b$  - diện tích tiết diện bụng dầm.



$$A_c - \text{diện tích tiết diện cánh dầm} = \frac{\text{Nội lực dọc cánh chịu}}{\text{Cường độ } t' \text{ vật liệu cánh dầm}}$$

M.c - phần mômen uốn do cánh chịu.

$\Psi_b, \Psi_c$  - các hệ số xét đến các chi tiết cấu tạo của bụng dầm và cánh dầm làm tăng trọng lượng bản thân dầm ( $>1$ )

$\gamma$  - trọng lượng thể tích của thép.

$h_c$  - khoảng cách giữa 2 trọng tâm tiết diện cánh dầm.

$h_b, \delta_b$  - chiều cao và chiều dày bản bụng.

M - mômen lớn nhất do tải trọng tính toán gây ra.

M.c/ $h_c$  - lực dọc tác dụng vào 1 cánh.

c - hệ số  $< 1$  xét tới một phần momen do bản cánh chịu, một phần do bản bụng chịu.

$$c = 0,8 \quad \rightarrow \quad \text{bản cánh chịu } 80\% M$$

$$\quad \quad \quad \rightarrow \quad \text{bản bụng chịu } 20\% M$$

- Cuối cùng, ta biểu diễn  $g_d$  là một hàm của h :  $g_d = \frac{2M.c}{R.h_c} \cdot \gamma \cdot \Psi_c \cdot h + h_b \cdot \delta_b \cdot \gamma \cdot \Psi_b$

Ta vẽ được biểu đồ quan hệ giữa trọng lượng và chiều cao dầm như sau :

Xem  $h = h_c \approx h_b \rightarrow$  đạo hàm 2 vế theo h ta được :

$$\frac{dg_d}{dh} = -\frac{2M.c}{R} \times \frac{\gamma \cdot \Psi_c}{h^2} + \delta_b \cdot \gamma \cdot \Psi_b = 0$$

Suy ra :

$$h_{in} = \sqrt{\frac{2.c.\Psi_c}{\Psi_b} \times \frac{M}{R.\delta_b}} = k \sqrt{\frac{W_{yc}}{\delta_b}}$$

$W_{yc} = M/R \rightarrow$  cố định  $\rightarrow h_{in}$  phụ thuộc  $\delta_b$ .

$$k = \sqrt{\frac{2.c.\Psi_c}{\Psi_b}} \text{ hệ số phụ thuộc vào cấu tạo tiết diện dầm}$$

+ dầm không đổi tiết diện :  $k = 1,15$ .

+ dầm thay đổi tiết diện :  $k = 1,10$ .

- Căn cứ vào kinh nghiệm và vào điều kiện ổn định cục bộ của bản bụng để giả thiết  $\delta_b$  để chọn  $h_{in}$  theo bảng sau :

h (m)	1	1,5	2,0	3,0
$\delta_b$ (mm)	8 - 10	10 - 12	12 - 14	16 - 18
$\lambda_b = \frac{h_b}{\delta_b}$	100 - 125	125 - 150	145 - 165	165 - 180

- $\delta_b$  - độ mảnh bản bụng dầm ( không được vượt quá giới hạn nhất định khi xét đến độ bền bản bụng dưới tác dụng của ứng suất tiếp và vấn đề ổn định cục bộ).
- Chọn  $\delta_b \rightarrow h_{in} \rightarrow$  chọn chấn 5 - 10 cm.
- Kinh nghiệm cho thấy :  $h_{in} = (5,5 - 6,5) \sqrt{W_{yc}}$

### c. XÁC ĐỊNH CHIỀU DÀY BẢN BỤNG :

Xét một dầm :

- Từ biểu đồ ứng suất tiếp, ta thấy ứng suất cắt cánh dầm hầu như không chịu mà toàn bộ do bụng dầm chịu  $\rightarrow$  do đó chiều dày bụng dầm  $\delta_b$  được xác định từ điều kiện bản bụng đủ chịu lực cắt lớn nhất :

$$\delta_b \geq 1,5 \frac{Q}{m.R_c.h}$$

$Q = Q_{max}$  ở gối tựa.

$R_c = f_v$  (tra bảng 4, TCVN 338) =  $0.58R/\gamma_M = 1300 \text{ kg/cm}^2$  (thép CT3);  $\gamma_M$ : hệ số độ tin cậy của vật liệu lấy bằng 1.05 cho mọi mức thép.

- Khi  $h_d = 1 - 2 \text{ m}$ , cho phép chọn  $\delta_b$  theo công thức kinh nghiệm sau :

$$\delta_b = 3 + 7 \frac{h}{1000}$$

Ví dụ : biết  $h = 1.5 \text{ m} \rightarrow \delta_b = 3 + 7 \frac{1500}{1000} = 3 + 7.1,5 = 13,5 \text{ mm}$ .

Chiều dày bụng dầm thường nằm trong khoảng :  **$8 \text{ mm} < \delta_b < 22 \text{ mm}$**

### 3.4.2. CHỌN TIẾT DIỆN DẦM TỔ HỢP :

- Sau khi có  $h$ ,  $\delta_b \rightarrow$  ta đi tìm tiết diện dầm.

Từ  $M_{max} \rightarrow W_{yc} \rightarrow \frac{M_{max}}{R}$

$$\rightarrow J_d = W_{yc} \times \frac{h}{2} \approx J_b + J_c$$

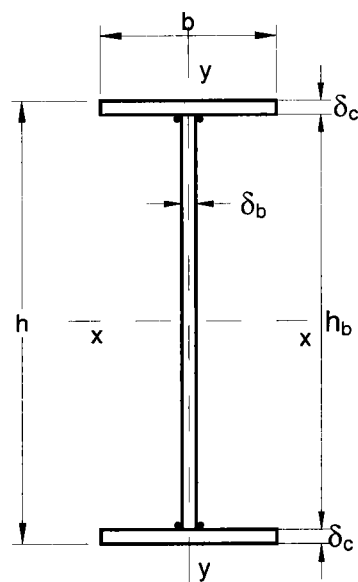
Trong đó  $J_b = \frac{\delta_b h_b^3}{12}$  ;  $J_c \approx 2.F_c \left(\frac{h}{2}\right)^2$

$$\rightarrow J_c = W_{yc} \times \frac{h}{2} - \frac{\delta_b h^3}{12}$$

$$\rightarrow F_c = \frac{2J_c}{h^2} = b_c \cdot \delta_c$$

Có  $F_c$  ta phân phối cho  $h_c$ ,  $\delta_c$  theo qui luật sau :

- **Đảm bảo điều kiện ổn định cục bộ :**  
 $b_c < 30 \delta_c$ .
- **Dầm đứng vững trên gối tựa :**  
 $b_c \geq 180 \text{ mm}$
- **Đảm bảo điều kiện ổn định tổng thể :**  $b_c = (0,2 - 0,33)h$



3.4.1 Chọn tiết diện dầm tổ hợp hàn

- Sau khi thỏa các điều kiện trên, ta tăng  $b_c$  càng rộng càng tốt, vì khi tăng chiều rộng cánh  $\rightarrow J_y$  tăng  $\rightarrow$  đảm bảo ổn định dầm ra ngoài mặt phẳng của nó.

### 3.4.3. KIỂM TRA LẠI TIẾT DIỆN DẦM ĐÃ CHỌN:

Cường độ : (dùng tải trọng tính toán)

- Tại tiết diện có  $M_{max}$ :  $\sigma = \frac{M_{max}}{W} \leq R$
- Tại tiết diện có  $Q_{max}$ :  $\tau = \frac{Q_{max} S}{J \delta_b} \leq R_c$
- Tại tiết diện có  $M$  và  $Q$  cùng lớn:  $\sigma_{td} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} \leq R$
- Tại tiết diện có lực tập trung:  $\sigma_{cb} = \frac{P}{z} \leq R$ ;  $z = b + 2\delta_c$ .

Trong đó :  $W = 2J/h$  ;

$$J = J_c + J_b = 2 \cdot b \cdot \delta_c \cdot a^2 + \frac{\delta_b h_b^3}{12}$$

$$S = b \cdot \delta_c \cdot a + \frac{h_b}{2} \times \delta_b \times \frac{h_b}{4}$$

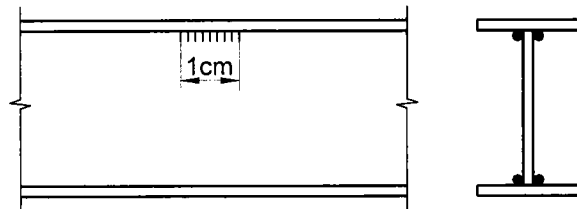
(S : mômen tĩnh của nửa tiết diện đối với trục TH)

Theo điều kiện độ võng : (dùng tải trọng tiêu chuẩn):  $\frac{f}{l} \leq \left[ \frac{f}{l} \right]$

### 3.4.4. TÍNH LIÊN KẾT GIỮA BẢN CÁNH VÀ BẢN BỤNG DẦM :

- Khi dầm chịu uốn, tại vùng gần gối tựa phát sinh ứng suất tiếp khá lớn mà bản bụng chịu (theo phần tính toán ở trên) :  $\tau = \frac{Q \cdot S_c}{J \cdot \delta_b}$

- **Đồng thời theo định luật đối ứng trong SBVL : trên 2 mặt cắt vuông góc nhau, nếu trên mặt cắt này có ứng suất tiếp thì trên mặt cắt kia buộc phải có ứng suất tiếp, chúng có giá trị bằng nhau nhưng ngược dấu (cùng hướng vào hoặc cùng tách ra).**



Hình 3.4.2 Đường hàn liên kết bản bụng và cánh

- $\rightarrow$  Vì vậy cánh và bụng dầm có khuynh hướng trượt tương đối lên nhau, do đó liên kết giữa cánh và bụng dầm phải chịu lực trượt phát sinh giữa cánh và bụng.

- **Lực trượt trên 1 đơn vị chiều dài giữa bản cánh và bản bụng :**

$$T = \tau \cdot \delta_b = \frac{Q \cdot S_c}{J \cdot \delta_b} \cdot \delta_b = \frac{Q \cdot S_c}{J} \quad (S_c = b_c \cdot \delta_c \cdot \left( \frac{h_b}{2} + \frac{\delta_c}{2} \right))$$

- **Lực trượt T do 2 đường hàn dài 1 cm ở 2 bên bản bụng liên kết với cánh chịu nên phải nhỏ hơn khả năng chịu lực của chúng :**

$$T = \frac{Q.S_c}{J} \leq 2.0,7.h_h.1.R_g^h \quad (1 : \text{đoạn } 1 \text{ cm})$$

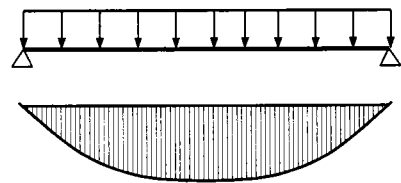
$$\text{Vậy ta rút ra : } h_h \geq \frac{Q.S_c}{2.0,7.J.R_g^h}$$

**Chú ý :**

- Tính tại tiết diện có Q lớn nhất và lấy giá trị tính được chọn  $h_h$  chung cho toàn bộ đường hàn liên kết giữa cánh và bụng dầm
- So sánh với  $h_h$  cấu tạo ( nếu  $h_h < h_h$  cấu tạo  $\rightarrow$  dùng  $h_h$  cấu tạo )
- Hàn liên tục trên suốt chiều dài dầm , ngay cả những chỗ không có lực trượt
  - +  $h_h^{\text{cấu tạo}} = 4\text{mm}$  ( khi  $\delta_c \leq 10 \text{ mm}$  )
  - +  $h_h^{\text{cấu tạo}} = 6\text{mm}$  ( khi  $\delta_c = 11 \div 22 \text{ mm}$  )
  - +  $h_h^{\text{cấu tạo}} = 8\text{mm}$  ( khi  $\delta_c = 23 \div 32 \text{ mm}$  )

**3.4.5. BIẾN ĐỔI TIẾT DIỆN DẦM TỔ HỢP :**

- Theo chiều dài dầm, biểu đồ M thay đổi, tại vùng gần gối tựa M rất nhỏ nên ta biến đổi tiết diện dầm nhằm giảm trọng lượng bản thân xuống  $\rightarrow$  tiết kiệm vật liệu
- Chi phí chế tạo sẽ tăng nên chỉ có hiệu quả kinh tế khi nhịp  $L > 10\text{m}$



Hình 3.4.2 Biểu đồ mômen uốn dầm

Đối với dầm tổ hợp ta có 3 cách thay đổi tiết diện:

**a. Biến đổi chiều cao tiết diện theo M :**

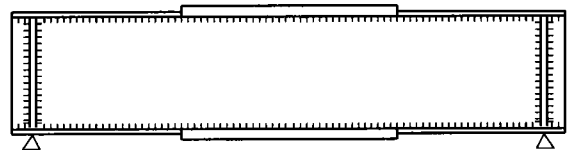
- Lợi về vật liệu nhưng tốn công  $\rightarrow$  chỉ dùng khi nhịp và tải cùng lớn (**dầm cầu chạy**).
- Để bản bụng đủ chịu cắt chỉ cần giảm chiều cao ở gối tựa.
- Cấu tạo phức tạp



Hình 3.4.3.a Biến đổi chiều cao dầm theo biểu đồ M

**b. Thay đổi chiều dày bản cánh dầm :**

- Ở hai đầu dầm bản cánh mỏng hơn ở đoạn giữa (dầm hàn).
- Với dầm đỉnh tán hoặc bu lông có thể giảm bớt số lượng bản phủ ở đầu dầm.
- Khuyết điểm là mặt ngoài không phẳng.
- Có lợi nhưng ít dùng.

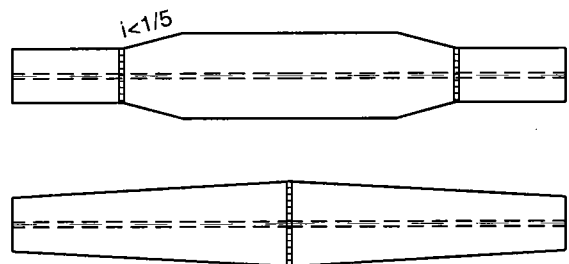


Hình 3.4.3.b Biến đổi chiều dày bản cánh dầm

**c. Thay đổi chiều rộng bản cánh :** 2 cách thay đổi

**c.1. Thay đổi đột ngột :**

- Ở tiết diện 1/6 nhịp.



Hình 3.4.3.c Biến đổi bề rộng bản cánh dầm

- Đoạn chuyển tiếp có  $i = 1/5$ .
- Chiều rộng cánh sau khi thay đổi  $b_1 \geq 180 \text{ mm}$  và  $b_1 \geq \frac{b_c}{2}$

**c.2. Thay đổi liên tục :**

- Cắt tấm thép chiều dài L/2 rồi nối lại.
- Kiểm tra lại từng tiết diện.

### 3.5. ỔN ĐỊNH DẦM

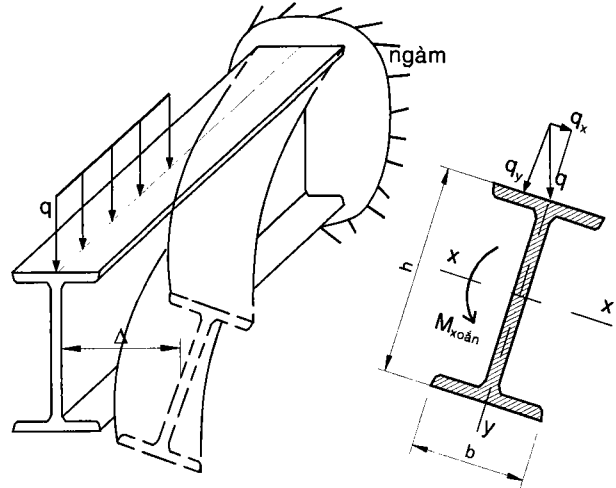
#### 3.5.1. ỔN ĐỊNH TỔNG THỂ CỦA DẦM :

##### a. HIỆN TƯỢNG VÀ NGUYÊN NHÂN

###### a1. Hiện tượng :

Xét dầm như hình vẽ

- Dưới tác dụng của tải trọng, dầm chịu uốn và phát sinh biến dạng trong mặt phẳng uốn (hiện tượng biến dạng trong uốn phẳng)
- Từ biểu đồ ứng suất pháp, ta thấy trục dầm chia dầm thành 2 phần: phần trên chịu kéo, phần dưới chịu nén



Hình 3.4.4. Hiện tượng mất ổn định tổng thể dầm

- Khi tải trọng đạt tới 1 giá trị nào đó, phần cánh nén sẽ bị vênh ra khỏi mặt phẳng uốn → sinh ra mômen uốn  $M_y$  và mômen xoắn. Như vậy, ngoài biến dạng trong mặt phẳng uốn, còn phát sinh biến dạng ở ngoài mặt phẳng uốn.
- **Lúc đó , dầm vừa chịu uốn vừa chịu xoắn, bị vênh ra ngoài mặt phẳng uốn, mất khả năng chịu lực → làm dầm bị đổ → Hiện tượng trên gọi là hiện tượng mất ổn định tổng thể của dầm.**

###### a2. Nguyên nhân :

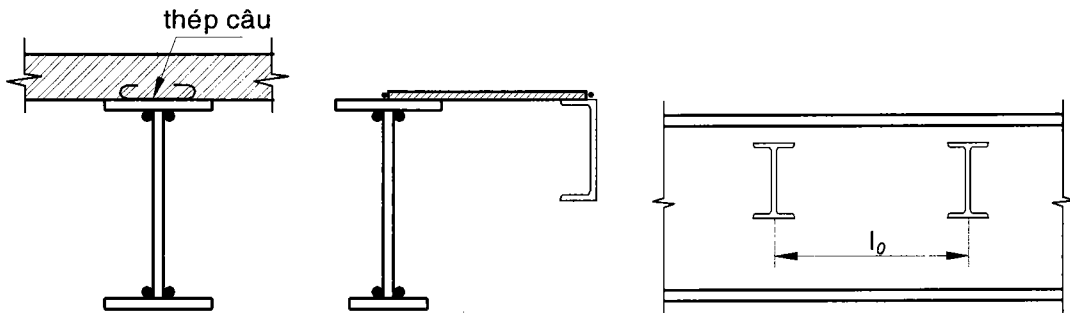
- Do  $M$  uốn tác dụng lên dầm lớn hơn  $M$  tới hạn của dầm ( $M$  lúc dầm bắt đầu mất ổn định tổng thể), nghĩa là ứng suất nén ở các thớ cánh nén trong dầm đã đạt đến ứng suất tới hạn)
- Khi độ cứng của dầm ở trong mặt phẳng uốn lớn hơn nhiều độ cứng của dầm ở ngoài mặt phẳng uốn ( $J_x \gg J_y$ )
- **M tới hạn phụ thuộc :**
  - Hình dạng , ĐTHH của tiết diện
  - Vị trí , dạng tải trọng tác động.
  - Cách liên kết ở gối tựa
  - Cách bố trí liên kết ngăn cản chuyển vị ngang của cánh nén.

**a.3. Định nghĩa :**

Hiện tượng dầm bị mất ổn định tổng thể là hiện tượng hình dạng chung của dầm bị cong vênh nhưng hình dạng từng tiết diện vẫn giữ nguyên không đổi

**Các trường hợp không cần kiểm tra ổn định tổng thể của dầm :**

- Sàn đúc trực tiếp trên dầm có thép cấu. (sàn bê tông cốt thép)
- Dầm cầu chạy và dầm hãm đi kèm.
- Dầm phụ đóng vai trò điểm cố kết cho dầm chính.
- Khi tỉ số giữa chiều dài tính toán dầm và bề rộng cánh chịu nén  $l_0/b_c$  không vượt quá giá trị xác định theo bảng 7- TCVN-5575-1991 ( $l_0$  lấy bằng khoảng cách giữa 2 điểm cố kết của cánh chịu nén không cho chuyển vị ngang).



Hình 3.4.5. Các trường hợp không cần kiểm tra ổn định tổng thể dầm

**Tất cả các trường hợp khác phải kiểm tra ổn định tổng thể.**

**b. CÔNG THỨC TÍNH TOÁN VÀ KIỂM TRA ( cho dầm hình và dầm tổ hợp )**

- Điều kiện để dầm đạt ổn định tổng thể :

$$\sigma = \frac{M}{W_x} \leq \sigma_{th} \text{ (ứng suất tới hạn)}$$

- Vì  $\sigma_{th} < R$  nên đặt :  $\varphi_d = \frac{\sigma_{th}}{R} < 1$

$$\sigma = \frac{M}{\varphi_d \cdot W_x} \leq R \quad (*)$$

(So sánh với công thức ổn định khi chịu nén :  $\sigma_n = \frac{N}{\varphi \cdot F} \leq R$ )

- Trong đó :
  - M : momen uốn lớn nhất trong dầm
  - $W_x$  : momen chống uốn, tính với cánh chịu nén.
  - $\varphi_d$  : hệ số kể đến sự giảm khả năng chịu uốn của dầm khi xét đến điều kiện ổn định tổng thể, lấy theo phụ lục E của TCVN 338;

$\varphi_d$  phụ thuộc ĐTHH của tiết diện và kích thước tiết diện, xác định theo phụ lục 7 của TCVN-5575-1991

- Khi xác định trị số  $\varphi_d$ , chiều dài tính toán chịu nén được lấy bằng khoảng cách các điểm cố kết của cánh nén không cho chuyển vị ngang. Lấy bằng chiều dài nhịp dầm khi không có hệ giằng.

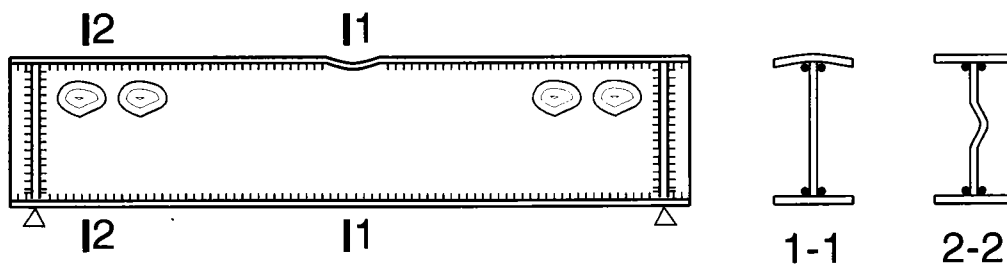
### BIỆN PHÁP TĂNG CƯỜNG ỔN ĐỊNH

- Để tăng ổn định : **tăng  $b_c \rightarrow J_y$  tăng  $\rightarrow \varphi_d$  tăng**
- **Tăng  $\varphi_d \rightarrow$  giảm  $I_o$**  ( khoảng cách các điểm cố kết của dầm)
- Giảm khoảng cách các điểm cố kết bằng các kết cấu như dầm phụ , hệ giằng
- Nếu không đặt dầm phụ, cần có những bản sàn liên kết vào cánh nén để tăng ổn định
- Chỉ kiểm tra khi là 1 dầm độc lập ( dầm cầu chạy )

### 3.5.2. ỔN ĐỊNH CỤC BỘ CỦA DẦM

#### a. KHÁI NIỆM

- Để phát huy khả năng chịu lực của vật liệu, Ta thường cấu tạo bản cánh và bản bụng mỏng để đưa bản cánh ra xa trục trung hòa  $\rightarrow$  tăng  $J_y \rightarrow$  tăng  $W \rightarrow$  tăng khả năng chịu lực của dầm.
- Do vậy, các bản cánh và bản bụng của dầm có chiều dày quá bé  $\rightarrow$  tới một trị số nào đó  $\rightarrow$  thì dưới tác dụng của ứng suất nén (với cánh nén) hoặc ứng suất pháp và ứng suất tiếp (với bản bụng), chúng sẽ bị cong vênh cục bộ từng vùng trước khi mất ổn định tổng thể. **Đó là hiện tượng mất ổn định cục bộ**



Hình 3.4.6. Hiện tượng mất ổn định cục bộ dầm

- Hình dáng chung của dầm không thay đổi nhưng hình dáng của từng tiết diện bị thay đổi.
- Hiện tượng này chưa gây nguy hiểm phá hoại kết cấu nhưng ở những vùng CK bị mất ổn định cục bộ thì tiết diện dầm trở nên không đối xứng  $\rightarrow$  tại đó tiết diện sẽ không tham gia chịu lực. Phần nó chịu sẽ truyền qua các tiết diện lân cận. Các Tiết diện này sẽ chịu lực tăng lên rồi cũng có thể bị mất ổn định cục bộ  $\rightarrow$  Mất ổn định tổng thể và bị phá hoại.

- Vậy ổn định cục bộ là 1 trong những nguyên nhân dẫn đến mất ổn định tổng thể. Do đó, phải gia cường cấu kiện để đảm không xảy ra mất ổn định CB trước khi mất ổn định tổng thể.
- **Dầm định hình** : không cần kiểm tra ổn định CB vì do yêu cầu đứng vững trong quá trình cán nóng nên bản cánh và bản bụng thường có cấu tạo chiều dày không được mỏng quá một trị số nhất định và trị số này thường lớn hơn rất nhiều so với điều kiện mất ổn định cục bộ.
- **Dầm tổ hợp** : luôn kiểm tra đk ổn định cục bộ

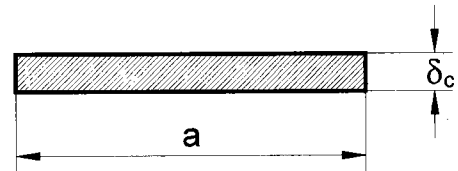
### b. TÍNH TOÁN ỔN ĐỊNH CỤC BỘ

- Xét một bản có kích thước như hình vẽ :

$$N_{th} = \frac{c \cdot \pi^2 E \cdot J_{th}}{a^2}$$

$$E \cdot J_{th} = \frac{E \cdot J}{1 - \mu^2} = \frac{E \cdot a \delta^3}{12(1 - \mu^2)}$$

$$\sigma_{th} = \frac{N_{th}}{a \delta} = \frac{c \pi^2 E}{12(1 - \mu^2)} \left( \frac{\delta}{a} \right)^2$$



- Trong đó : c : hệ số phụ thuộc hình thức liên kết biên của bản ( biên ngàm , khớp , . . . ), tính năng cơ học của thép bản ( E ),

Khi đó :  $k_0 = \frac{c \pi^2 E}{12(1 - \mu^2)} \rightarrow$  là hằng số

Và  $\sigma_{th} = k_0 \cdot 100 \left( \frac{\delta}{a} \right)^2 \quad (T/cm^2)$

- Nếu cho ứng suất tới hạn đạt tới giới hạn chảy ( cho sự mất ổn định cục bộ đạt ngang bằng điều kiện cường độ )  $\xrightarrow{\text{rút ra}}$   $k_0 \rightarrow$  Suy ra đk ổn định cục bộ của từng CK

#### b1. Đối với bản cánh :

- Sơ đồ tính toán của bản cánh được xem như bản ngàm chặt vào bản bụng bằng các đường hàn liên tục liên kết bản cánh vào bản bụng

Khi  $\frac{l}{a} \rightarrow$  khá lớn thì  $\rightarrow k_0 = 0,081 \quad (a = b_c/2)$

- Cho ứng suất tới hạn đạt đến giới hạn chảy :  $\sigma_{th} = \sigma_c = 2,4 T/cm^2$ .

Ta có :  $\sigma_{th} = k_0 \cdot \left( \frac{100\delta}{a} \right)^2 = 0,081 \cdot \left( \frac{100\delta_c}{a} \right)^2 = \sigma_c = 2,4 T/cm^2$ .

Rút ra ta được :  $\frac{a}{\delta_c} = 18$

- Thực tế, bản cánh này không hoàn toàn ngàm với bản bụng, có thể xoay qua lại nên lấy :  $\frac{a}{\delta_c} \leq 15 \rightarrow a < 15 \delta_c \rightarrow b_c < 30 \delta_c$



**b2. Đối với bản bụng dầm :**

Chia làm 2 TH :

**TH1 : Xét vùng đầu dầm → mất ổn định do ứng suất tiếp  $\tau_{max}$  :**

$$k_0 = 1,25, \text{ cho } \tau_{th} \rightarrow \tau_c = 0,6\sigma_c = 0,6 \times 2,4 = 1,44 \text{ T/cm}^2.$$

$$\tau_{th} = k_0 \cdot \left( \frac{100\delta}{a} \right)^2 = 1,25 \cdot \left( \frac{100\delta_b}{h_b} \right)^2 = \tau_c.$$

Suy ra :  $\frac{h_b}{\delta_b} = 93 \rightarrow$  theo qui phạm phải giảm xuống 70.

Vậy  $\frac{h_b}{\delta_b} \leq 70$  thì bản bụng ổn định cục bộ.

$\frac{h_b}{\delta_b} > 70$  Mất ổn định cục bộ do ứng suất tiếp gây ra.

**TH2 : Xét vùng giữa dầm →  $\sigma_{max}$  :**

$$k_0 = 6,3 : \text{ cho } \sigma_{th} \rightarrow \sigma_c = 2,4 \text{ T/cm}^2.$$

$$\sigma_{th} = k_0 \cdot \left( \frac{100\delta}{a} \right)^2 = 6,3 \cdot \left( \frac{100\delta_b}{h_b} \right)^2 = \sigma_c.$$

Suy ra :  $\frac{h_b}{\delta_b} = 162 \rightarrow$  theo qui phạm phải giảm xuống 160.

Vậy  $\frac{h_b}{\delta_b} \leq 160$  thì bản bụng ổn định cục bộ.

$\frac{h_b}{\delta_b} > 160$  : mất ổn định cục bộ do ứng suất pháp.

**b.3. Tóm lại :**

- **Bản cánh :** Yêu cầu :  $\frac{b'}{\delta_c} \leq 15$  : Luôn thỏa điều kiện này để đảm bảo bản cánh luôn

ổn định cục bộ.

- **Bản bụng :**

- Nếu  $\frac{h_b}{\delta_b} < 70$  : bản bụng hoàn toàn ổn định, không cần đặt sườn ( nếu có đặt →

tăng khả năng chống xoắn khi tải đặt lệch )

Trường hợp này không lợi vì :

+  $\delta_b$  lớn → dầm nặng

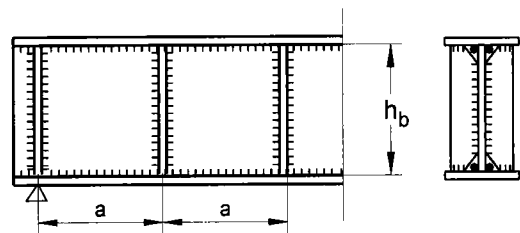
+ Khi chịu xoắn bị phá hoại nhanh vì không có sườn

- Nếu  $70 < \frac{h_b}{\delta_b} \leq 110$  : bản bụng mất ổn định do ứng suất tiếp, đặt sườn cứng theo điều kiện cấu tạo qui định (**nên dùng**) và không cần kiểm tra ổn định từng ô, bản bụng hoàn toàn ổn định
- Nếu  $160 \Rightarrow \frac{h_b}{\delta_b} > 110$  : đặt sườn theo cấu tạo và phải kiểm tra ổn định từng ô
- Nếu  $\frac{h_b}{\delta_b} > 160$  : phải đặt sườn đứng và kiểm tra ổn định từng ô. Ở các ô bụng giữa dầm phải đặt sườn dọc ( vì ứng suất pháp lớn ) → Không nên dùng vì dầm quá mảnh.

**c. ĐẶT SƯỜN ĐỨNG VÀ KIỂM TRA ỔN ĐỊNH :**

**c.1. Nếu :**  $110 > \frac{h_b}{\delta_b} > 70$  : bản bụng sẽ bị

mất ổn định do ứng suất tiếp ( lực cắt Q gây ra , thường ở đầu dầm ) → Đặt 2 sườn đứng đầu dầm (thông thường đặt sườn đứng cách đều nhau và phân bố đều trên toàn dầm)



Hình 3.4.7. Đặt sườn đứng và kiểm tra ổn định

- Khoảng cách sườn :

$$a \leq a_{\max} = \begin{cases} 2h_b & \text{khi } \frac{h_b}{\delta_b} > 100 \\ 2,5h_b & \text{khi } \frac{h_b}{\delta_b} < 100 \end{cases}$$

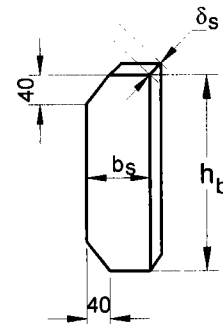
a còn là ước số của l ( nhịp dầm )

- **Sườn đứng** : theo cấu tạo , bằng thép bản , đặt lọt vào trong lòng bản cánh

$$b_s \geq \frac{h_b(\text{mm})}{30} + 40(\text{mm}) \rightarrow \text{chọn chẵn 5mm}$$

$$\delta_s \geq \frac{1}{15} b_s \rightarrow \text{chọn chẵn ( tính được : } \delta_s = 6,3\text{mm} \rightarrow \text{chọn 8mm vì không có thép}$$

7mm , không chọn 6mm vì quá mảnh )



Hình 3.4.8. Kích thước sườn

**c2. Nếu :**  $\frac{h_b}{\delta_b} > 110$  : đặt sườn theo qui định và kiểm tra từng ô bụng (thường ô vừa có  $\sigma$  và  $\tau$  cùng lớn)

**KIỂM TRA Ô BỤNG** : ( khi :  $160 > \frac{h_b}{\delta_b} > 110$  )

- Theo công thức :

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{th}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{th}}\right)^2} \leq 1$$

- Trong đó :

•  $\sigma, \tau$  : ứng suất tính toán tại bụng dầm ở tiết diện kiểm tra

$$\sigma = \frac{M_1}{W_1} \cdot \frac{h_b}{h}$$

$$\tau = \frac{Q_1}{h_b \cdot \delta_b}$$

•  $M_1, Q_1$  : momen và lực cắt ở tiết diện tính toán

•  $W_1$  : momen kháng uốn của dầm tại vị trí xác định M tính toán

+ Với  $a \leq h_b$  : kiểm tra tại TD cách sườn đứng  $a/2 \rightarrow$  Xác định  $M_1, Q_1$

+ Với  $a > h_b$  : kiểm tra tại TD cách sườn đứng  $h_b/2$  ( phía M lớn )  $\rightarrow$  Xác định  $M_1$  .

Tại TD cách sườn đứng  $a/2 \rightarrow$  Xác định  $Q_1$

- **Xác định  $\tau_{th}, \sigma_{th}$  :**

$$* \quad \sigma_{th} = k_{01} \left( \frac{100\delta_b}{h_b} \right)^2 \quad (T/cm^2)$$

$$* \quad \tau_{th} = k_{02} \left( \frac{100\delta_b}{h_b} \right)^2 \quad (T/cm^2)$$

$$k_{01} = \left( 1.25 + \frac{0.95}{\mu} \right) \cdot 10^4$$

$$\mu = \frac{\text{cạnh lớn của ô}}{\text{cạnh bé của ô}} > 1$$

$k_{02}$  : xác định theo  $\gamma$  ( tra bảng )

$\gamma$  : biểu thức biểu thị mức độ ngàm đàn hồi giữa cánh và bụng. Trong trường hợp không có lực tập trung :

$$\gamma = c \cdot \frac{b_c}{h_b} \cdot \left( \frac{\delta_c}{\delta_b} \right)^3$$

+  $c = \infty$  : khi có bản sàn liên kết cứng và tựa vào cánh nén

+  $c = 0,8$  : các trường hợp khác ( đồ án )

**BẢNG GIÁ TRỊ  $k_{02}$  VỚI DẦM HÀN**

$\gamma$	$\leq 0,8$	1	2	4	6	10	$\geq 30$
$k_{02}$	6,30	6,62	7,00	7,27	7,32	7,37	7,46

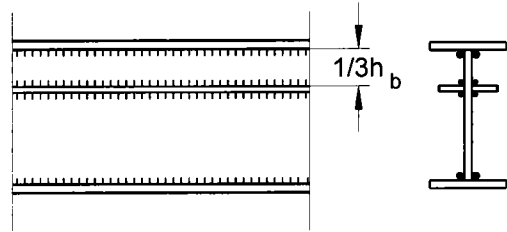
Nếu  $\gamma$  ở giá trị trung gian thì nội suy tuyến tính

- **Thường kiểm tra 3 loại ô :**

- Ô có  $\tau$  lớn : ô đầu dầm
- Ô có  $\sigma$  lớn : ô giữa dầm
- Ô có  $\tau$  và  $\sigma$  tương đối lớn : ô ở khoảng 1/4 dầm

**c.3. Nếu  $\frac{h_b}{\delta_b} > 160$  :** phải đặt sườn đứng

và kiểm tra ổn định từng ô. Ở các ô bụng giữa dầm phải đặt sườn dọc (vì ứng suất pháp lớn) → Không nên dùng vì dầm quá mảnh.



Hình 3.4.9. Đặt sườn ngang về phía cánh nén

- Sườn ngang chiều dài lọt lòng giữa 2 sườn đứng → để hàn vào sườn đứng.
- Đường hàn của sườn liên tục không tính toán lấy  $h_{\min} = 5\text{mm}$
- **Chú ý :** + Nếu đạt : giữ nguyên tỉ lệ  $\frac{h_b}{\delta_b}$

+ Nếu không đạt : giảm tỉ lệ  $\frac{h_b}{\delta_b}$  ( không nên giảm  $h_b$  , thường tăng

$\delta_b$  → vừa không cần tính lại hết vừa thiên về an toàn )

### 3.6. NỐI DẦM – GỐI DẦM

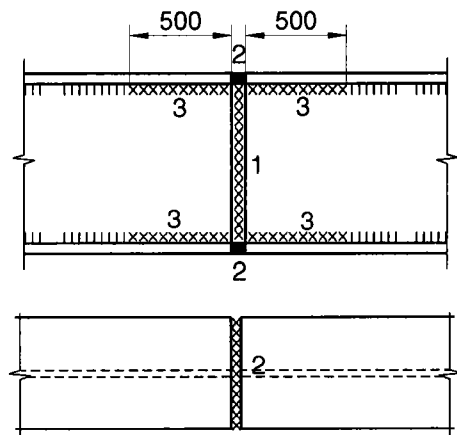
#### 3.6.1. NỐI DẦM

**Có 2 trường hợp nối dầm và nguyên nhân :**

- **Nối trong công xưởng ( mối nối nhà máy ) :** thường gặp do thép không đủ độ dài thiết kế → phải nối nên không cần nối trên một tiết diện cắt ngang mà nên nối so le
- **Nối ngoài công trường ( mối nối lắp ghép ) :** Trọng lượng và chiều dài dầm quá lớn mà thiết bị nâng và dựng lắp không đủ khả năng → cần chia dầm thành nhiều đoạn (có trọng lượng hoặc chiều dài xấp xỉ nhau) để dễ vận chuyển, cầu lắp.
- Nếu các dầm có  $l < 12\text{m}$  → Cố gắng không nên nối vì khi nối vừa phức tạp vừa có khả năng chịu lực không bằng khi không nối.

**a. NỐI DẦM ĐỊNH HÌNH :**

- Ít xảy ra
- Thường dùng liên kết hàn
- Vì dầm đúc sẵn nên vị trí mối nối chỉ ở 1 tiết diện

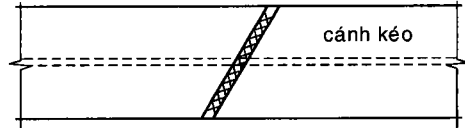


Hình 3.6.1 Nối dầm bằng đường hàn đối đầu

**b. NỐI DẦM TỔ HỢP HÀN :**

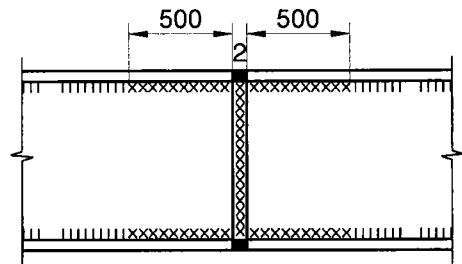
**b.1. Nối bằng liên kết hàn đối đầu :**

- Thường cường độ chịu kéo của đường hàn nhỏ hơn cường độ chịu kéo của thép làm dầm ( $R_k^h = 0,85.R < R$ ) nên chỉ được nối ở tiết diện có  $M \leq 0,85.M_{max}$
- Hàn đường hàn nối bụng dầm trước, đường hàn nối cánh sau → để giảm ứng suất hàn và BHH và cần hàn theo thứ tự sau :
  - Đường hàn 1
  - Đường hàn 2 ( vì 2 đh 1 và 2 này có độ co ngót lớn theo phương ngang )
  - Đường hàn 3,4,5,6 ( vì có độ co ngót theo phương dọc không lớn )



**b.2. Dùng đường hàn đối đầu xiên góc :**

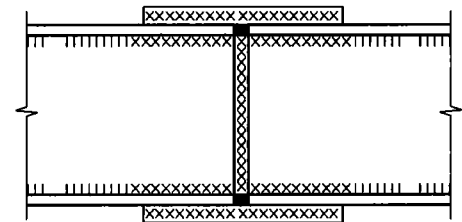
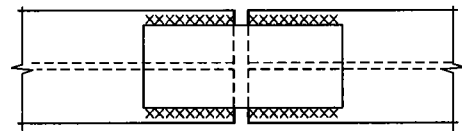
- Mối nối trên cùng 1 tiết diện
- Ở cánh kéo, vì  $R_k^h < R$  ( độ bền của thép làm dầm ) nên dùng đường hàn đối đầu xiên để tăng KNCL của mối hàn bằng KNCL của thép cơ bản
- Cánh nén và bụng : dùng đường hàn đối đầu thẳng góc
- Mối nối cánh kéo : dùng đường hàn đối đầu xiên góc
- Khi nối để an toàn : + Bản bụng chịu Q  
+ Bản cánh chịu M



Hình 3.6.2 Dùng đường hàn đối đầu xiên góc

**b.3. Dùng đường hàn hỗn hợp (vừa đối đầu vừa có bản ghép) :**

- Nguyên tắc tính là : tính khả năng chịu lực của đường hàn đối đầu, thừa bao nhiêu nội lực ta tính cho bản ghép chịu.
- Đường hàn đối đầu nối cánh và bụng dầm
- Đường hàn góc nối cánh và bản nối
- Có thể nối dầm ở vị trí có  $M \geq 0,85.M_{max}$
- Bản bụng chịu toàn bộ lực cắt Q
- Cách tính :  $M_{bg} + M_{hdd} = M$
- Trong đó :
  - $M_{hdd}$  : phần momen do các đường hàn đối đầu nối cánh chịu



Hình 3.6.3 Dùng đường hàn hỗn hợp

- $M_{bn}$  : phần momen uốn bản nối cánh dầm chịu

Khả năng chịu lực của đường hàn đối đầu :

$$M_{hdd} = W_h \cdot R_k^h$$

Phần mômen còn lại cho bản ghép chịu :

$$M_{bg} = M - M_{hdd}$$

Bản ghép đặt trên 2 bản cánh dầm và khi liên kết dùng đường hàn góc nên, phân tích  $N_c$  thành ngẫu lực :

$$N_c = \frac{M_{bg}}{h_0} \Rightarrow \sum l_h \geq \frac{N_c}{0,7 \cdot h_h \cdot R_h^g}$$

Có  $\sum l_h$  ta suy ra được diện tích bản ghép.

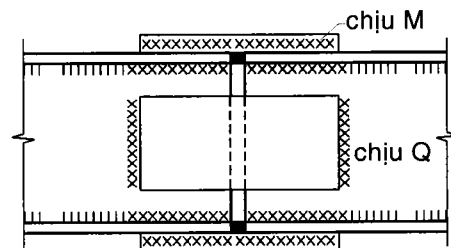
#### **b.4. Chỉ dùng bản ốp :**

- Lực hoàn toàn do các bản ốp chịu.
- Momen ở tiết diện nối do các đường hàn liên kết bản nối với cánh dầm chịu
- Lực cắt do các đường hàn góc liên kết bản nối với bụng dầm chịu
- Điều kiện tối thiểu :  $\sum F_{bg} \geq F_{cb}$
- Kích thước bản nối bụng :

+ Chiều rộng : 100 ÷ 180mm

+ Chiều dày :  $\delta_{bn} \approx \delta_b$

+ Chiều cao :  $h_{bn} = h_b - 100\text{mm}$  ( 100mm : phần lượn cong giáp cánh dầm )



Hình 3.6.4 Chỉ dùng bản ốp

#### **b.5. Nối dầm tổ hợp dùng liên kết bulông :** Xem sách giáo khoa

### 3.6.2. GỐI DẦM

Gối dầm lên dầm :

- Gối chống (liên kết khớp)
- Gối cạnh (liên kết khớp hoặc cứng)

Gối dầm lên cột :

- **Cột bê tông** : liên kết khớp (đọc sách)
- **Cột thép** :
  - + Gối chống : liên kết khớp
  - + Gối cạnh : liên kết khớp hoặc liên kết ngàm ( ít )

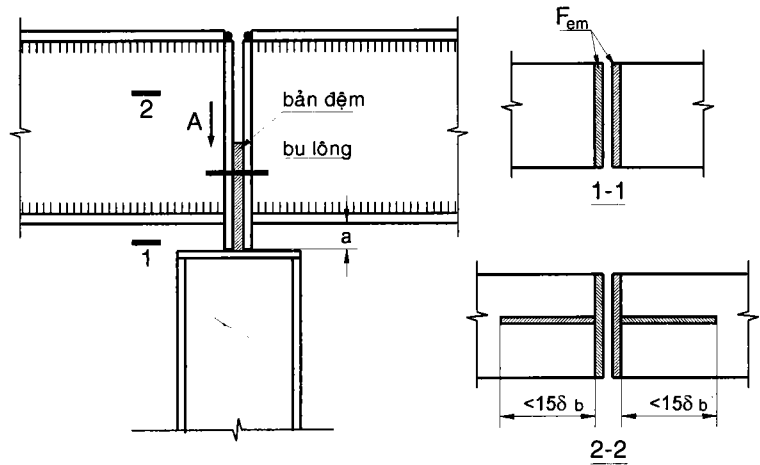
### a. GỐI DẦM LÊN CỘT THÉP

#### **a.1. Gối chống**

**Cấu tạo** : có 2 cách đặt :

- **Đặt 2 sườn cứng đầu dầm lên trục cột :**

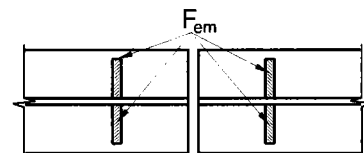
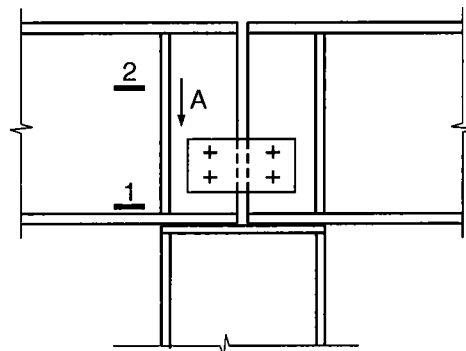
- Làm 2 sườn đầu dầm bắt luôn đầu dầm
- 2 sườn đặt trên mũ cột, nối với nhau bằng bulông
- Bản đệm giữa 2 sườn đặt lùi về phía dưới để bảo đảm tính chất khớp
- Đầu dưới sườn cần bảo nhẵn và nhô khỏi cánh dưới dầm 1 đoạn  $a \leq 1,5 \delta_s$  ( thường  $a = 10 \div 20$  mm )
- Dù hoạt tải 2 bên lệch nhau nhưng vẫn đảm bảo truyền lực nén đúng tâm (phản lực truyền đúng trọng tâm gối tựa )



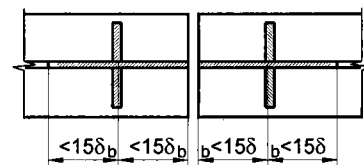
Hình 3.6.5 Gối chống dầm lên cột thép dùng sườn đầu dầm

• **Không cần sườn đầu dầm :**

- 2 cánh dầm trực tiếp tì lên mũ cột
- 2 sườn đầu dầm đặt lùi vào trong và thẳng đứng với cánh cột
- Nối 2 dầm bằng bản ốp ở khoảng giữa 1/3 chiều cao dầm ( không được nối chúng trên suốt chiều cao ) và nối bằng bulông
- Nếu hoạt tải 2 bên lệch  $\rightarrow$  Nén lệch tâm
- Đầu dưới sườn cần bảo nhẵn và cho sát cánh dưới dầm



1-1



2-2

Hình 3.6.6 Gối chống dầm lên cột thép không dùng sườn đầu dầm

**Kiểm tra :**

**Điều kiện ép mặt :**

- Xem phản lực có làm phá hoại ép mặt ở đầu dưới của sườn không
- Kiểm tra theo tiết diện 1-1 :
  - o Trường hợp 1 : Tiết diện 2 sườn đầu dầm tì lên
  - o Trường hợp 2 : Tiết diện sát cánh dầm, sát chân sườn đầu dầm

- o Công thức :

$$\sigma_{em} = \frac{A}{F_{em}} \leq R_{em}$$

- Trong đó :

- + A : phản lực gối tựa của sườn truyền lên cột
- +  $F_{em}$  : diện tích ép mặt tính theo tiết diện 1-1 trên hình vẽ
- +  $R_{em}$  : cường độ tính toán chịu ép mặt ti đầu ( $R_{em} = 3200 \text{ kg/cm}^2$ )
- + Chiều rộng sườn :  $b_s \geq 0.5 \cdot \delta_s \cdot \sqrt{\frac{E}{R}}$  ( theo dk ổn định cục bộ)
- + Chiều dày sườn :  $\delta_s \geq \delta_b$

**Điều kiện ổn định :**

- Kiểm tra tiết diện 2 - 2
- Xét đến ổn định ở ngoài mặt phẳng dầm của phần dầm ở gối tựa như 1 thanh qui ước gồm tiết diện sườn gối và 1 phần bản bụng dầm ở mỗi phía sườn gối ( $\leq 15 \delta_b$ )

$$\sigma = \frac{A}{\varphi \cdot F} \leq R$$

- Trong đó :

- + A : phản lực gối dầm
- + F : diện tích thanh nén ( diện tích gạch chéo )
- +  $\varphi$  : hệ số uốn dọc

$$\lambda_z = \frac{l_o}{r_z}; \Rightarrow r_z = \sqrt{\frac{J_z}{F}}$$

- Với :

- + 2 đầu thanh được liên kết khớp và chịu lực nén đúng tâm là phản lực gối dầm
- +  $l_o$  : chiều dài tính toán của thanh nén lấy bằng chiều cao bản bụng dầm ( $l_o = h_b$ )
- +  $r_z$  : bán kính quán tính của TD theo phương z
- +  $J_z$  : mmqt của TD theo trục z ( chỉ cần tính cho phần sườn )
- Từ  $\lambda_z \rightarrow$  tra bảng II.1 , xác định  $\varphi$
- Nếu kiểm tra không đạt  $\rightarrow$  tăng tiết diện sườn :
  - + tăng  $\delta_s$
  - + tăng  $b_s$  ( J tăng nhiều)

**a.2. Gối cạnh : (liên kết cứng)**

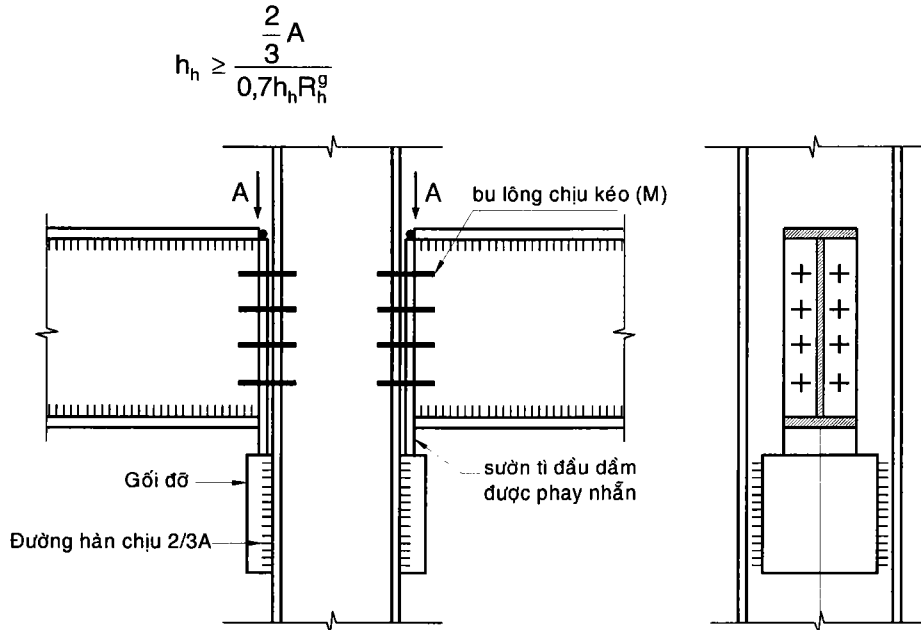
Thường dùng trong cột khung nhà nhiều tầng, có 2 cách liên kết

**Cách 1 :**

- Đầu dầm có sườn ốp vào dầm
- Liên kết cánh cột và sườn đầu dầm : liên kết bulông, bu lông được tính chịu M đầu dầm  $\rightarrow$  chịu kéo.



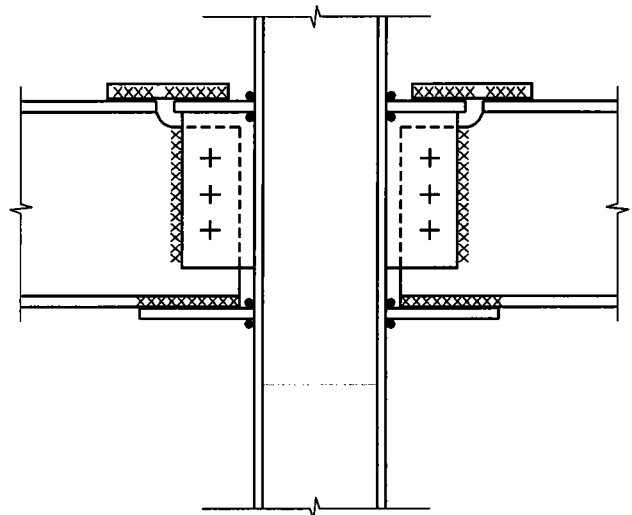
- Gối tựa bằng thép bản có chiều dày dày hơn sườn đầu dầm, đầu sườn được bào nhẵn để truyền lực ép mặt
- Giả sử phản lực truyền lên 1 bên dầm là A thì thường chiều cao đường hàn một bên liên kết bản gối đỡ vào cánh cột được tính với  $2/3A$  (kể đến trường hợp đặt không đúng tâm theo kinh nghiệm) → khi đó chiều cao gối đỡ được chọn trên điều kiện này.



Hình 3.6.7 Liên kết cạnh dầm vào cột (cách 1)

**Cách 2 :**

- Bản cánh dưới nối với bản hàn từ cột ra bằng đường hàn lắp ráp
- Bản cánh trên nối bản hàn từ cột ra thông qua bản ốp
- Có bulông lắp ráp giữa bản bụng và cột (sau này để luôn các bulông này, không phải tháo ra)
- Gồm 2 thành phần nội lực :
  - + A do liên kết với bụng dầm chịu
  - + M tính vào đường hàn nối cánh : phân M thành ngẫu lực (  $N = M/h$  )

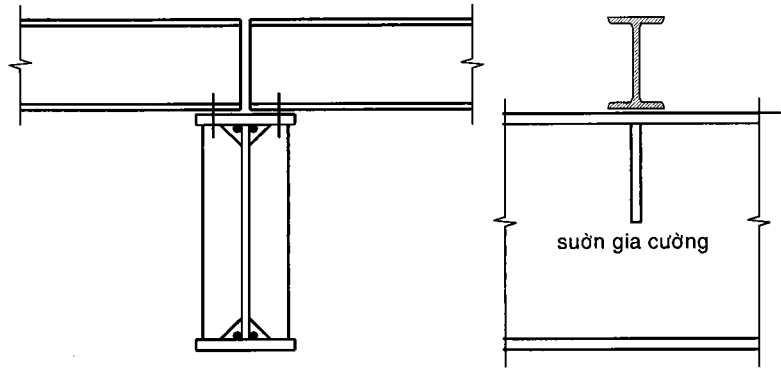


Hình 3.6.8 Liên kết cạnh dầm vào cột (cách 2)

**b. GỐI DẦM PHỤ LÊN DẦM CHÍNH**

**b.1. Gối chống (liên kết khớp)**

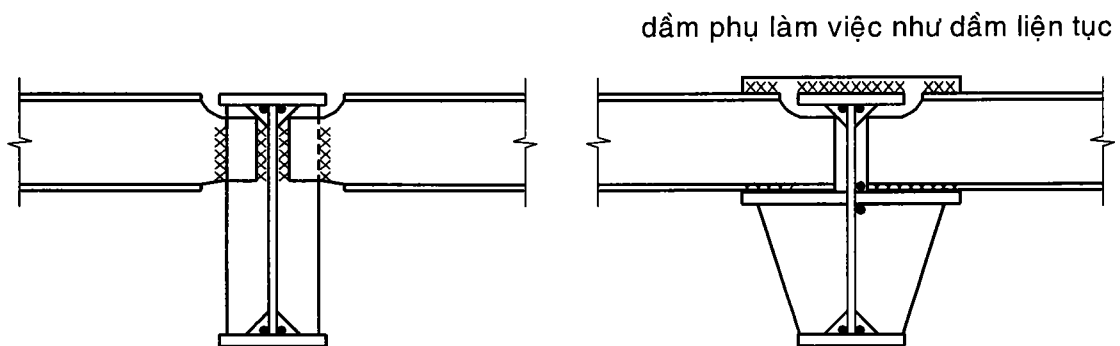
- Không tính toán , chỉ vẽ cấu tạo
- Dùng khi chiều cao kết cấu sàn không lớn (  $\leq 1,3m$  )
- Liên kết đơn giản , có tác dụng giữ dầm không bị mất vị trí, không chịu lực :



Hình 3.6.9 Liên kết chống dầm phụ lên dầm chính

- + Bằng bulông : giảm yếu tiết diện dầm chính
- + Bằng đường hàn
- Cần bố trí sườn của dầm chính ngay dưới vị trí gối dầm phụ

**b.2. Gối cạnh : liên kết bằng mặt hoặc liên kết thấp**



Hình 3.8.10 Liên kết cạnh dầm phụ lên dầm chính

- Dùng khi chiều cao kết cấu sàn lớn (  $> 1,0 m$  )
- Làm cho dầm phụ và dầm chính bằng mặt
- Chỉ nên sử dụng 1 loại liên kết (nếu sử dụng 2 loại: hàn chặt  $\rightarrow$  bu lông không làm việc)
- Trường hợp dầm phụ đặt đặt cách xa nhau nên đặt sườn đỡ bên dưới chỗ gối dầm

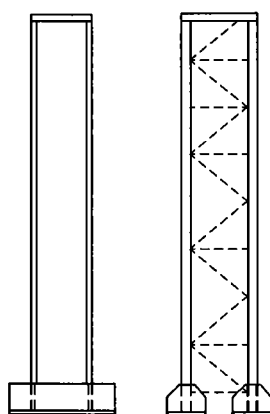
## CHƯƠNG 4

# CỘT CHỊU NÉN ĐÚNG TÂM

### 4.1. KHÁI NIỆM CHUNG:

#### 4.1.1. Đặc điểm chung:

- Cột là kết cấu thẳng đứng đỡ các kết cấu khác như dầm, sàn và truyền tải trọng xuống móng. Cột có 3 bộ phận chính :
  - o **Đầu cột** : đỡ KC bên trên, phân phối tải trọng cho TD thân cột
  - o **Thân cột** : chịu lực chính, có nhiệm vụ tiếp nhận tải trọng và truyền xuống chân cột.
  - o **Chân cột** : liên kết cột vào móng, phân phối tải trọng từ cột xuống móng.
- Khi cấu tạo cột phải đảm bảo 2 yêu cầu :
  - o Dễ liên kết giữa các bộ phận với nhau và dễ liên kết với các kết cấu khác
  - o Dễ chống gỉ sét ( dễ sơn chống gỉ, ít đọng bụi, ẩm, ... )



Hình 4.1 Sơ đồ cột

#### 4.1.2. Phân loại cột :

- **Theo phạm vi sử dụng** : cột nhà công nghiệp, cột sàn công tác, cột nhà khung nhiều tầng, ...
- **Theo cấu tạo** : cột đặc, cột rỗng, cột bậc, cột TD không đổi, ...
- **Theo sơ đồ chịu lực** : cột nén đúng tâm, cột nén lệch tâm, cột nén uốn, ..

#### 4.1.3. Sơ đồ tính và chiều dài tính toán:

##### a. Sơ đồ tính:

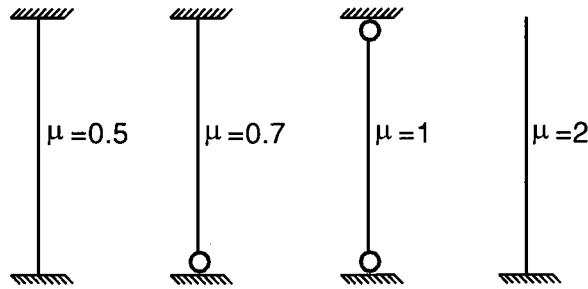
- Chân cột :
  - o Khớp cố định : thường dùng cho cột nén đúng tâm hoặc cột nén lệch tâm, nén uốn không có M ở chân cột. Khi đó đầu mút chân cột được thay thế chỉ có bản đế hay chân cột gồm sườn đế và sườn ngăn dùng 2 bu lông neo.
  - o Ngàm : cột nén lệch tâm, nén uốn và cả cột nén đúng tâm để tăng độ ổn định cho cột. Khi đó chân cột gồm có dầm đế, sườn đế, với số bulông liên kết không ít hơn 4.
- Đầu cột :
  - o Liên kết khớp : khi dầm kê lên đầu cột hoặc liên kết kê vào cạnh cột,
  - o Liên kết cứng không cho xoay: cột hệ khung với số nhịp nhỏ hơn hoặc bằng 2.

Liên kết ngàm cứng : nếu cột hệ khung với số nhịp lớn hơn 2.

b. Chiều dài tính toán:  $l_0 = \mu.l$

Trong đó :

- $l$  : chiều dài hình học của cột
- $\mu$  : hệ số chiều dài tính toán, phụ thuộc đặc điểm của tải trọng nén, sơ đồ liên kết đầu cột và chân cột. Lấy theo điều 5.2 của TCVN 338.



Hình 4.2 Sơ đồ tính cột

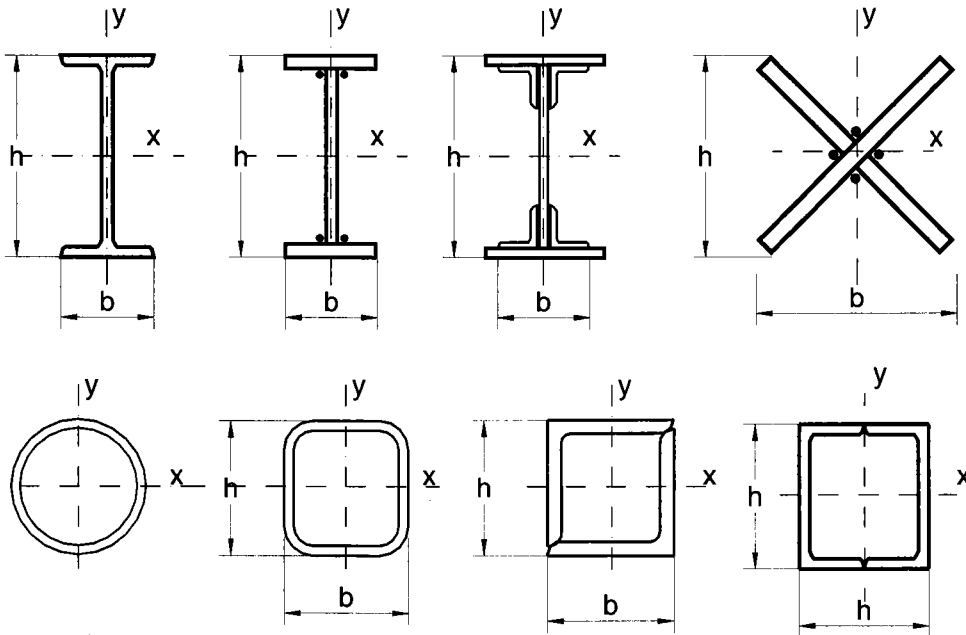
- Cần xác định chiều dài tính toán theo 2 phương :  $l_x, l_y$
- Độ mảnh của cột theo 2 phương :  $\lambda_x = \frac{l_x}{r_x}$  ;  $\lambda_y = \frac{l_y}{r_y}$
- Cố gắng để cột đồng ổn định theo 2 phương :  $\lambda_x = \lambda_y$
- Để cột làm việc bình thường :  $\lambda_{max} \leq [\lambda]$  ;  $[\lambda]$  : độ mảnh cho giới hạn lấy theo điều 5.5.5.1, bảng 25, TCVN 338

VD :  $[\lambda] = 120$  : cột chịu lực chính, thanh nén chính, ... ;  $[\lambda] = 150$  : với cột, thanh phụ, ... Ví dụ : cột sườn tường, thanh đứng trong cửa sắt, 1 số thanh nén trong dàn, ...

## 4.2. CỘT ĐẶC CHỊU NÉN ĐÚNG TÂM:

### 4.2.1. CÁC DẠNG TIẾT DIỆN

Là cột có tiết diện liên tục, có dạng hở hoặc kín. Có 3 dạng tiết diện chính :



Hình 4.3 Các dạng tiết diện cột đặc

**a. Tiết diện chữ I:**

- **Ưu điểm :**

- o Dễ liên kết với các kết cấu khác
- o Dễ đáp ứng các yêu cầu về kiến trúc
- o Hình thức đơn giản , dễ chế tạo
- o Là dạng tiết diện thông dụng

**Dạng a :** Độ cứng theo 2 phương khác nhau nhiều ( $r_x \gg r_y$ ) nên chỉ dùng hợp lý khi cột có  $I_x \gg I_y$  để có thể thỏa mãn :  $\lambda_x = \lambda_y$ ;

**Dạng b :** Là dạng thông dụng nhất. Gồm 3 bản thép được dùng liên kết hàn. Dùng khi tải trọng lớn, độ ổn định gần bằng nhau theo 2 phương.

**Dạng c :** Dùng khi kết cấu chịu tải trọng nặng hoặc chấn động

**b. Tiết diện chữ thập**

- **Ưu điểm :**

- o Có cấu tạo đơn giản;
- o Có  $r_x = r_y$  nên độ ổn định theo 2 phương là như nhau → Sử dụng hợp lý khi  $I_x = I_y$

- **Nhược điểm :**

- o Khó liên kết với các kết cấu khác
- o Khó đáp ứng các yêu cầu về kiến trúc nên ít dùng

**Dạng d :** dùng khi tải trọng không lớn

**Dạng e :** dùng khi cột nặng

**c. Tiết diện hình ống**

- **Ưu điểm :**

Vật liệu ở xa trục trung hòa , có **bkqt** lớn hơn tiết diện hở cùng diện tích nên chịu lực tốt hơn và tiết kiệm vật liệu hơn

- o Cùng 1 diện tích tiết diện, tiết diện hình ống lợi nhất ( về trọng lượng và KNCL ) nên được dùng tương đối nhiều
- o Hình thức gọn, đẹp

- **Nhược điểm :**

- o Khó liên kết với các kết cấu khác
- o Không sơn được mặt bên trong nên mặt này dễ bị gỉ

- **Khắc phục :**

- o Đường hàn nối các tiết diện phải hoàn toàn kín
- o Khi chế tạo : phải cạo kỹ mặt trong , sơn và hàn kín bịt đầu để không khí không lọt vào , tránh hiện tượng oxi hóa
- o Không để các kẽ hở xuyên từ ngoài vào trong

**Dạng g :** từ thép ống , lợi hơn cả vì độ ổn định theo mọi phương như nhau

**Dạng h :** tạo thành từ 2 thép U, khi tải trọng lớn có thể tăng cường thêm bằng thép bản

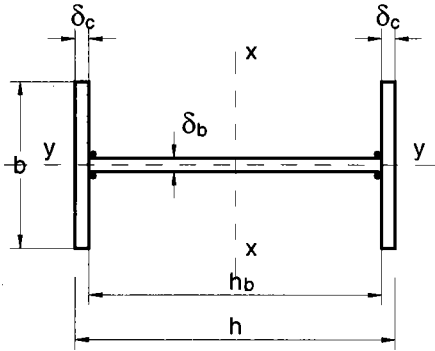
**Dạng i :** tạo thành từ 2 thép góc

**Dạng k :** từ thép bản dẹt , có trọng lượng nhẹ , dùng với tải trọng nhỏ

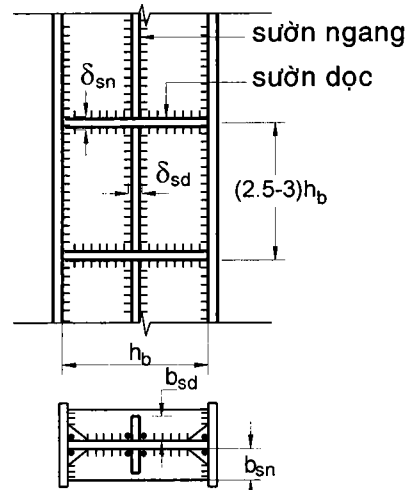
**4.2.2. TÍNH TOÁN VÀ CẤU TẠO TIẾT DIỆN**

**a. Cấu tạo tiết diện theo điều kiện ổn định cục bộ:**

- Chiều dày cánh và bụng thường có giá trị :
  - o  $\delta_c = (8 - 40) \text{ mm}$
  - o  $\delta_b = (6 - 16) \text{ mm}$



Hình 4.4 Cấu tạo tiết diện cột đặc



Hình 4.5 Ổn định cục bộ TD4

- Thường khi chọn tiết diện, ta lấy chiều dày bé đi, chiều rộng tăng lên để tăng sự ổn định nhưng phải bảo đảm điều kiện ổn định cục bộ.
- Tính toán ổn định của bản mỏng chữ nhật → Rút ra các điều kiện ổn định cục bộ:

Bản cánh:  $\frac{b_o}{\delta_c} \leq \left[ \frac{b_o}{\delta_c} \right]; \left[ \frac{b_o}{\delta_c} \right]$  lấy theo điều 5.6.3 của TCVN 338;

Bảng  $\left[ \frac{b_o}{\delta_c} \right]$  Với Thép CT3, CT4 (HTL)

$\lambda$	25	50	75	100	125
$\left[ \frac{b_o}{\delta_c} \right]$	14	15	16,5	18	20

- o **Bản bụng** :  $\frac{h_b}{\delta_b} \leq \left[ \frac{h_b}{\delta_b} \right]; \left[ \frac{h_b}{\delta_b} \right]$  lấy theo 5.6.2.1 của TCVN 338; Đối với thép

CT3, cột tiết diện đặc chữ I :  $\frac{h_b}{\delta_b} \leq 40 \sqrt{\frac{2100}{R}} + 0,2\lambda$  ;  $\frac{h_b}{\delta_b} \leq 75$  (\*) ;

- Nếu  $\left[ \frac{h_b}{\delta_b} \right] \geq 70$ : phải đặt các sườn ngang với khoảng cách  $(2,5 - 3)h_b$  (theo cấu tạo)
- Nếu không đảm bảo điều kiện ổn định cục bộ theo công thức (\*) : Tăng tiết diện thường tăng  $\delta_b$  ; Nếu không tăng TD, thường cấu tạo thêm sườn dọc đặt vào giữa bụng cột và dọc theo thân cột, lọt trong lòng sườn ngang. Khi đặt sườn dọc, để tính toán theo điều kiện ổn định , thay  $h_o$  bằng  $h_o' = h_o / 2$

- Khi  $\frac{h_o}{\delta_b} < 70$ : về nguyên tắc không cần đặt sườn ngang nhưng vẫn đặt tối thiểu là 2 sườn ngang (nhằm tăng độ cứng chống xoắn của cột khi vận chuyển)

▪ **Cấu tạo :**

**Sườn ngang :**  $b_{sn} \geq \frac{h_o}{30} (\text{mm}) + 40\text{mm}; \delta_{sn} \geq \frac{1}{15} b_{sn}$

**Sườn dọc :**  $b_{sd} \geq 10\delta_b; \delta_{sd} \geq \frac{3}{4} \delta_b;$

Các đường hàn chủ yếu chọn cấu tạo ;  $h_h \geq 0.5\delta; h_{hmin}=4\text{mm};$

**b. Chọn tiết diện cột:**

• **Xác định :**

- + Lực nén tính toán N
- + Chiều dài tính toán :  $l_x, l_y$
- + Dạng tiết diện ( Ví dụ : dạng I )
- + Loại thép ( Ví dụ : CT3 )

• **Sơ bộ :**  $F_{yc} = \frac{N}{\varphi.R}$

- **Giả thiết  $\lambda$  :**  $\lambda_{gt} = 50 - 100$  ( khi  $N \approx 200 - 300 \text{ T}, l \approx 5 - 6 \text{ m}$  )  
( Cột nặng hơn  $\rightarrow$  lấy  $\lambda_{gt}$  bé )

- Từ  $\lambda \rightarrow$  Tra  $\varphi \rightarrow F_{yc}$

**Sơ bộ xác định kích thước chính của tiết diện : h , b**

$$h_{yc} = \frac{r_{yc,x}}{\alpha_x}; b_{yc} = \frac{r_{yc,y}}{\alpha_y}; r_{yc,x} = \frac{l_x}{\lambda_{gt}}; r_{yc,y} = \frac{l_y}{\lambda_{gt}}; (\lambda_x = \lambda_y = \lambda_{gt})$$

$\alpha_x, \alpha_y$  : hệ số xác định BKQT tương ứng gần đúng cho trong bảng sau

Bảng 4.1. Bảng xác định BKQT tương ứng với trục x và y để sơ bộ chọn TD

Dạng tiết diện					
$r_x = \alpha_x h$	0.21h	0.38h	0.43h	0.38h	0.43h
$r_y = \alpha_y b$	0.20b	0.44b	0.43b	0.60b	0.24b

Không được dùng bảng trên để tính chính xác , chỉ để tính sơ bộ

- Từ  $F_{yc}, h_{yc}, b_{yc} \rightarrow$  Chọn được TD cụ thể ( b , h ,  $\delta_b, \delta_c$  )

• **Tính chính xác các đặc trưng hình học**

$J_x \rightarrow r_x \rightarrow \lambda_x$

$J_y \rightarrow r_y \rightarrow \lambda_y$

$\rightarrow \lambda_{max} < [\lambda] \rightarrow \varphi$

- **Kiểm tra**:  $\sigma = \frac{N}{\varphi \cdot F} \leq R$

- **Lưu ý**:

- Trong trường hợp cột có lực tính toán bé, ta không chọn TD theo điều kiện ứng suất (vì cột sẽ quá mảnh  $\lambda > [\lambda]$ ) → Chọn theo điều kiện độ mảnh cho phép như

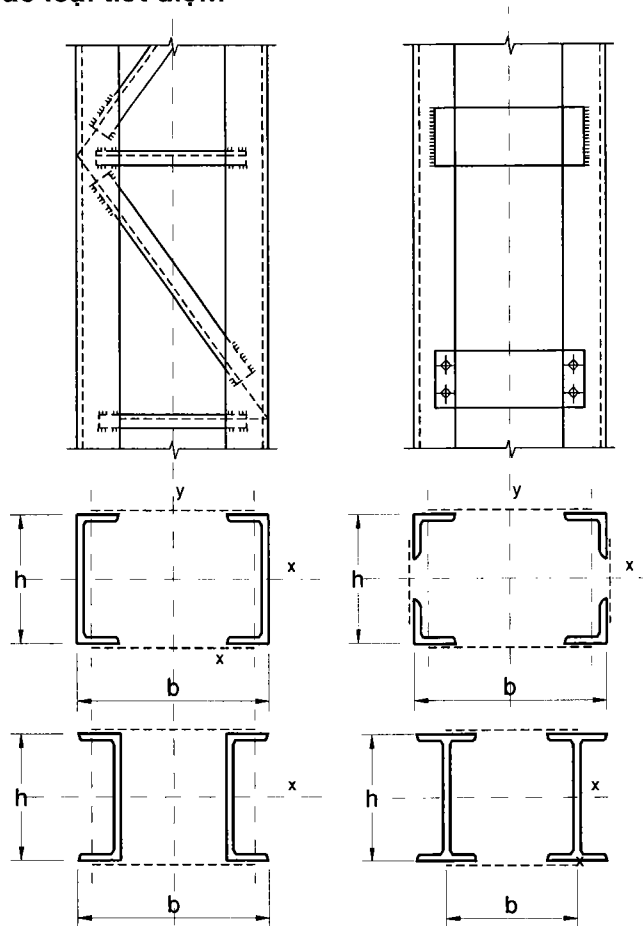
sau:  $r_{yc} = \frac{l_0}{[\lambda]}$ ; Sơ bộ chọn:  $b_{yc} = \frac{r_{yc}}{\alpha_y}$ ;  $h_{yc} = \frac{r_{yc}}{\alpha_x}$

- Theo điều kiện ổn định cục bộ chọn kích thước cụ thể. Kiểm tra như trên
- Đối với cột đặc tiết diện I có chiều dài tính toán theo 2 phương như nhau, để độ ổn định theo 2 phương là như nhau thì  $b \approx 2h$  → Cột quá sâu, khó hàn, việc liên kết với các kết cấu khác không thuận lợi. Vì vậy, thường chọn tiết diện có:  $h = (1 \sim 1,05)b$ . Với tiết diện đó, để sự ổn định theo 2 phương như nhau ( $\lambda_y = \lambda_x$ ) thì  $l_y < l_x$  (bằng cách bố trí hệ giằng theo phương y để giảm chiều dài tính toán theo phương y)

### 4.3. CỘT RỖNG CHỊU NÉN ĐÚNG TÂM

#### 4.3.1. CẤU TẠO CỘT RỖNG - CÁC DẠNG TIẾT DIỆN

a. Cấu tạo cột – các loại tiết diện:



Hình 4.6 Cấu tạo tiết diện cột rỗng

- Cột rỗng là cột gồm các nhánh thép hình đặt cách xa nhau rồi nối lại với nhau bằng các thanh giằng (thanh nối), bản giằng (bản nối)



- Khoảng cách giữa các nhánh thường được tính theo điều kiện ổn định. Các nhánh thường bằng thép hình I, C, thép góc. Khe hở giữa các nhánh  $\geq 100 - 150\text{mm}$ : để dễ sơn mặt trong cột.
- Cột rỗng thanh giằng có độ cứng lớn hơn và khả năng chống xoắn tốt hơn cột rỗng bản giằng. Dùng cột rỗng bản giằng khi  $b \leq 0,8 - 1\text{m}$ . Khi  $b$  lớn hơn dùng cột rỗng thanh giằng.
- Cột rỗng bản giằng : chế tạo đơn giản , gọn đẹp hơn cột thanh giằng.
- Để chống xoắn và giữ tiết diện cột không bị thay đổi , dọc theo chiều dài cột đặt các vách cứng cách nhau 3 – 4m
- **Loại a** : Được dùng phổ biến nhất , thường cho cột nén đúng tâm có  $N \approx 350\text{ T}$ . Thường dùng với liên kết hàn. Có lợi về phương diện ổn định vì các nhánh được quay vào trong , vật liệu xa trục trung hòa (  $b$  lớn ).
- **Loại b** : Dùng cho liên kết đinh tán , bulông vì cánh của nhánh quay ra phía ngoài  $\rightarrow$  dễ lk đinh tán , bulông. Không lợi về ổn định ( vì  $b$  nhỏ  $\rightarrow$  vật liệu gần TTH )
- **Loại c** : 2 nhánh là 2 thép I. Dùng cho cột chịu tải trọng lớn :  $N \rightarrow 600\text{T}$

**Loại d** : Dùng khi yêu cầu về ổn định lớn nhưng diện tích của tiết diện nhỏ. Thường cột có tải trọng nhỏ , chiều dài lớn

**b. Đặc điểm:**

- **Trục :**

- **Trục ( x-x )** : trục cắt qua 2 nhánh cột  $\rightarrow$  trục thực.
- **Trục ( y-y )** : trục nằm ở phần rỗng giữa 2 nhánh  $\rightarrow$  trục ảo. Sự làm việc của 2 trục này là hoàn toàn khác nhau

- **Thanh giằng – Bản giằng** : Để 2 nhánh cùng làm việc, liên kết 2 nhánh bằng các thanh giằng và bản giằng

- **Cột thanh giằng** : thường là thép góc bố trí theo sơ đồ tam giác. Dùng khi chiều rộng cột  $b > 80\text{ cm}$ . Thanh giằng ngang : có thể có hoặc không  $\rightarrow$  giảm chiều dài tính toán, không chịu lực, TD lấy theo TD thanh xiên, không tính toán. Thanh giằng xiên ( thường có góc giữa trục nhánh và thanh giằng là  $\alpha = 45^\circ$  ) : tính cho chịu lực dọc trục  $N$ . Để liên kết hệ thanh giằng vào nhánh không cần bản mã , cho phép trục thanh giằng hội tụ ở mép ngoài của nhánh. Có thể dùng đường hàn mép hoặc dùng tối thiểu 1 bu lông ( vì xem là liên kết khớp )
- **Cột bản giằng** : liên kết với nhánh cột bằng hàn , bulông , đinh tán. Dùng khi chiều rộng cột  $b < 80\text{ cm}$ . Bản giằng được tính chịu uốn và cắt. Nếu dùng đường hàn : chỉ dùng đường hàn đầu. Nếu dùng đinh tán, bulông: tối thiểu mỗi bản giằng liên kết 2 đinh tán hoặc 2 bulông  $\rightarrow$  đảm bảo truyền được  $M$

**c. Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng**

**Ưu điểm** : Bằng cách thay đổi khoảng cách của 2 nhánh :

- + Tiết kiệm vật liệu
- + Tăng độ cứng
- + Tăng độ ổn định
- + Tăng khả năng chịu lực
- + Có thể cấu tạo cột có khả năng làm việc theo 2 phương như nhau

**Nhược điểm** :

Tốn công chế tạo ( vì có nhiều chi tiết )

**Chú ý** :

Nếu tải trọng quá bé hoặc tải trọng quá lớn mà chiều dài không lớn :

$\left. \begin{array}{l} N \text{ nhỏ} \\ N \text{ lớn, } l \text{ nhỏ} \end{array} \right\} \rightarrow \text{sự tính toán theo ổn định không lợi}$

→ Dùng cột đặc lợi hơn vì dùng cột rỗng sự tiết kiệm vật liệu không bù lại công chế tạo

### 4.3.2. Sự làm việc của cột rỗng

#### a. Đối với trục thực x-x

- Khi cột bị uốn dọc quanh trục thực, trong các nhánh có nội lực uốn và cắt, còn trong các thanh giằng và bản giằng hầu như không xuất hiện nội lực và biến dạng, nghĩa là các thanh giằng và bản giằng không tham gia vào sự làm việc của cột đối với trục thực và **cột làm việc như cột đặc**

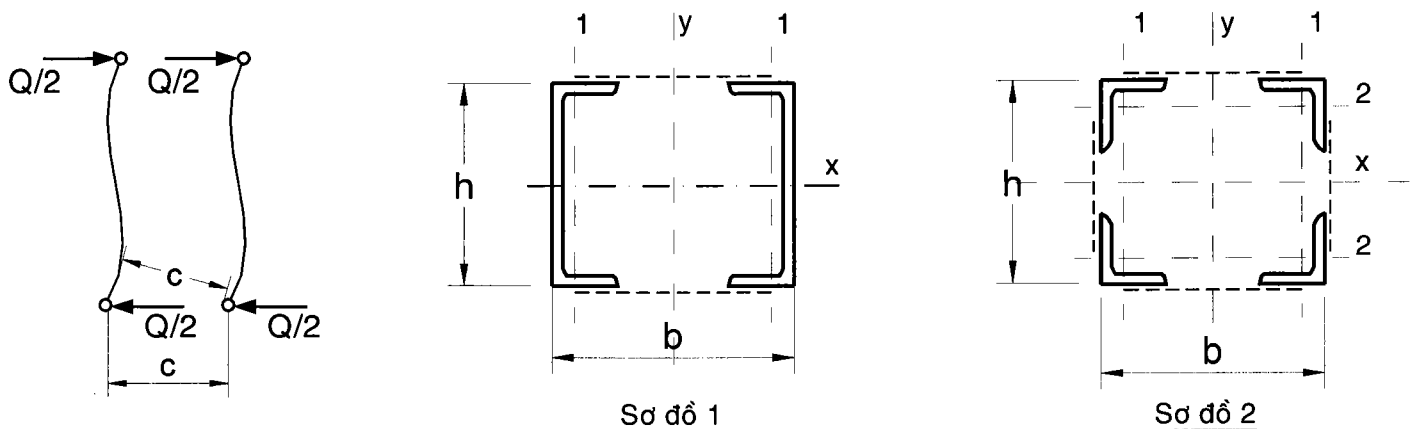
$$\lambda_x = \frac{l_x}{r_x} = \frac{l_x}{\sqrt{\frac{J_x}{F}}} = \frac{l_x}{\sqrt{\frac{2J_{x,\text{nhánh}}}{2F_{\text{nhánh}}}}} = \frac{l_x}{\sqrt{\frac{J_{x,\text{nhánh}}}{F_{\text{nhánh}}}}} = \frac{l_x}{r_{x,1\text{nhánh}}}$$

Vậy:  $\lambda_x = \lambda_{x,1\text{nhánh}}$  ( độ mảnh theo phương x của toàn bộ cột bằng độ mảnh theo phương x của 1 nhánh )

#### b. Đối với trục ảo y-y

- Độ mảnh của cột theo phương y-y khi bị uốn dọc với giả thiết hệ bụng rỗng không

biến dạng:  $J_y = 2(J_1 + a^2 \cdot F_{1\text{nhánh}}) \Rightarrow r_y = \sqrt{\frac{J_y}{F}} \Rightarrow \lambda_y = \frac{l_y}{r_y}$



- Tuy nhiên,  $\lambda_y$  này chưa phải độ mảnh tính toán theo phương y vì 2 nhánh không liên kết tuyệt đối cứng với nhau mà liên kết bằng các thanh giằng, bản giằng không liên tục và có biến dạng nên cột yếu hơn. Khi cột bị uốn dọc, phát sinh nội lực cắt làm các nhánh bị trượt. Các thanh giằng, bản giằng chống lại sự trượt giữa các nhánh → trong chúng xuất hiện nội lực và biến dạng. Với biến dạng của các thanh giằng và bản giằng, các nhánh bị dịch lại gần nhau hơn ( $c_t < c$ ) →  $J_y$  ( khi cột bị uốn dọc ) <  $J_y$  ( ban đầu ). Do đó, **khi tính toán theo phương y phải dùng  $\lambda_{td} > \lambda_y$**
- Theo tính toán ổn định của thanh nén có kể tới ảnh hưởng của lực cắt, người ta đã tính được công thức tính  $\lambda_{td}$

- **Đối với cột thanh giằng :**

$$\star \text{ Sơ đồ 1: } \lambda_{td} = \sqrt{\lambda_y^2 + k_1 \cdot \frac{F}{F_{xi}}};$$

$$\star \text{ Sơ đồ 2: } \lambda_{td} = \sqrt{\lambda_y^2 + F \cdot \left( \frac{k_1}{F_{x1}} + \frac{k_2}{F_{x2}} \right)};$$

Trong đó :

+  $\lambda_{td}$  : độ mảnh thực của cột rồng theo phương y khi bị uốn dọc

+  $\lambda_y$  : độ mảnh của cột theo phương y

+ F: diện tích tiết diện toàn cột;

+  $F_{xi}$  : diện tích tiết diện của các thanh giằng xiên trên mặt cắt TD vuông góc với các trục 1-1, 2-2; VD đối với sơ đồ 1,  $F_{xi} = DT$  2 thanh giằng xiên 2 bên cột; đối với cột thanh giằng dạng chữ thập,  $F_{xi} = 4 DT$  thanh giằng xiên;

+  $k_1 = k_2 = k$  :  $\alpha = 30^\circ \rightarrow$  lấy  $k = 45$

$\alpha = 40^\circ \rightarrow$  lấy  $k = 31$

$\alpha = 45^\circ - 60^\circ \rightarrow$  lấy  $k = 27$

• **Đối với cột bản giằng** :  $\lambda_{td} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2}$

$$\star \text{ Sơ đồ 1: } \lambda_{td} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2};$$

$$\star \text{ Sơ đồ 2: } \lambda_{td} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2 + \lambda_2^2};$$

Trong đó :

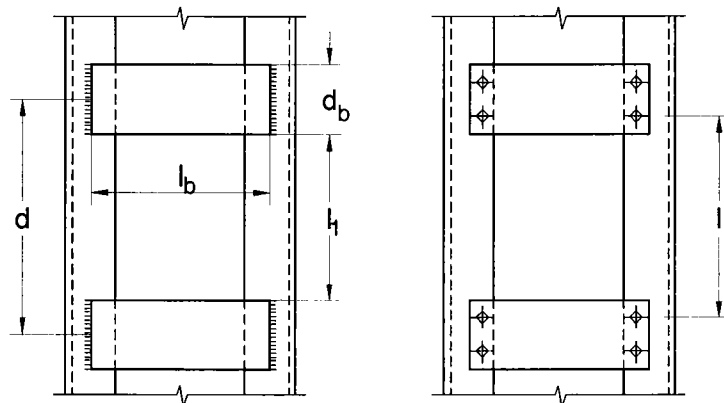
+  $\lambda_y$  : độ mảnh của cột theo phương y ( tính như trên )

+  $\lambda_1 ; \lambda_2$  : độ mảnh của 1 đoạn nhánh giữa 2 bản giằng theo

phương trục 1-1, 2-2 :  $\lambda_1 = \frac{l_{nh}}{r_1} = \frac{l_1}{r_1}$  và nhỏ hơn độ mảnh trục thực và nhỏ hơn 40

+  $r_1$  : bán kính quán tính của 1 nhánh đối với trục 1-1 ( song song trục y)

+  $l_1$  : chiều dài tự do của 1 đoạn nhánh được lấy như hình 4.7



Hình 4.7 Cấu tạo và tính toán bản giằng

### c. Sự làm việc của thanh giằng và bản giằng

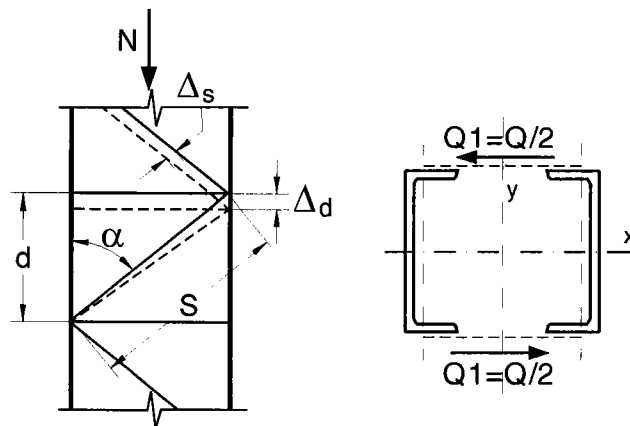
- Đối với thanh, cột chịu nén đúng tâm, hệ thanh bụng gồm thanh giằng và bản giằng chịu lực cắt Q sinh ra do thanh bị uốn dọc.

- Tính :  $F = \frac{N}{\varphi \cdot R}$
- Tính :  $r_{x,yc} = \frac{l_x}{\lambda_{gt}}$
- Tính :  $h_{yc} = \frac{r_x}{\alpha_x}$  ; ( $\alpha_x$  : tra bảng tùy dạng tiết diện)
- Có  $F, h_{yc} \rightarrow$  Chọn nhánh ( chưa cần biết khoảng cách  $b$  )
- Kiểm tra lại với thực thực : Tính được  $r_x$  ( thực )  $\rightarrow \lambda_x \rightarrow \varphi \rightarrow \sigma_{(x)} = \frac{N}{\varphi \cdot F} \leq R$  .
- **Trục ảo y-y**
  - Yêu cầu : Chọn khoảng cách  $b$  để độ ổn định của phương  $y$  và  $x$  là như nhau, nghĩa là :  $\lambda_{td} = \lambda_x$
  - Giả thiết  $\lambda_{td} = \lambda_x \rightarrow$  Tính được  $\lambda_y$
  - **Cột thanh giằng** : giả thiết  $F_{xi} \rightarrow \lambda_{y,yc} = \sqrt{\lambda_x^2 - k \cdot \frac{F_{nh}}{F_{xi}}}$  ( Sau đó tính lại thanh xiên , nếu không đạt  $\rightarrow$  tính lại )
  - **Cột bản giằng** : giả thiết  $\lambda_1 = 30 - 40 < \lambda_y \rightarrow \lambda_{y,yc} = \sqrt{\lambda_x^2 - \lambda_1^2}$
  - Tính :  $r_{y,yc} = \frac{l_y}{\lambda_{y,yc}} \rightarrow b_{yc} = \frac{r_{y,yc}}{\alpha_y}$  ;  $\alpha_y$  : tra bảng phụ thuộc dạng TD
  - Chọn  $b$  :  $b \approx b_{yc}$  ;  $b \geq b_{yc}$
  - Kiểm tra theo phương  $y$  ( kiểm tra với tiết diện thực). Kiểm tra :  $\lambda_{td} \approx \lambda_x$  ( chênh lệch  $\approx 1-2$  đơn vị là đạt )
  - Chuyển sang tính thanh giằng, bản giằng để có điều kiện thực để tiến hành kiểm tra

**b. Tính thanh giằng – bản giằng**

- **Tính thanh giằng** : ( Chọn trước thanh xiên  $F_{xi} \rightarrow$  Tính  $\rightarrow$  Kiểm tra )
  - Thanh giằng sẽ chịu ứng suất do 2 lực :
    - + Lực nén dọc thanh làm thanh nén bị biến dạng  $\rightarrow$  ngắn lại  $\rightarrow \sigma'_1$ .
    - + Lực cắt  $Q$  gây ra khi thanh bị uốn dọc  $\rightarrow \sigma'_2$

$\rightarrow \sigma_{xi} = \sigma'_1 + \sigma'_2$



- Tính ứng suất  $\sigma'_1$  trong TGX do lực nén dọc  $N$  tác dụng lên cột :

Gọi  $\sigma_d$  : ứng suất trong cột do lực dọc gây ra :  $\sigma_d = \frac{N}{F_{\text{toàn cột}}}$  ;

( N : lực nén dọc trên toàn cột )

Mỗi khoảng d sẽ có 1 biến dạng :  $\Delta d = \frac{\sigma_d \cdot d}{E}$  ( E : môđun đàn hồi )

( Vì theo định luật Hooke :  $\sigma_d = E \cdot \varepsilon = E \cdot \frac{\Delta d}{d}$  )

Tương tự , biến dạng  $\Delta s$  trong TGX là :  $\Delta s = \frac{\sigma'_1 \cdot s}{E} = \Delta d \cdot \cos \alpha = \frac{\sigma_d \cdot d}{E} \cdot \cos \alpha$

Ta lại có :  $s = \frac{d}{\cos \alpha}$

Suy ra :  $\sigma'_1 = \sigma_d \cdot \cos^2 \alpha$

- **Tính ứng suất  $\sigma'_2$  trong TGX do Q gây ra :**

Xác định được : Q = 20 F (thép CT3); thép khác lấy theo điều 5.3.2.5 TCVN338;

Lực cắt qui ước tác dụng trên 1 mặt rộng của cột :  $Q_1 = n \cdot Q$

+ Cột rộng 2 nhánh và 4 nhánh : n = 0,5

+ Cột 3 mặt rộng như nhau : n = 0,8

Chiếu tất cả lên phương x :  $\sum X = 0 \rightarrow N \cdot \sin \alpha - Q_1 = 0 \rightarrow N = \frac{Q_1}{\sin \alpha}$

N : lực dọc trong thanh xiên

Ứng suất trong TGX :  $\sigma'_2 = \frac{N}{F_{\text{xiên}}} = \frac{Q_1}{F_{\text{xiên}} \cdot \sin \alpha}$

- **Ứng suất tổng cộng :**

Công thức kiểm tra :  $\sigma_{xi} = \sigma'_1 + \sigma'_2 \leq m \cdot \varphi \cdot R$

Trong đó :

+ m : hệ số điều kiện làm việc ( thường TGX chỉ có 1 thanh nên : m = 0,75 )

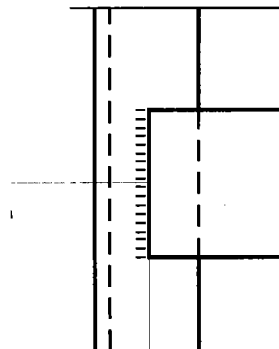
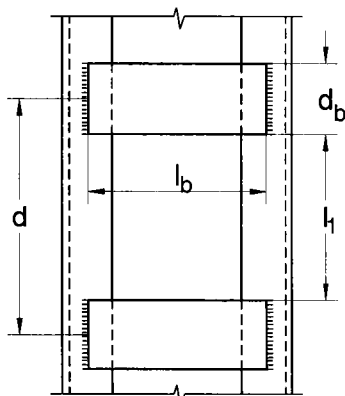
+  $\varphi$  : hệ số uốn dọc ( lấy theo  $\lambda_{\text{max}}$  trong TGX )  $\lambda_{\text{max}} = \frac{\text{cdtt của TGX}}{r_{\text{min, xiên}}} = \frac{s}{r_{\text{min, xiên}}}$

▪ **Tính bản giằng**

- Cột bản giằng được tính theo sơ đồ khung cứng nhiều tầng
- Khi uốn dọc  $\rightarrow$  gây lực cắt Q  $\rightarrow$  Cột bị biến dạng theo đường cong hình chữ S

Các kích thước cần thiết :

- + c : khoảng cách giữa 2 trục của nhánh
- + d : khoảng cách giữa 2 trục của bản giằng
- +  $l_b$  ,  $d_b$  ,  $\delta_b$  : các kích thước của bản giằng



- Vì đoạn **d** không đổi trong suốt chiều dài cột đồng thời tiết diện không đổi trong suốt chiều dài cột → Có thể coi điểm có  $M = 0$  là các điểm nằm giữa nhánh và bản giằng → Coi như khớp → Ta vẽ được khớp giả định trên sơ đồ cột
- Tách nhánh riêng và xét sự cân bằng :

- Điều kiện cân bằng momen:

$$M_A = 0 \rightarrow \frac{Q_1}{2} \cdot d = T \cdot \frac{c}{2} ; \rightarrow T = \frac{Q_1 \cdot d}{c}$$

- Lực cắt tác dụng lên bản giằng:  $T$

- Momen  $M$  gây ra cho bản giằng :  $M = T \frac{c}{2} = \frac{Q_1 \cdot d}{2}$

- Thông thường chọn kích thước bản giằng theo điều kiện cấu tạo :

$$\left\{ \begin{array}{l} \delta_b = 6 \div 12 \text{mm}; \quad \delta_b = \left( \frac{1}{10} \div \frac{1}{30} \right) d_b; \quad \delta_b \geq \frac{1}{50} l_b \\ d_b : \text{đủ để liên kết}; \quad d_b = (0,5 \div 0,8) b ; \quad b : \text{chiều rộng TD cột} \\ l_b < b; \quad l_b : \text{đủ trùm lên nhánh cột } 40 - 50 \text{mm (lk hàn)} \\ l_b : \text{đb yêu cầu của đỉnh tán (lk đỉnh tán)} \end{array} \right.$$

- Kiểm tra điều kiện bền và kiểm tra liên kết của bản giằng vào nhánh cột (với 2 nội lực  $T, M$ )

Kiểm tra điều kiện bền :  $\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M}{\frac{\delta_b \cdot d_b^2}{6}} \leq R$

Kiểm tra điều kiện liên kết bản vào nhánh cột :

- + Với liên kết hàn: Đường hàn liên kết bản vào nhánh cột (chỉ là đường hàn đầu), chịu: Lực cắt  $T$ ; Momen  $M$

$$\text{Ta có : } \sigma_h = \frac{M}{W_h} ; \quad \tau_h = \frac{T}{F_h} ; \quad \sigma = \sqrt{\sigma_h^2 + \tau_h^2} \leq R_g^h$$

trong đó :

- $W_h$  : momen kháng của đường hàn :  $W_h = \frac{0,7 \cdot h_h \cdot l_h^2}{6}$
- $F_h$  : diện tích tiết diện đường hàn :  $F_h = 0,7 \cdot h_h \cdot l_h$
- $l_h$  : chiều dài tính toán của đường hàn :  $l_h = d_b - 10 \text{mm}$

#### 4.4. CHÂN CỘT

##### 4.4.1. Cấu tạo chân cột

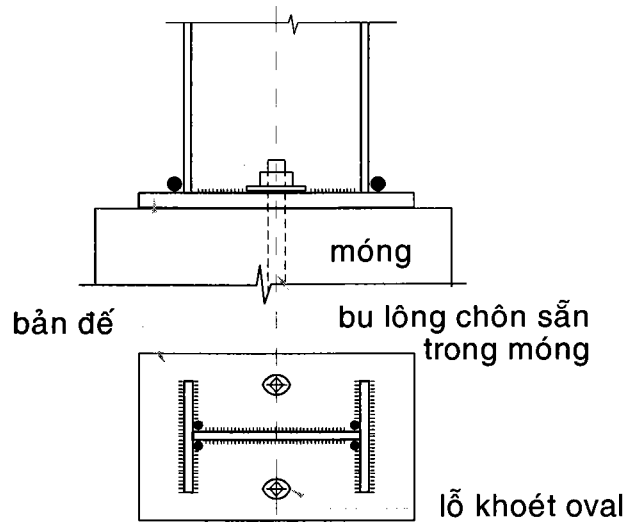
- Chân cột là bộ phận trực tiếp đặt lên móng và có nhiệm vụ truyền lực từ thân cột xuống móng
- Yêu cầu tính chân cột :
  - Truyền đều tải trọng từ cột lên móng
  - Phù hợp sơ đồ tính là ngàm hoặc khớp
  - Thuận tiện cho việc lắp dựng
- Chú ý :
  - Chân ngàm : dùng bulông để ngăn cản sự xoay của chân cột (  $\Phi$  lớn , chân bulông : neo uốn móc  $\geq 20d$  hoặc chẻ chân → tăng khả năng bám dính giữa BT và thép , an toàn cao )

- Dự kiến liên kết → Tính toán → Cấu tạo liên kết đúng ý thiết kế

Có 2 dạng chân cột :

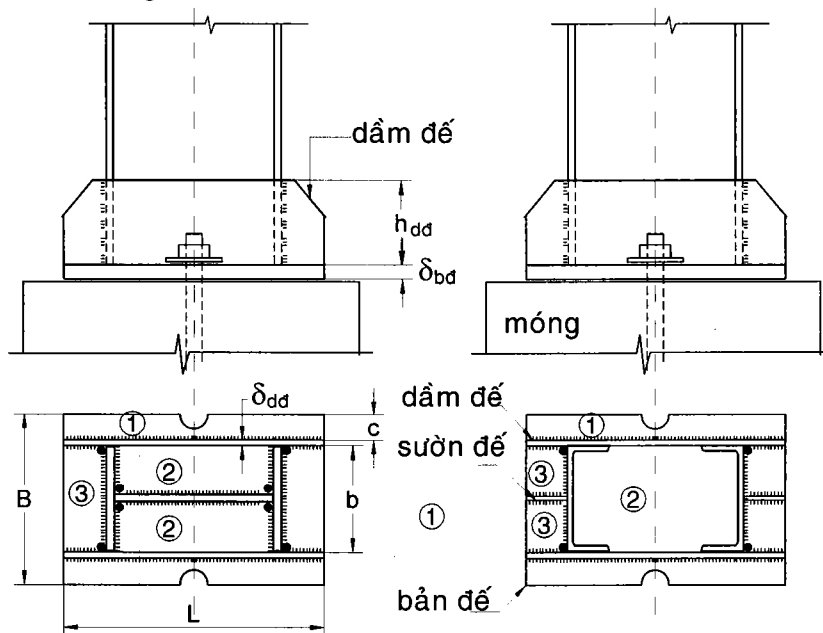
**a. Chân cột chỉ có bản đế**

- Dùng cho chân cột khớp với móng
- **Cách thi công** : Liên kết chỉ cần 2 bulông nằm trên trục cột . Chôn trước bulông trong móng bê tông → dễ dàng khi thi công nhưng khó lắp chính xác → phải khoét bản đế lỗ oval để lắp bulông. Muốn lắp được bu lông dễ dàng phải khoét rộng lỗ → Vì vậy phải lắp rondelle lên trên mặt bản đế đúng vị trí lỗ bị khoét ( $d_{\text{rondelle}} \approx d_{\text{b}}$ ). Hàn lắp ghép Rondelle vào bản đế → Rondelle trở thành tấm vá. Rondelle phải đủ che bản đế



Hình 4.8 Cấu tạo chân cột chỉ có bản đế

**b. Chân cột gồm bản đế – dầm đế và sườn đế**



Hình 4.9 Cấu tạo chân cột gồm : bản đế + sườn đế+ dầm đế

- Dùng cho chân cột khớp và ngàm với móng → dùng cho cột trung bình và nặng.

- Hệ thống sườn : chia bản đế thành những ô nhỏ → Sự truyền áp lực đều nhau , từng ô sẽ là những ô chịu uốn
- **Tác dụng của dầm đế và sườn :**
  - Phân phối tải trọng từ thân cột ra bản đế
  - Là gối đỡ cho bản đế chịu uốn do phản lực từ móng lên
  - Làm tăng độ cứng của bản đế cũng như toàn chân cột
  - Bản đế làm việc nhẹ nhàng hơn
  - Tải trọng phân bố lên móng đều
- Với cột nặng :**
  - Cho thân cột, dầm đế, sườn ti trực tiếp vào bản đế với các mặt tiếp xúc được gia công phay
  - Đường hàn liên kết bản đế với cột :
    - + Tính với lực cắt ở chân cột khi cột nén lệch tâm
    - + Tính với ( 0,15-0,2 ) N : với cột nén đúng tâm
- **Cách hàn :**
  - Đường hàn liên kết bản đế với cột hàn trước khi có dầm đế , sườn đế và hàn quanh chu vi thân cột
  - Sau đó hàn dầm đế : chỉ được hàn ở 2 đầu bên ngoài vì không luôn que hàn vào bên trong được , nhưng cũng không cần vì đã đủ chịu lực
  - Đường hàn giữa dầm đế , sườn đế và bản cánh cột : đường hàn đứng

#### 4.4.2. Tính toán chân cột chịu nén đúng tâm

##### a. Tính bản đế

- **Tính diện tích bản đế – Xác định kích thước B x L :**

F : được tính theo vật liệu làm móng, tức là tính theo khả năng chịu ép mặt cục bộ của bê tông làm móng:  $F \geq \frac{N}{R_{bt}}$

Trong đó :

- + N : lực nén tính toán trong cột
- +  $R_{bt}$  : cường độ tính toán chịu nén cục bộ của bê tông móng

$$R_{bt} = R_n \cdot \sqrt[3]{\frac{F_m}{F}} = R_n \cdot \Psi$$

- +  $F_m$  : diện tích mặt móng
- + F : diện tích bản đế ( đang tìm )
- +  $\Psi = \sqrt[3]{\frac{F_m}{F}}$  : hệ số tăng  $R_n$  khi nén cục bộ
- +  $R_n$  : cường độ chịu nén tính toán của bê tông

##### **Cách tính :**

- + Giả thiết  $\Psi \approx 1,3 - 1,7$  ( $\Psi > 2$ )
- + Tính ngược lại :  $\Psi \rightarrow R_{bt} \rightarrow F$
- + Kiểm tra , nếu không đạt thì giả thiết lại :  $\Psi_{gt} = \Psi_{tt}$
- + Có F → Chọn B , L căn cứ vào b , h của tiết diện cột
- $h = (1 \div 1,05)b$  ( trong cột chịu nén đúng tâm ) thì B , L phải tương ứng kích thước cột
- Với chân cột chỉ có bản đế , thường lấy :  $L = B = \sqrt{F}$



□ Kiểm tra lại áp lực phân bố đều lên bản đế :  $\sigma = \frac{N}{B.L} \leq R_{bt}$

• **Tính chiều dày  $\delta_{bd}$  :**

- **Chân cột chỉ có bản đế :**

Sự chịu uốn của bản đế do phản lực có thể tính như sự chịu uốn của 1 côngxon có tiết diện rộng b , cao  $\delta_{bd}$  . Momen uốn của nó :

$$M = \sigma \cdot A_1 \cdot C_1$$

Trong đó :

- $A_1$  : diện tích truyền tải  $\sigma$  vào côngxon ( phần gạch chéo )
- $C_1$  : khoảng cách từ trọng tâm diện truyền tải đến tiết diện tính toán của côngxon ( mép biên cột )

**Chiều dày bản đế :**  $\delta_{bd} = \sqrt{\frac{6M}{b.R}}$

Nếu  $\delta_{bd} > 80\text{mm}$  thì có các biện pháp sau :

- Dùng dầm đế và sườn
- Tăng mac bê tông móng ( để giảm F → giảm  $C_1$  )

**YÊU CẦU CỦA  $\delta_{bd}$  :**

$$\begin{cases} \delta_{bd} \geq 20\text{mm} \\ \delta_{bd} : \text{không quá dày} \\ \delta_{bd} \leq 40\text{mm} : \text{khi có sườn , dầm đế} \\ \delta_{bd} \leq 60 - 80\text{mm} : \text{khi chỉ có bản đế} \end{cases}$$

Cột rỗng có khoảng cách các nhánh lớn: chân cột thường cấu tạo riêng rẽ cho mỗi nhánh

- **Chân cột chỉ có bản đế, dầm đế và sườn đế :**

+ Thân cột, dầm đế và sườn chia bản đế thành những ô bản có các điều kiện biên khác nhau. Mỗi ô bản này được tính toán về uốn dưới tác dụng của phản lực như bản tựa khớp ở các cạnh liên kết

+ Tính  $\delta_{bd}$  căn cứ vào momen gây ra trong các ô ( tính cho dải rộng 1 đơn vị dài). Có 3 loại ô :

+ **Ô 1 :** Ô có 1 cạnh ngàm với dầm đế, 1 cạnh tự do → làm việc như bản côngxon. Momen lớn nhất đối với bản 1 :  $M = \frac{\sigma \cdot C^2}{2}$  kgcm/1cm ( chiều rộng )

+ **Ô 2 :** Làm việc như bản kê 4 cạnh: cạnh ngắn a , cạnh dài b.

Momen theo phương cạnh ngắn :  $M_a = \alpha_1 \cdot \sigma \cdot a^2$

Momen theo phương cạnh dài :  $M_b = \alpha_2 \cdot \sigma \cdot b^2$

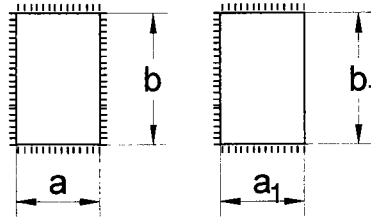
$M_a , M_b$  : tính cho 1 dải rộng 1 cm theo 2 phương a , b

$\alpha_1 , \alpha_2$  : hệ số phụ thuộc tỉ số b/a ( cạnh dài / cạnh ngắn )

**BẢNG TRA  $\alpha_1 , \alpha_2$  ( để tính bản kê 4 cạnh )**

b/a	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$\alpha_1$	0,048	0,055	0,063	0,069	0,075	0,081
$\alpha_2$	0,048	0,049	0,050	0,050	0,050	0,050
b/a	1,6	1,7	1,8	1,9	2	>2
$\alpha_1$	0,086	0,091	0,094	0,098	0,100	0,125

$\alpha_2$	0,049	0,048	0,048	0,047	0,046	0,037
------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------



+ **Ô 3** : Bản kê 3 cạnh

Momen lớn nhất ở điểm giữa cạnh tự do  $M = \alpha \sigma b^2_1$

Trong đó :  $\alpha_3$  : hệ số phụ thuộc tỉ số  $a_1/b_1$  ;

$b_1$  : chiều dài cạnh tự do của ô bản

Nếu  $a_1/b_1 < 0,5$  : tính như côngxon :  $M = \frac{\sigma \cdot a_1^2}{2}$

**BẢNG TRA  $\alpha_3$  (để tính bản kê 3 cạnh)**

$a_1/b_1$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$\alpha_3$	0,060	0,074	0,088	0,097	0,107
$a_1/b_1$	1	1,2	1,4	2	>2
$\alpha_3$	0,112	0,120	0,126	0,132	0,133

Chọn  $M_{\max}$  trong tất cả các ô để tính  $\delta_{bd}$  :  $\delta_{bd} \geq \sqrt{\frac{6M_{\max}}{R}}$

Để bản để làm việc hợp lý cần chia các ô để M tương tự nhau

**b. Tính dầm đế, sườn đế:**

- **Nguyên tắc** : Tính dầm đế , sườn đế như các dầm ( thường là các dầm đơn giản hoặc các công-son chịu tải trọng là phản lực của móng truyền lên trên phần diện tích mà nó phải chịu )

- **Dầm đế** :

+ Tính như dầm đơn giản có mút thừa chịu tải trọng phân bố đều :

$$q_{dd} = \sigma \cdot a_{dd} \quad ( a_{dd} : \text{bề rộng của diện truyền phản lực lên dầm đế} )$$

+ Cụ thể :  $q_{dd} = \frac{R_m B}{2} \rightarrow M = \frac{q_{dd} e^2}{2}$

+ **Cách tính** :

• Giả thiết **lực từ cột truyền xuống coi như chỉ truyền lên dầm đế**

• Lực này truyền xuống bản đế bằng bốn đường hàn góc đứng Như vậy mỗi đường hàn góc đứng giữa thân cột và dầm đế sẽ chịu 1 lực là  $N/4 \rightarrow$  Tính được  $l_h \rightarrow$  Chọn  $h_{dd}$  theo điều kiện đường hàn :  $l_h \approx h_{dd}$  và chọn chẵn

•  $h_{dd} \geq \frac{N}{4 \cdot 0,7 \cdot l_h \cdot R_h^9}$

•  $\delta_{dd}$  : tính theo điều kiện tiết diện dầm đế ( $\delta_{dd}$  ,  $h_{dd}$  ) đủ khả năng chịu:

$$M_{\max} = M = \frac{q_{dd} e^2}{2}; \quad M = W \cdot R \rightarrow W = \frac{\delta_{dd} h_{dd}^2}{6} \geq \frac{M}{R}; \quad \delta_{dd} \geq \frac{6 \cdot M}{R h_{dd}^2}$$

• Chọn  $\delta_{dd}$  : đúng qui cách , không được quá bé

• Kiểm tra đường hàn

• Các đường hàn nằm liên kết dầm đế với bản đế cũng tính chịu lực N.

- **Sườn đế :**

- + Thường là côngxon , ngàm tại chỗ liên kết hàn giữa nó với cột hoặc dầm đế , chịu tải trọng phân bố đều
- +  $q_s = \sigma \cdot a_s$  (  $a_s$  : bề rộng của diện truyền phản lực lên sườn đế )

**+ Cách tính :**

- Chiều cao sườn (  $h_{sd}$  ) xác định từ điều kiện chịu M và Q của các đường hàn liên kết sườn với thân cột hoặc dầm đế

$$M_s = \frac{q_s \cdot l_s^2}{2}$$

$$Q_s = q_s \cdot l_s$$

$l_s$  : chiều dài tính toán của sườn

- Chọn  $\delta_{sd}$  : theo đúng qui cách , không < 8mm
- Trường hợp  $h_{sd} \approx h_{dd}$  : nên cấu tạo bằng nhau
- Phải bảo đảm đường hàn để sơ đồ tính là côngxon
- Đường hàn giữa sườn với thân cột hay dầm đế :  $h_h \geq 4mm$ , theo nguyên tắc sau :

Sườn đế : tính với các lực sườn đế chịu, lực phân cho nó

- + Đường hàn đứng : chịu M , Q
- + Đường hàn nằm : chịu M , Q

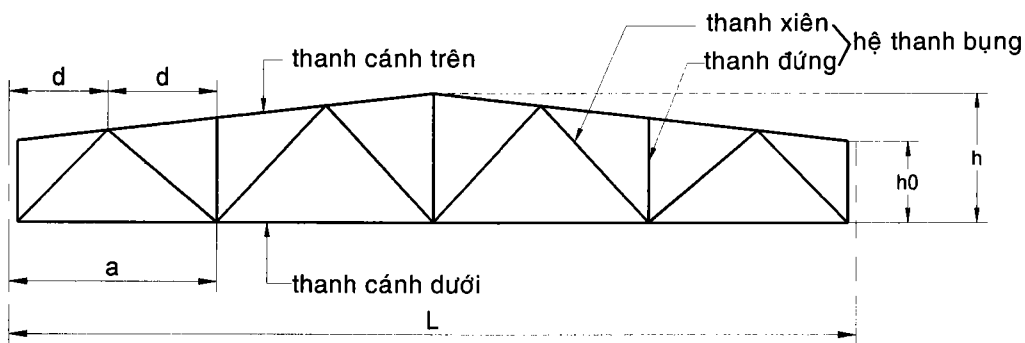
## CHƯƠNG 5 DÀN THÉP

### 5.1. NHỮNG KHÁI NIỆM CHUNG VỀ DÀN

#### 5.1.1. ĐẶC ĐIỂM CẤU TẠO - PHẠM VI SỬ DỤNG - PHÂN LOẠI DÀN

##### a. ĐẶC ĐIỂM CẤU TẠO

- Để đỡ các loại mái nhà vượt nhịp lớn, các loại cầu nhịp lớn thì việc dùng KC dầm sẽ làm chiều cao của dầm khá lớn → trọng lượng bản thân có thể lớn hơn nhiều so với vật liệu lợp mái → tốn thép. Vì vậy, để giải quyết vấn đề này người ta **đưa ra một loại kết cấu rỗng** để giảm trọng lượng bản thân mà vẫn đảm bảo sự làm việc ổn định của KC → gọi là dàn.



Hình 5.1 Đặc điểm cấu tạo dàn

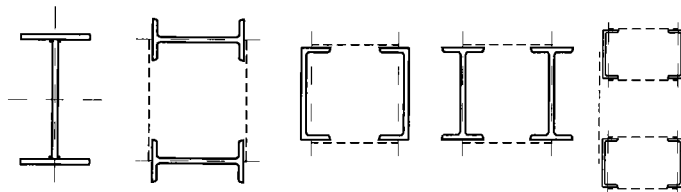
- **Dàn thép**: là một kết cấu rỗng được tạo thành từ các thanh đồng qui liên kết với nhau tại nút dàn thông qua 1 bản thép gọi là bản mắt hay bản mã.
- Liên kết trong dàn thường dùng liên kết hàn. Dàn cầu dùng liên kết đinh tán hay bu lông cường độ cao (Vì sao?)
- Nếu xét tổng thể thì Dàn làm việc như dầm (dàn phủ qua nhịp, chịu uốn, nhận tải trọng và truyền xuống kết cấu đỡ nó như cột ...)
- + Khoảng cách giữa các mắt trên của dàn → gọi là panen cánh trên.
- + Khoảng cách giữa các mắt dưới của dàn → gọi là panen cánh dưới.
- + Các thanh cánh trên → thanh cánh thượng.
- + Các thanh cánh dưới → thanh cánh hạ.
- + Thanh bụng: thanh xiên và thanh đứng
- +  $h_0$ : chiều cao đầu dàn
- +  $h$ : chiều cao giữa dàn.
- +  $i$ : độ dốc của dàn
- Khi cùng làm việc với một tải trọng như nhau, vượt một nhịp bằng nhau thì dàn có trọng lượng bản thân nhẹ hơn dầm, nhưng độ võng lớn hơn dầm (vì sao?) → do đó để đảm bảo độ võng trong phạm vi cho phép thì chiều cao dàn bao giờ cũng lớn hơn chiều cao dầm.

##### b. ƯU ĐIỂM VÀ PHẠM VI SỬ DỤNG

- **Ưu điểm của dàn :**
  - + Nội lực trong thanh dàn chủ yếu là lực dọc trục → Tiết kiệm vật liệu, nhẹ
  - + Độ cứng lớn, nên vượt được được nhịp lớn.
  - + Chế tạo đơn giản
  - + Phù hợp với nhiều hình dạng kiến trúc mái.
- **Phạm vi sử dụng :** được dùng rộng rãi để làm kết cấu trong các công trình XD CB
  - + Làm dàn vì kèo đỡ mái NCN, dân dụng...
  - + Mái NCCộng : rạp hát , cung thể thao , rạp chiếu bóng , . . .
  - + Dàn cầu đường sắt hoặc đường bộ : với cầu nhịp lớn
  - + Cột thép dạng dàn, tháp cao , trụ cao, các tháp khoan. . .
  - + Dàn đỡ cầu trục, . . .

**c. PHÂN LOẠI DÀN**

- **Theo công dụng :** Dàn đỡ kết cấu mái NCN , nhà dân dụng , dàn cầu , dàn cầu trục , tháp trụ , cột điện , tháp khoan , . . .
- **Theo tải trọng tác dụng (theo khả năng chịu tải)**
  - **Dàn nhẹ :**
    - + Dàn chịu tải trọng nhẹ ( Vật liệu lợp là tôn, ngói, Fibroximăng, các tấm lợp vật liệu hỗn hợp , . . . ) , vượt nhịp nhỏ  $l < 18m$ ;
    - + Nội lực các thanh nhỏ, các thanh dàn được cấu tạo từ 1 thanh thép góc hoặc thép ống ( các thanh thép đặt phân bố theo 2 phía)
  - **Dàn thường : tải trọng lợp 300 - 350 kg/cm<sup>2</sup>.**
    - + Chịu tải trọng trung bình ( Vd : lợp panen ) , nhịp  $l \geq 18m$  → hai yêu cầu phải đạt.
    - + Là loại phổ biến.
    - + Tiết diện thanh dàn : 2 thanh thép góc ghép lại với nhau, ốp vào 2 bên bản mắt )
  - **Dàn nặng :**



Hình 5.2 Tiết diện các thanh dàn nặng

- + Chịu tải trọng nặng hoặc tải trọng động lớn . Vd : dàn cầu , dàn cầu chạy nặng ( khi dùng dầm không đủ chịu lực → thay dầm bằng dàn )
- + Tiết diện thanh dàn dạng tổ hợp , thanh bụng kép nối 2 bên
- **Theo sơ đồ kết cấu :**
  - **Dàn kiểu dầm (KC dàn-dầm) :** (dạng a) có sơ đồ đơn giản, tựa khớp ở 2 đầu
    - Đặc điểm :**
      - Làm việc như một dầm tĩnh định đơn giản

- Vì có dạng tĩnh định nên ít chịu ảnh hưởng của nhiệt độ và sự lún không đều của gối tựa. Tuy nhiên đối với dàn nhịp lớn phải cấu tạo 2 gối thực sự : 1 gối cố định và 1 gối di động để tránh ảnh hưởng của nhiệt độ → gây biến dạng.
- Việc dựng lắp đơn giản và dễ dàng → Thuận lợi cho KCT là KC lắp ráp.
- **Dàn liên tục** (dạng b) → ít dùng
  - Đặc điểm** :
    - Là loại siêu tĩnh nên cứng hơn dàn có sơ đồ đơn giản
    - Chiều cao dàn nhỏ → Tiết kiệm thép do tăng mômen gối giảm mômen nhịp.
    - Chịu ảnh hưởng của nhiệt độ và sự lún của gối tựa
    - Chế tạo và dựng lắp phức tạp. Tại vị trí gối , nếu cấu tạo không đúng gối → không chịu được mômen gối → tăng mômen nhịp → gây nguy hiểm cho KC
- **Dàn mút thừa** (dạng c)
  - Các thanh cánh phần mút thừa có nội lực ngược dấu với thanh cánh ở phần trong nhịp
- **Dàn kiểu tháp trụ** (dạng d)
  - Dùng cho công trình tháp , trụ ăngten , cột điện vượt sông , . . . Mỗi mặt kết cấu là 1 dàn phẳng
- **Dàn kiểu khung** (dạng e)
  - Làm khung chịu lực chính trong nhà có nhịp lớn
- **Dàn kiểu vòm** (dạng f)
  - Vượt nhịp rất lớn ( >60m ) . Thường được dùng làm kết cấu chịu lực trong nhà triển lãm, công trình thể thao , . . .
- **Dàn – dầm liên hợp** (dạng g)
  - được cấu tạo bởi một dầm cứng và một hệ thanh mềm – chế tạo đơn giản – dùng hợp lý trong các kết cấu nặng chịu tải trọng di động

### 5.1.2. HÌNH DẠNG BÊN NGOÀI CỦA DÀN

Rất đa dạng . Việc chọn hình dạng dàn là 1 bước đầu rất quan trọng trong việc thiết kế dàn → Khi lựa chọn cần thỏa mãn các yêu cầu :

+ *Phù hợp yêu cầu sử dụng*

+ *Thỏa mãn yêu cầu kiến trúc và việc thoát nước mái*

+ *Yêu cầu đối với VL lợp : từ độ dốc  $i$  của dàn → Chọn hình dạng dàn*

▪ Tôn :  $i = 12 - 15^{\circ}$

▪ FibroXM :  $i = 18 - 23^{\circ}$

▪ Ngói :  $i = 28 - 33^{\circ}$

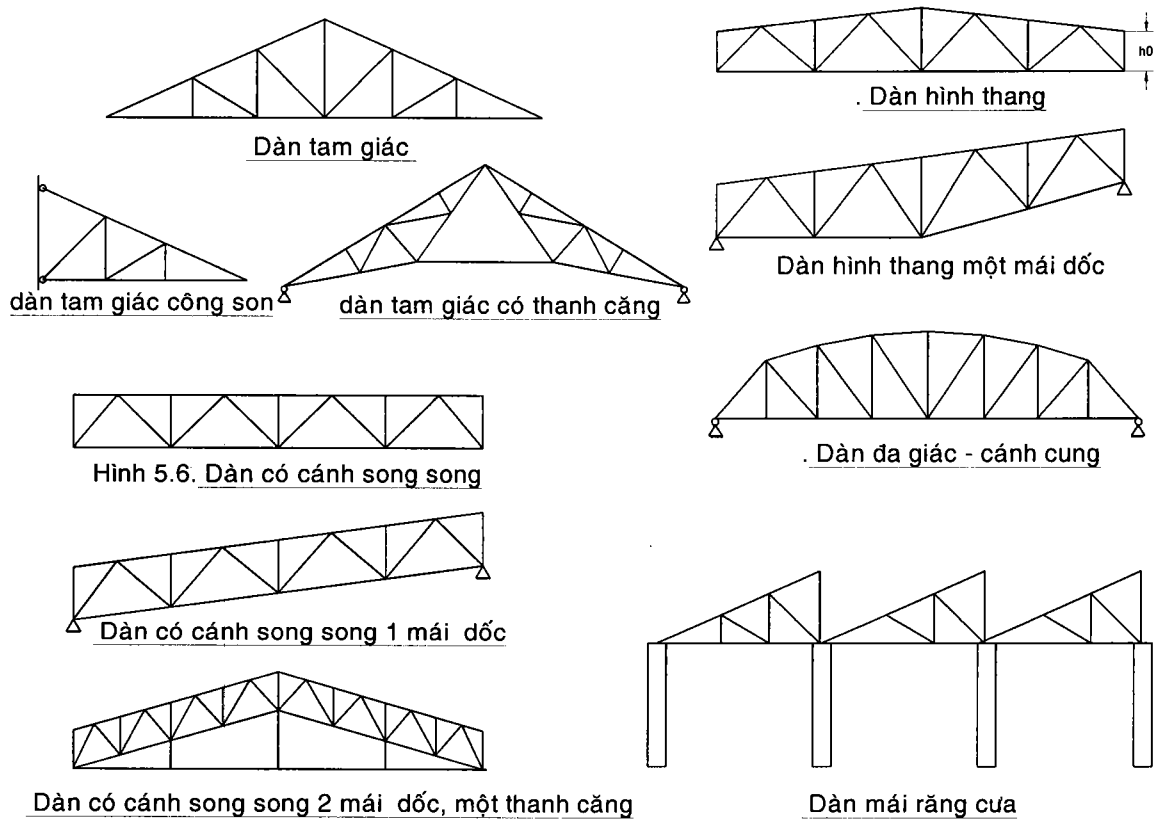
+ *Kích thước và cách bố trí cửa mái*

+ *Cách liên kết dàn với cột , tạo được KC mái và công trình có đủ độ cứng*

+ *Kinh tế ( tiết kiệm vật liệu , dễ gia công chế tạo , dựng lắp )*

**a. DÀN TAM GIÁC**

- Các thanh đứng chia cách trên thành từng khoang, độ dài mỗi khoang phụ thuộc vào kích thước vật liệu lợp mái sao cho xà gồ đặt đúng mắt dàn.
- **Ưu điểm** : Sử dụng hợp lí cho công trình yêu cầu độ dốc lớn  $\alpha = 35 - 45^\circ$ , vật liệu lợp có độ chống thấm kém, nhịp nhỏ  $L \leq 12, 15, 18m$ .
  - + Mái lợp ngói : cách nhiệt tốt , bền , điều kiện môi trường tốt , dễ chịu , . . .
  - + Mái lợp FibroXM : cách nhiệt không tốt , điều kiện vệ sinh môi trường không tốt
- **Nhược điểm** :
  - + Đầu dàn nhọn nên **chỉ có thể liên kết khớp với cột**
  - + Độ cứng ngoài mặt phẳng không lớn
  - + Về mặt chịu lực , không phù hợp biểu đồ Momen uốn do tải trọng trên dàn gây ra. Vùng giữa dàn thường dư khả năng chịu lực vì phải cấu tạo theo độ dốc nên thường cấu tạo dàn phận nhỏ.
  - + Nội lực các thanh chênh lệch nhiều
  - + Một số thanh bụng chịu nén nhỏ nhưng chiều dài lớn nên TD phải chọn theo độ mảnh giới hạn gây lãng phí vật liệu.



Hình 5.4. hình Dạng bên ngoài của dàn

**b. DÀN HÌNH THANG**

Được dùng phổ biến nhất do :

- Độ dốc mái không lớn → thích hợp cho NCN có  $i$  nhỏ, sự dụng vật liệu lợp chống thấm tốt (tole tráng kẽm, tole giả ngói, tấm lợp panen. . .)
- Có chiều cao đầu dàn → có thể liên kết cứng với cột → tăng độ cứng cho công trình đặc biệt là nhà CN có cột trục lớn.
- Qui phạm qui định :
  - + liên kết khớp :  $h_0 \geq 45$  cm (thiết kế nên :  $h_0 \geq 60$  cm)
  - + Liên kết cứng :  $h_0 \geq 1,5$  m (đủ chịu M, Nếu có yêu cầu về độ dốc lớn → Hạ bớt  $h_0$ )
- Khá phù hợp biểu đồ momen uốn, nội lực các thanh hợp lí hơn dàn tam giác
- **Về cấu tạo : góc giữa các thanh không quá nhỏ → chiều dài các thanh không quá lớn**
- **Các mắt tương đối giống nhau → dễ tiêu chuẩn hóa các mắt**

**c. DÀN CÓ CÁNH SONG SONG**

- **Ưu điểm** : Chiều dài các thanh cùng loại bằng nhau, có nhiều mắt giống nhau nên dễ thống nhất hóa về mặt cấu tạo
- Thường làm : KC chịu lực thay dầm, Dàn 1 mái dốc ( chuyển thành dạng hình bình hành, tính toán giống dàn có cánh song song ), Dàn cầu, dàn đỡ kèo, tháp, trụ, cần cầu, . . .
- **Nhược điểm** : Nặng hơn so với các dàn khác ( dàn tam giác nặng nhất, dàn có cánh song song nặng nhì, dàn hình thang chỉ nặng trung bình )

**d. DÀN ĐA GIÁC-DÀN CÁNH CUNG**

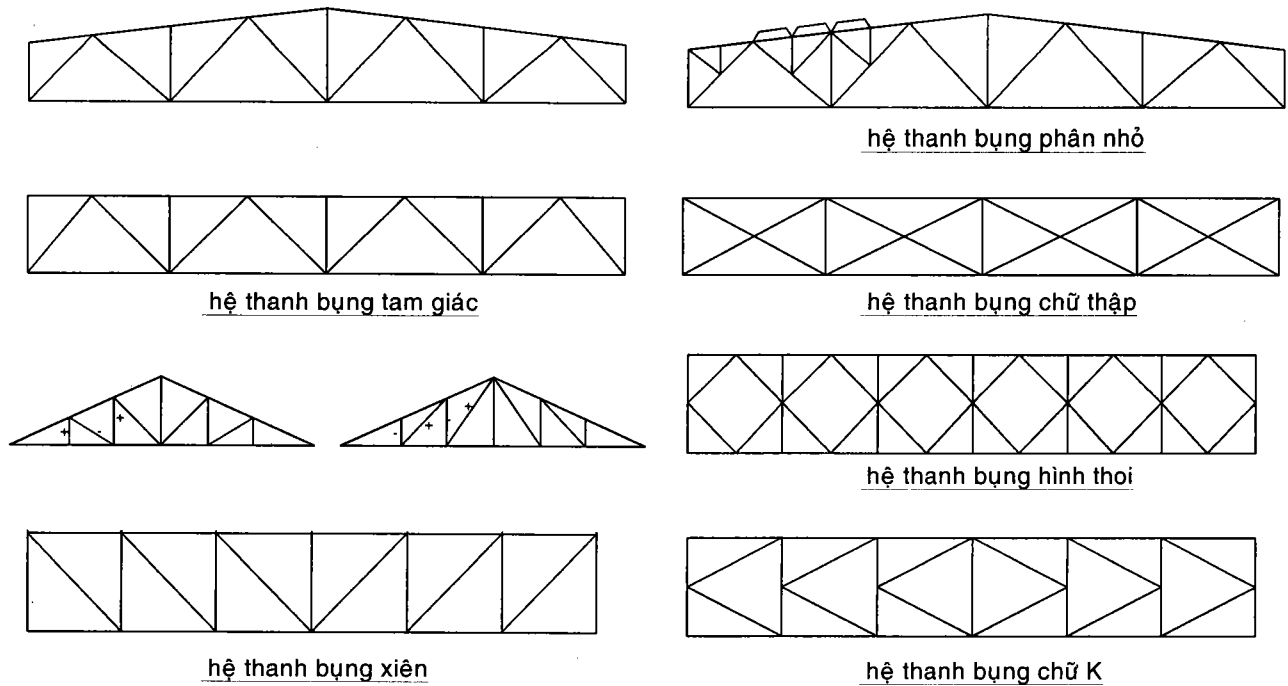
- Có thanh cánh thượng tạo thành các cạnh của 1 đa giác .
- **Ưu điểm** :
  - + Phù hợp biểu đồ momen uốn nên là loại dàn hợp lý nhất về mặt chịu lực
  - + Sự phân bố nội lực trong các thanh tương đối đều, không chênh lệch nhiều nên số loại thanh ít
  - + Chịu lực tốt, nhẹ
- **Nhược điểm** :
  - + Cánh trên bị gãy khúc hoặc uốn cong nên chế tạo phức tạp
  - + Chỉ phù hợp khi nhịp lớn, sự tiết kiệm vật liệu lợi nhiều, bù lại công chế tạo
  - + Thường ít dùng dạng này

**e. DÀN CÓ CẤU TẠO MÁI RĂNG CỬA :**

- Theo sơ đồ phân bố nội lực thì không hợp lý, tại nơi có  $M_{\min}$  (gối tựa) thì có tiết diện lớn nhất. Nhưng có ưu điểm lấy được ánh sáng đều

**5.1.3. HỆ THANH BỤNG CỦA DÀN**





Hình 5.5 Các loại Hệ thanh bụng của dàn

Hệ thanh bụng dàn đóng vai trò như bản bụng dầm, việc bố trí hệ thanh bụng cần thỏa mãn:

- Cấu tạo nút đơn giản, có nhiều nút giống nhau để dễ tiêu chuẩn hóa
- Tổng chiều dài thanh bụng nhỏ
- Góc giữa thanh bụng và thanh cánh không quá nhỏ
- Không nên để thanh cánh bị uốn cục bộ bởi tải trọng đặt ngoài nút

**a. HỆ THANH BỤNG TAM GIÁC**

- **Đặc điểm** :

- + Các thanh bụng xiên về 2 phía ( 1 thanh hướng lên thì thanh tiếp hướng xuống )
- + Góc hợp lý giữa thanh bụng và thanh cánh dưới :  $45^{\circ} - 55^{\circ}$
- + Khi có xà gồ mà khoảng cách xà gồ nhỏ hơn khoảng cách nút thì cấu tạo thêm thanh đứng để tránh uốn cục bộ và giảm chiều dài tính toán cho thanh cánh trên
- + Nếu cần thiết có thể đặt thêm thanh treo ( để treo tải trọng )
- + Đưa thanh treo và thanh đứng vào không làm thay đổi hình dạng dàn, đồng thời đảm bảo tải trọng đặt đúng mắt dàn và giảm chiều dài tính toán các thanh cánh trong dàn.

- **Ưu điểm** :

- + Số nút ít. Tải trọng tác dụng vào dàn và truyền đến gối tựa bằng con 9ường ngắn nhất.
- + Tổng chiều dài các thanh bụng ngắn nhất

- **Nhược điểm** : Có 1 số thanh bị nén mà chiều dài lớn  $\rightarrow$  dễ mất ổn định

**b. HỆ THANH BỤNG XIÊN**

- **Đặc điểm** :

- + Các thanh xiên ở 1 nửa dàn cùng xiên về phía
- + Chiều của thanh xiên chọn sao cho thanh xiên dài chịu kéo , thanh đứng ngắn chịu nén
- + Với dàn tam giác dùng hệ thanh bụng xiên như hình trên về mặt chịu lực không lợi vì các thanh xiên dài chịu nén , nhưng cấu tạo nút hợp lý ( góc giữa các thanh không quá nhỏ ) nên hay được dùng
- + Góc hợp lý giữa thanh xiên và thanh cánh dưới :  $35^{\circ} - 45^{\circ}$ .

- **Ưu điểm** :

- + Các thanh cùng loại thì cùng 1 loại nội lực : TD nén, TX kéo.

- **Nhược điểm** :

- + Tổng chiều dài thanh bụng lớn
- + Nhiều nút , tổn công chế tạo
- + Đường truyền tải trọng đến gối tựa dài hơn.

**c. HỆ THANH BỤNG PHÂN NHỎ**

- Khi tính toán dàn không kể vào, tính hệ chính trước rồi tính hệ thanh bụng phân nhỏ sau.

- **Tác dụng** :

- + Tránh uốn cục bộ cho thanh cánh trên
- + Giảm cdt trong mặt phẳng dàn của thanh cánh trên
- + Tăng độ cứng cho dàn
- + Tuy có cấu tạo phức tạp nhưng trong 1 số trường hợp làm giảm trọng lượng của toàn cấu kiện
- + Với dàn lợp panen , tính dàn phân nhỏ với lực đặt tại chân panen

**d. HỆ THANH BỤNG ĐẶC BIỆT**

**d.1. Hệ thanh bụng chữ thập :**

- Gồm 2 loại thanh xiên chéo nhau kết hợp thanh đứng tạo nên hệ siêu tĩnh rất cứng. Để đơn giản khi tính toán thường chỉ kể đến các thanh kéo, xem rằng các thanh nén khi chịu lực vì độ mảnh lớn lập tức bị mất ổn định và không chịu lực được nữa.
- Thường dùng khi dàn chịu lực 2 chiều, trong dàn cầu, tháp trụ cao, hệ giằng mái nhà công nghiệp, nhà cao tầng.

**d.2. Hệ thanh bụng hình thoi :**

- Thường dùng ở kết cấu tháp trụ để tiện cho việc nối thanh cánh

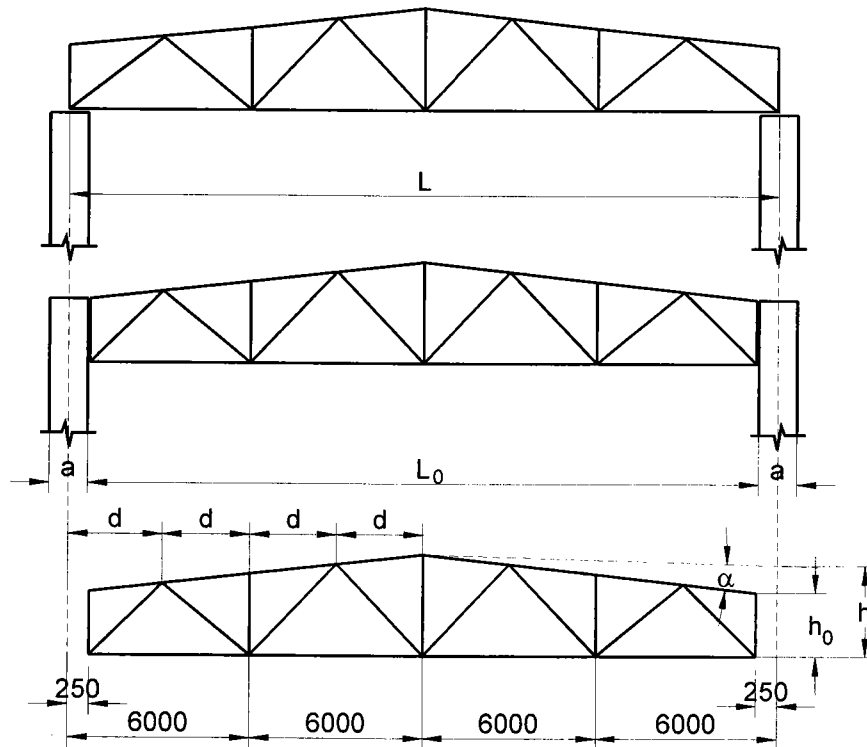
**d.3. Hệ thanh bụng chữ K :**

- Tăng độ cứng cho dàn
- Giảm cdt trong mặt phẳng dàn cho thanh bụng đứng
- Thường gặp trong dàn chịu lực cắt lớn do tải trọng ngang gây ra như dầm cầu , tháp trụ , ...

**d.4. Hệ thanh bụng đặc biệt cho dàn tam giác :**

- Góc dốc :  $35^{\circ} - 45^{\circ}$
- Tiết kiệm vật liệu hơn các dạng khác vì phần giữa dàn thường rất cao, thanh bụng dài tốn vật liệu nên dùng dàn phân nhỏ nâng thanh cánh dưới lên cao hơn gối tựa.

**5.1.4. CÁC KÍCH THƯỚC CHÍNH CỦA DÀN**



Hình 5.6 Các kích thước chính của dàn

**a. NHỊP DÀN**

- Nhịp của dàn  $L$  là khoảng cách trục định vị của 2 gối tựa.
  - Nhịp tính toán của dàn  $L_0$  là khoảng cách trọng tâm truyền phản lực gối tựa của dàn.
  - Được xác định dựa trên :
    - Yêu cầu sử dụng
    - Thiết kế kiến trúc
    - Giải pháp bố trí kết cấu công trình, hình thức liên kết dàn với các kết cấu khác.
  - Nhịp dàn được lấy thống nhất theo modul 6m :  $L = 18, 24, 30, 36m$
  - Với dàn thường (TD thanh là 2 thép góc), nhịp hợp lý :  $L = 18-36m$
  - Dàn liên kết khớp với cột : nhịp là khoảng cách giữa 2 tâm gối tựa
  - Dàn liên kết cứng với cột ( liên kết cạnh bên với cột ) :  $L = L_0 + a$  ( đồ án )
- Với  $L_0$  : khoảng cách thông thủy giữa 2 cột ;  $a$  : bề rộng gối tựa

**b. CHIỀU CAO DÀN**

**b.1. Chiều cao đầu dàn**

- **Dàn hình thang :**

- + Liên kết khớp :  $h_0 \geq 60 \text{ cm}$
- + Liên kết ngàm :  $h_0 \geq 1,6\text{m} \rightarrow$  Đủ liên kết cứng với cột, với  $L = 18-36\text{m}$  ;
- +  $h_0 = \left[ \frac{1}{10} \div \frac{1}{15} \right] L$

- **Dàn tam giác :**

Mái lợp có yêu cầu độ dốc nhỏ ( lợp tôn ) :  $h_0 \geq 45 \text{ cm}$

**b.2. Chiều cao giữa dàn**

-  $h = h_0 + \frac{1}{2} . \text{tg}\alpha$  và phải thỏa mãn :  $\frac{h_{\min}}{L} = \frac{6,5}{24} \left[ \frac{L}{f} \right] . \frac{\sigma}{E} \left( 1 + \frac{2h_0}{L} \right)$

$\sigma$  - giới hạn chảy của thép làm dàn.

$E$  - môđun đàn hồi của thép.

$\left[ \frac{f}{L} \right]$  : độ võng cho phép của dàn ở giữa nhịp. Lấy theo qui phạm

- Khi dàn chịu tải trọng di động phải kiểm tra lại độ võng dàn ở giữa nhịp vì độ võng cho phép dàn trong TH này rất nhỏ (1/700-1/1000).

- **Dàn tam giác** : h phụ thuộc độ dốc cánh trên

Nếu dốc từ  $22^\circ - 40^\circ$  :  $h = \left( \frac{1}{4} \div \frac{1}{3} \right) L$

- **Dàn có cánh song song – dàn hình thang** : Để thỏa mãn điều kiện vận chuyển và theo công thức kinh nghiệm thường lấy nhỏ hơn:  $h = \left( \frac{1}{7} \div \frac{1}{9} \right) L$ ; trị số lớn

dùng cho dàn nặng, trị số nhỏ dùng cho dàn thường , dàn nhẹ dùng nhỏ hơn 1/9.

**c. KHOẢNG CÁCH MẮT DÀN**

- Là khoảng cách giữa các tâm nút trên thanh cánh, phụ thuộc vào vị trí đặt tải trọng, góc nghiêng có lợi của hệ thanh bụng.
- Mái có xà gồ : khoảng cách mắt ở cánh trên nên chọn bằng khoảng cách xà gồ để tránh uốn cục bộ . Thường : 1,5 – 3m
- Mái lợp panen : khoảng cách mắt bằng bề rộng panen
- Khoảng cách mắt cánh dưới : 3-6m
- Nên làm panen cánh trên bằng  $\frac{1}{2}$  panen cánh dưới

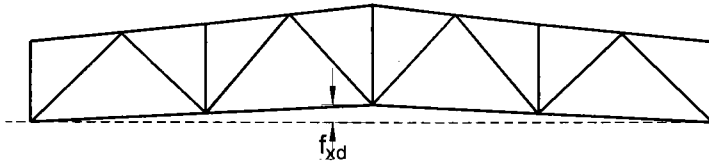
**d. BƯỚC DÀN (bước cột)**

- Là khoảng cách giữa các dàn. Được xác định dựa vào :
  - + Yêu cầu kiến trúc
  - + Dây chuyền công nghệ
  - + Phù hợp môđun thống nhất các cấu kiện lắp ghép như tấm tường , tấm mái , . . .
  - + Yêu cầu kinh tế

Với vì kèo thép :  $B = 6\text{m}$  ( bước hợp lý )

**e. ĐỘ VỒNG XÂY DỰNG :**

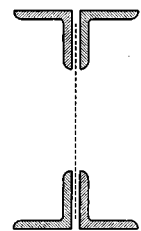
- Dàn thường có độ võng rất lớn khi chịu tải trọng nên để khử bớt độ võng đó khi chế tạo người ta cho dàn võng ngược trở lên bằng độ võng của nó khi chịu tải → ta gọi đó là độ võng xây dựng hay độ võng cấu tạo. Khi làm việc chịu tải trọng dàn sẽ thẳng và không có độ võng nữa. Thường lấy  $f=1/200 L$ .



Hình 5.7 Độ võng xây dựng dàn

**5.1.5. HỆ GIẰNG KHÔNG GIAN**

- Cắt ngang tiết diện thanh dàn :
- Ta thấy, dưới tác dụng của tải trọng, dàn chịu uốn trong mặt phẳng nó thì tốt nhưng chịu uốn ra ngoài mặt phẳng rất kém. Vì vậy, dàn là kết cấu mảnh theo phương ngoài mặt phẳng nên dễ mất ổn định theo phương ngoài mặt phẳng → Ta không bao giờ được làm 1 dàn đơn độc mà đã dùng dàn thì phải dùng ít nhất 2 dàn trở lên và cần liên kết chúng lại với nhau thành 1 khối không gian ổn định → gọi là hệ giằng không gian.



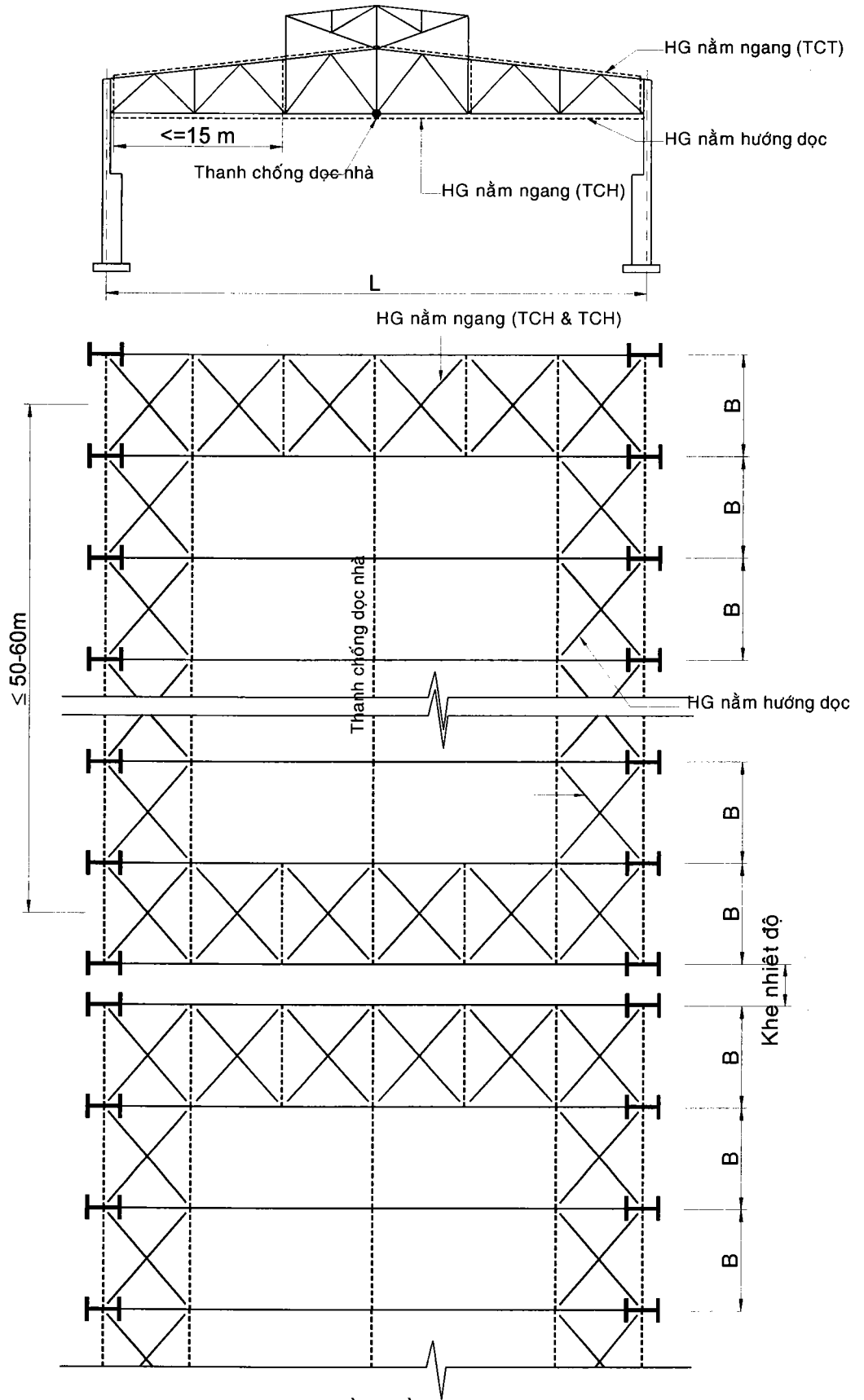
a. **TÁC DỤNG :** Có vai trò rất quan trọng đối với NCN bằng thép . Có 3 tác dụng chính :

- **Ổn định :** cùng với khung ngang, tạo thành kết cấu không gian cùng tham gia chịu lực, tăng độ cứng cho toàn nhà. Giảm chiều dài tính toán của một số thanh nén.
- **Chịu lực :** thể hiện rõ ở 1 số hệ giằng ở đầu cột  
 Ví dụ : + Chịu lực gió ở đầu hồi  
 + chịu lực hãm dọc của cầu chạy ( Lực hãm ngang → Khung ngang chịu )
- **Lắp ráp :** cố định tạm trong quá trình lắp dựng

b. **BỐ TRÍ HỆ GIẰNG :**

Trong NCN bằng thép có 2 hệ thống giằng chính : hệ giằng mái và hệ giằng cột

- **Hệ giằng nằm hướng dọc :**
- Tác dụng :
  - + Đặt ở thanh cánh hạ → Giảm biến hình ngang và dọc của dầm cầu chạy, giảm xê dịch của đường ray cầu chạy.
  - + Tăng ổn định cho khoảng mắt gối khoang ngoài cùng, vì có thể khoảng mắt này chịu nén do momen đầu dàn.
  - + Bảo đảm sự làm việc cùng nhau của các khung, truyền tải trọng cục bộ tác dụng lên 1 khung sang các khung lân cận



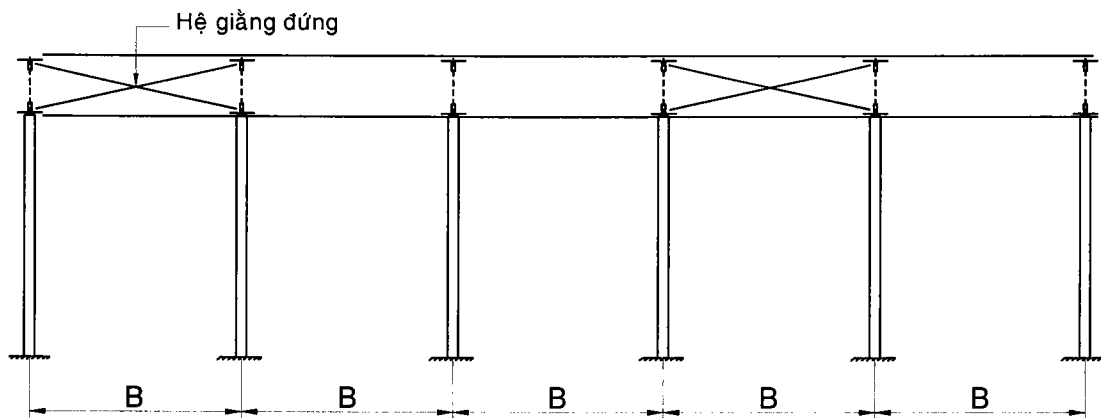
Hình 5.8 Hệ giằng nằm dọc và ngang

- Cấu tạo:
  - + Được đặt ở 2 khoang ngoài cùng của DVK
  - + Bố trí ở thanh cánh hạ hoặc thanh cánh thượng. Với dàn : bố trí ở thanh cánh hạ (đồ án). Với vòm 3 khớp : bố trí ở thanh cánh thượng
  - + Trong nhà xưởng nhiều nhịp, hệ giằng nằm hướng dọc được bố trí dọc 2 hàng cột biên và tại một số hàng cột giữa cách nhau 60 – 90m theo phương ngang nhà, hoặc cứ cách 1 nhịp lại bố trí tiếp hệ giằng dọc
  - + Giằng dọc về nguyên tắc cấu tạo như dàn có cánh song song.
  - + Với bước cột nhỏ ( $B = 6\text{m}$ ) → dùng hệ thanh giằng chữ thập
  - + Với bước cột lớn ( $B \geq 6\text{m}$ ) → dùng hệ thanh giằng dạng tam giác chia nhỏ
  - + Chiều rộng hệ giằng :
    - o  $\geq 1/10 B$
    - o = khoảng mắt biên cánh hạ (nếu khoảng mắt biên cánh hạ nhỏ)
    - o =  $1/2$  khoảng mắt biên cánh hạ (nếu khoảng mắt biên cánh hạ quá lớn)

• **Hệ giằng nằm hướng ngang :**

- Tác dụng:
  - + Tạo thành cùng hệ giằng hướng dọc 1 ô giằng kín làm tăng sự ổn định không gian của toàn công trình.
  - + Chịu lực gió ở đầu hồi nhà.
  - + Các dàn còn lại được liên kết vào các khối cứng bằng xà gồ hay sườn của tấm mái.
- Cấu tạo:
  - + Bố trí ở 2 đầu nhà xưởng và ở 2 đầu khối nhiệt độ.
  - + Khi khối nhiệt độ quá dài thì bố trí thêm hệ giằng ở giữa khối, sao cho khoảng cách giữa chúng không quá 50 – 60m.
  - + Được đặt ở thanh cánh thượng và thanh cánh hạ.

• **Hệ giằng đứng :**



Hình 5.9 Hệ giằng đứng

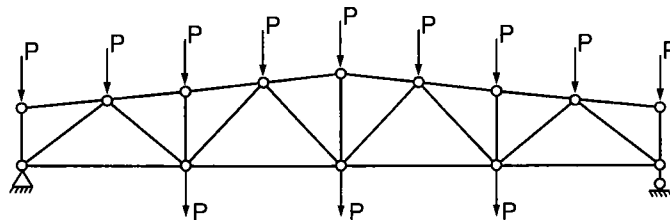
- Tác dụng :

- + Làm điểm tựa cho hệ giằng hướng ngang đặt trong mặt phẳng cánh thượng
  - + Đảm bảo vị trí chính xác giữa 2 mặt phẳng dàn vì kèo khi dựng lắp
  - + Với nhà xưởng có cầu trục treo (đặt ở hệ giằng đứng) → Hệ giằng đứng chịu tải trọng của cầu trục treo.
- Cấu tạo
- + Được đặt theo phương đứng
  - + Khoảng cách giữa chúng theo phương ngang không lớn hơn 15m, ở hai đầu dàn vì kèo luôn có hệ giằng đứng.
  - + Nếu nhịp  $L \leq 30m$  thì chỉ đặt hệ giằng đứng ở giữa
  - + Theo phương dọc, hệ giằng đứng không bố trí liên tục để tránh hiện tượng một khoang bị phá hoại sẽ phá hoại hết hệ giằng, thường bố trí cách 2 – 3 khoang, tối thiểu cách một khoang. Chỉ trong trường hợp có cầu trục treo vào hệ giằng đứng thì mới bố trí HGĐ liên tục suốt chiều dài
  - + Ở những vị trí không có hệ giằng đứng thì đã có thanh chống dọc nhà : xà gồ nóc, thanh suốt. Thanh chống dọc nhà dùng để cố định những nút quan trọng: nút đỉnh nóc (bắt buộc), nút đầu dàn, nút dưới chân cửa trời.
  - + Ở nơi có hệ giằng hướng ngang → bắt buộc có hệ giằng đứng, nhưng ở nơi có hệ giằng đứng thì chưa chắc có hệ giằng hướng ngang
  - + Tiết diện được chọn theo độ mảnh cho phép đối với thanh giằng, để an toàn nên lấy theo điều kiện chịu nén (vì hệ giằng có thể chịu nén hoặc có thể chịu kéo)

## 5.2. TÍNH DÀN

### 5.2.1. CÁC GIẢ THIẾT TÍNH TOÁN

- Để giải được loại KC này, ta đưa ra các giả thiết sau:
  - + **Mắt dàn là giao điểm của các trục thanh và được xem là khớp lý tưởng** → các thanh trong dàn liên kết khớp ở 2 đầu.
  - + **Tải trọng tác dụng lên dàn được quy về lực tập trung đặt tại mắt dàn** Do vậy Các thanh trong dàn chỉ chịu kéo hoặc nén.



Hình 5.10 Giả thiết tính toán dàn

- Như vậy, trong thực tế làm việc chẳng hạn như kết cấu cầu : giữa 2 nút dàn ai cấm đoàn xe chạy bên trên được → tức là tải trọng sẽ tác dụng lên thanh dàn trong khoảng 2 mắt dàn. Hoặc kết cấu mái có xà gồ, Pa nen đặt không đúng mắt dàn thì sau. Trong trường hợp này người ta có 2 cách giải quyết sau :



- + Dùng hệ thống dầm có mắt truyền lực → để truyền tải trọng về tập trung đúng mắt dầm (thường dùng cho kết cấu cầu).
- + Dùng dàn phân nhỏ hoặc tính dàn bình thường sau đó kiểm tra lại khả năng chịu uốn của thanh dàn đó (kết cấu mái)

## 5.2.2. TẢI TRỌNG TÁC DỤNG LÊN MẮT DÀN

### a. TÍNH TẢI :

- Gồm : tấm lợp , tấm chống thấm , các lớp cách nhiệt , xà gỗ , bản thân dàn giằng , cửa mái , trần , ...

- **Tải trọng tấm lợp** : (  $g_m$  )

- + Ngói : 45 – 60 kg/m<sup>2</sup> mái
- + Tôn : 25 kg/m<sup>2</sup>
- + Fibro : 30 kg/m<sup>2</sup>
- + Panen : 250 – 350 kg/m<sup>2</sup>
- + Các tấm lợp vật liệu khác lấy theo catolo của nhà sản xuất

- **Trọng lượng bản thân kết cấu mái** : (  $g_d$  )

Được tính theo công thức kinh nghiệm :  $g_d = n_g \cdot 1,2 \cdot \alpha \cdot L$

- + 1,2 : hệ số kể đến trọng lượng các thanh giằng và xà gỗ
- +  $n_g$  : hệ số vượt tải lấy bằng 1,1
- + L : nhịp dàn
- +  $\alpha$  : hệ số trọng lượng bản thân dàn :  $\alpha = 0.6 - 0.9$  cho  $L = 18 - 36$  m

### b. HOẠT TẢI :

- Gồm : trọng lượng người , thiết bị sửa chữa mái ( hoạt tải mái ) , tải trọng gió , cần trực treo ( nếu có ) , ...
- Qui phạm với hoạt tải mái :
  - +  $p_m = 75$  kg/m<sup>2</sup> → mái nặng
  - +  $p_m = 35 - 50$  kg/m<sup>2</sup> → mái nhẹ
- Hệ số vượt tải :  $n_p = 1,3$

### c. TẢI TRONG ĐƯA VỀ MẮT :

- Qui đổi toàn bộ tải trọng trên 1 đơn vị diện tích mặt bằng :

$$g'_m = \frac{g_m}{\cos \alpha} \quad (\text{kg/m}^2 \text{ mặt bằng})$$

$$p'_m = \frac{p_m}{\cos \alpha} \quad (\text{kg/m}^2 \text{ mặt bằng})$$

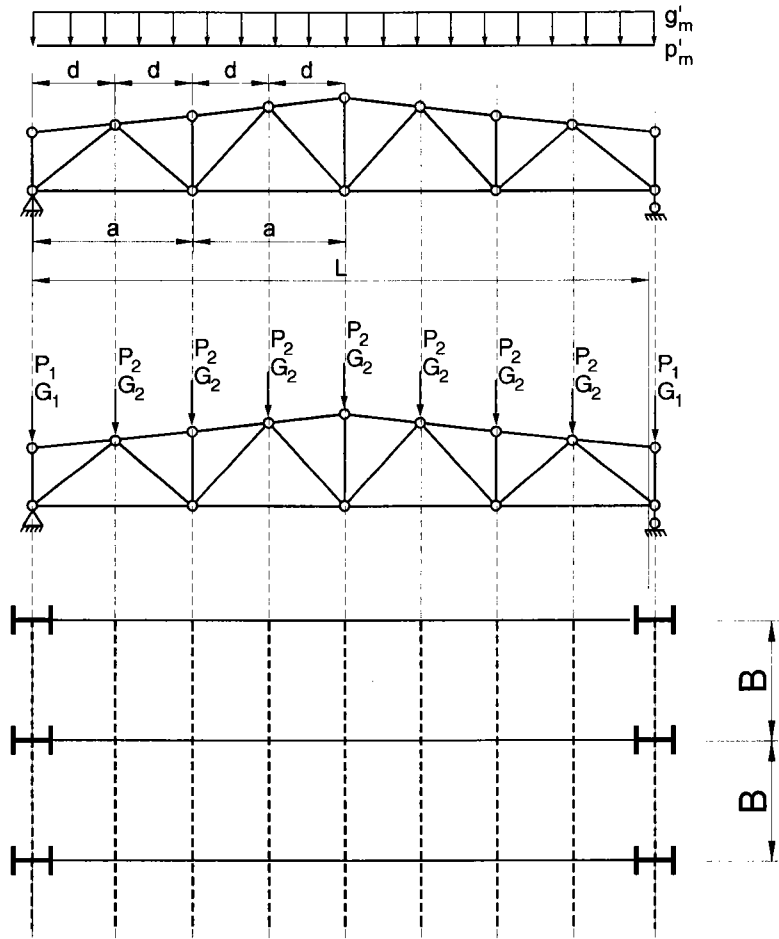
- Lực tập trung đặt tại mắt dàn :

$$\text{Tĩnh tải : } G_1 = n_g \cdot (g'_m + g_d) \cdot B \cdot d/2$$

$$G_2 = n_g \cdot (g'_m + g_d) \cdot B \cdot d$$

$$\text{Hoạt tải : } P_1 = n_p \cdot p'_m \cdot B \cdot d/2$$

$$P_2 = n_p \cdot p'_m \cdot B \cdot d$$



Hình 5.11 Xác định tải trọng

- Trường hợp dàn có trần :  $g_{tr} < 30 \text{ kg/cm}^2$  ;  $p_{tr} = 30 \text{ kg/cm}^2$ .

Khi đó Trọng lượng bản thân dàn chia đôi :  $\frac{1}{2}$  cho các mắt trên;  $\frac{1}{2}$  cho các mắt dưới.

$$\text{Tính tải : } G_1 = n_g \cdot (g_m' + 0,5 \cdot g_d) \cdot B \cdot d/2$$

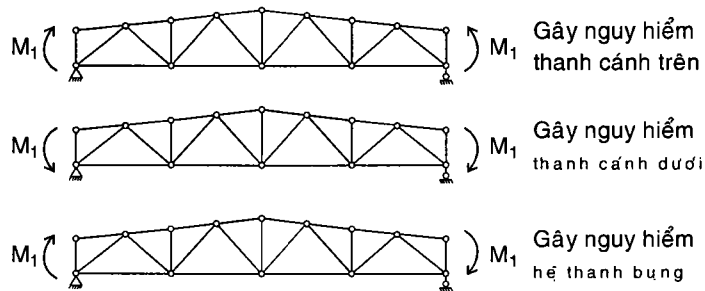
$$G_1^{tr} = n_g \cdot (g_{tr} + 0,5g_d) \cdot B \cdot a/2$$

$$G_1 = n_g \cdot (g_m' + 0,5 \cdot g_d) \cdot B \cdot d$$

$$G_1^{tr} = n_g \cdot (g_{tr} + 0,5g_d) \cdot B \cdot a$$

Trên đây là TH dàn liên kết khớp với cột.

Trong TH dàn liên kết cứng với cột, tải trọng tác dụng vào dàn thêm 3 cặp mômen ở 2 đầu (Sẽ học kỹ trong phần Dầm Mái Nhà Công Nghiệp)



Hình 5.12 Các cặp M kể thêm khi dàn liên kết cứng với cột

### 5.2.3. XÁC ĐỊNH NỘI LỰC VÀ TỔ HỢP TẢI TRỌNG

#### a. Các trường hợp tải trọng tính toán:

- Tải trọng thường xuyên đặt cả dàn
- Hoạt tải đặt ½ dàn trái
- Hoạt tải đặt ½ dàn phải
- Hoạt tải đặt cả dàn
- Tải trọng gió trái
- Tải trọng gió phải (dàn không gian có bốn trường hợp gió)
- Tải trọng cầu trục treo ( nếu có ), thường dùng đường ảnh hưởng phân lực gối tựa tại vị trí treo cần trục vào dàn

Chú ý :

- Nếu có lực đặt ngoài mắt , thường đặt thêm dàn phân nhỏ để triệt tiêu momen do lực ấy gây ra
- Nếu không thì ngoài nội lực dọc trục, thanh dàn còn chịu uốn cục bộ . Momen uốn cục bộ được xác định gần đúng theo sơ đồ dầm đơn giản, gối tựa là mắt dàn, nhịp là khoảng cách ngang của 2 mắt

$$M_{cb} = \frac{\psi \cdot P \cdot d}{4}$$

Trong đó :

- +  $\Psi$  : hệ số kể đến tính liên tục của cánh trên
  - $\Psi = 1$  : khoang đầu
  - $\Psi = 0,9$  : cho các khoang bên trong
- + P : lực tập trung đặt ngoài mắt
- + d : khoảng cách ngang giữa 2 mắt

#### b. Xác định nội lực : có thể tính theo các phương pháp sau

- Giải tích : PP Tách mắt hoặc PP Mặt cắt
- Đồ họa : **Crémôna** (ĐA)
- Ngày nay với sự phát triển công nghệ máy tính, có thể dùng các phần mềm chuyên dụng để giải.
- Trường hợp bài toán chịu tải trọng di động, ta phải dùng **lý thuyết đường ảnh hưởng để xác định nội lực**. (Học trong CKC1)
- Sau khi giải xong lập thành bảng "Nội lực lực tính cho các trường hợp tải trọng" theo mẫu.

#### Phương pháp giải đồ Crémôna :

- Chọn tỉ lệ : Vd 2cm = 1T
- Đặt tên các miền của lực.
- Vẽ đa giác lực khép kín. (Đi 1 vòng đa giác lực khép kín , nếu không → lực không cân bằng)
- Vẽ đa giác dây

Nếu dàn chịu tải đối xứng chỉ vẽ nửa dàn.

- Dấu : đi theo chiều KĐH hướng vào nút là thanh nén, hướng ra ngoài nút là thanh kéo. (Ví dụ một vài nút trên hình cho SV)

**c. Tổ hợp tải trọng**

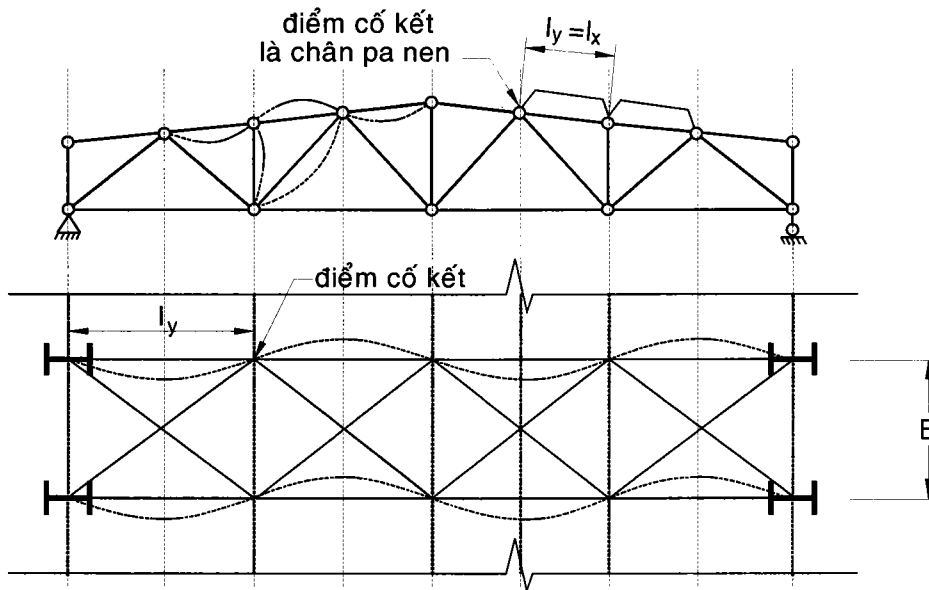
- Tính nội lực cho từng trường hợp riêng lẻ, rồi tổ hợp nội lực để tìm nội lực nguy hiểm nhất. Lập thành bảng " Tổ hợp nội lực " theo mẫu. Khi tổ hợp tuân theo nguyên tắc :
  - Trọng lượng bản thân và tĩnh tải luôn có.
  - Hoạt tải lúc có lúc không. Chỉ kể đến khi nó gây nguy hiểm cho KC, ngược lại thì không kể.

**5.2.4. CHIỀU DÀI TÍNH TOÁN CÁC THANH DÀN (cdtt)**

Thanh nén : xác định cdtt là cần thiết vì ảnh hưởng đến ổn định của các thanh

Thanh kéo : xác định cdtt để tính  $\lambda$  sao cho thanh không bị cong do TLBT khi chuyên chở dựng lắp

**a. Chiều dài tính toán trong mặt phẳng : ( $l_x$ )**



Hình 5.13 Chiều dài tính toán

Nút dàn có độ cứng nhất định nên không phải là khớp lý tưởng như giả thiết. Khi 1 thanh chịu nén liên kết tại nút mất ổn định ( bị cong ) làm nút quay dẫn đến các thanh nén khác qui tụ tại nút cong theo. Các thanh kéo tại nút này có xu hướng bị kéo dài ra nên sẽ chống lại sự xoay này .

**Qui ước :**

- + Nút có nhiều thanh nén hơn thanh kéo thì nút dễ xoay, được xem là khớp
- + Nút có nhiều thanh kéo hơn thanh nén thì nút khó xoay, được xem là nút ngàm dàn hồi

Vì vậy , cdtt trong mặt phẳng dàn lấy như sau :

- Thanh cánh trên :  $l_x = l$
  - Thanh cánh dưới :  $l_x = l$
  - Thanh xiên, thanh đứng đầu dàn :  $l_x = l$
  - Các thanh bụng khác :  $l_x = 0,8l$  (Vì các mắt của chúng có thanh kéo liên kết độ cứng nhất định)
  - Các thanh bụng có nút dàn phân nhỏ :  $l_x = 0,5 l$
- $l$  : khoảng cách giữa các mắt của thanh ( chiều dài thanh theo sơ đồ tính )

**b. Chiều dài tính toán ngoài mặt phẳng : (  $l_y$  )**

- Thanh cánh thượng, hạ :  $l_y =$  khoảng cách giữa các điểm cố kết theo phương ngoài mặt phẳng dàn
- Điểm cố kết thường là điểm đặt các thanh giằng đứng. Nếu đặt panen, vị trí liên kết chân panen chính là điểm cố kết.
- Thanh bụng :  $l_y = l$  ( chiều dài theo sơ đồ tính )
- Với dàn có hệ thanh bụng phân nhỏ , các thanh bụng nén ( có chứa nút dàn phân nhỏ ) có 2 trị số nội lực (  $N_1 > N_2$  ) :  $l_y = ( 0,75 + 0,25 N_2/N_1 ) l$
- Thanh nằm trong phạm vi giữa 2 điểm cố kết mà có 2 trị số nội lực (  $N_2 > N_1$  ) :  
 $l_y = ( 0,75 + 0,25 N_2/N_1 ) l_1$   
 $l_1$  : khoảng cách giữa 2 điểm cố kết

**c. Độ mảnh giới hạn các thanh :**

Để đảm bảo sự làm việc của dàn khi chịu tải trọng , khi vận chuyển và dựng lắp các thanh dàn không bị cong vênh thì độ mảnh các thanh cần nằm trong giới hạn cho phép.

- Thanh nén : độ mảnh lớn → khả năng chịu lực nhỏ
- Thanh kéo : độ mảnh lớn → dễ bị cong do TLBT , do chuyên chở dựng lắp , do chấn động → Qui phạm qui định :  $\lambda < [\lambda]$

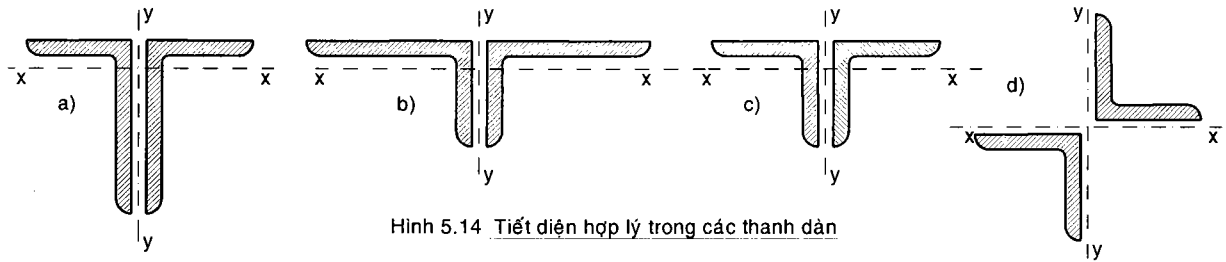
Tên thanh	Nén	Kéo
Thanh cánh , thanh xiên , thanh đứng đầu dàn	120	250
Các thanh bụng còn lại	150	350
Thanh giằng	200	400

**5.2.5. TIẾT DIỆN HỢP LÝ CỦA CÁC THANH DÀN**

- Tiết diện các thanh dàn nhẹ có thể là một thép góc, thép I, Thép ống hoặc thép hình dẹt nguội.
- Thường dùng nhất là các thanh dàn thường được tạo thành từ 2 thép góc ghép lại với nhau . Thép góc có thể đều cạnh hoặc không đều cạnh. Loại này có nhiều ưu điểm là đa dạng phù hợp với nhiều trị số nội lực khác nhau, cấu tạo các mắt đơn giản.

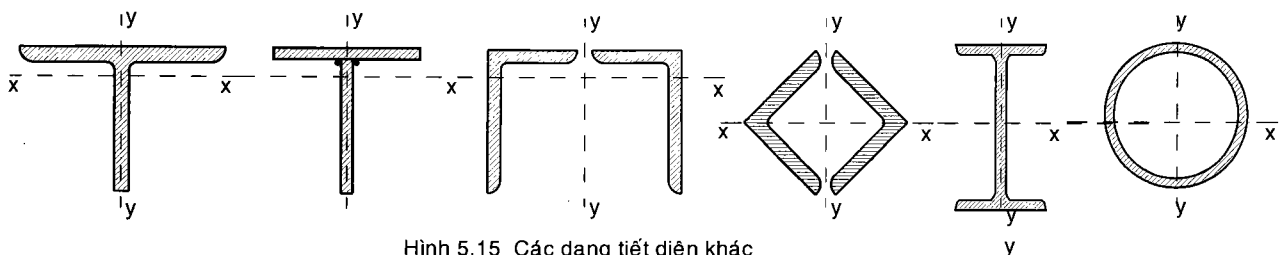
- Thanh giằng , dàn không gian kết cấu thép trụ cao thường làm bằng một thép góc.
- Tiết diện hợp lý là TD ghép có  $\lambda_x \approx \lambda_y$

**Thông dụng các dạng :**



Hình 5.14 Tiết diện hợp lý trong các thanh dàn

- **Dạng a :**
  - 2 thép góc không đều cạnh , ghép cạnh lớn
  - Có  $r_x \approx r_y \rightarrow$  Dùng hợp lý cho thanh dàn có  $I_x = I_y$
  - Dùng cho **TX hay thanh đứng đầu dàn**
- **Dạng b :**
  - 2 thép góc không đều cạnh , ghép cạnh nhỏ
  - Có  $r_x \approx 0,5r_y \rightarrow$  Dùng hợp lý cho thanh dàn có  $I_y = 2I_x$
  - Thường **dùng cho thanh cánh trên** vì bề rộng vươn ra của cánh thép góc lớn , tăng cứng cho dàn theo phương ngoài mặt phẳng , đủ kích thước đặt chân panen
- **Dạng c :**
  - 2 thép góc đều cạnh ghép lại
  - Có  $r_x \approx 0,75 r_y \rightarrow$  Dùng hợp lý cho thanh dàn có  $I_x = 0,8I_y$  (**thanh bụng**, có thể dùng cho TC trên)
- **Dạng d :**
  - 2 thép góc đều cạnh ghép lại dạng chữ thập
  - Thường **dùng cho thanh đứng** tại vị trí đặt hệ giằng đứng hoặc vị trí khuếch đại dàn , mỗi 1 thép góc thuộc về 1 đoạn vận chuyển
  - Mặt khác , khi đặt hệ giằng đứng ở giữa , lực tác dụng lên hệ giằng đứng đi qua trục tiết diện , làm thanh không bị xoắn
- Ngoài ra còn có các dạng sau như hình 5.15



Hình 5.15 Các dạng tiết diện khác

**5.2.6. CHỌN VÀ KIỂM TRA TIẾT DIỆN THANH DÀN**

**a. Nguyên tắc chọn tiết diện :**

- TD nhỏ nhất : L50x5 (để tránh phá hoại khi VC và cầu lắp)
- Dàn  $L \leq 36m \rightarrow$  Chọn không quá 6 loại thép

Chọn được TD cụ thể  $F \geq F_{yc}$ .

Nếu thanh có TD bị thu hẹp (dàn đỉnh tán hay bulông), chọn :  $F_{yc} \geq F_{th}$ .

- **Kiểm tra lại :**

Xác định các ĐTHH cụ thể :  $\begin{cases} F \\ r_x \\ r_y \end{cases}$

Tính  $\lambda_x, \lambda_y \rightarrow$  Chọn  $\lambda_{max}$

Kiểm tra :  $\lambda_{max} \leq [\lambda]$

$$\sigma = \frac{N}{F} \leq R$$

Nếu không đạt : Chọn lại TD

Nếu :  $\lambda_y$  thanh hạ  $> [\lambda] \rightarrow$  Phải gia cường khi vận chuyển

d. **Chọn TD thanh theo độ mảnh giới hạn :**

Dùng khi nội lực trong thanh rất bé

Tính :  $r_{x,yc} = \frac{l_x}{[\lambda]}$

$$r_{y,yc} = \frac{l_y}{[\lambda]}$$

Chọn thanh theo r sao cho :

$$r_x \geq r_{x,yc}$$

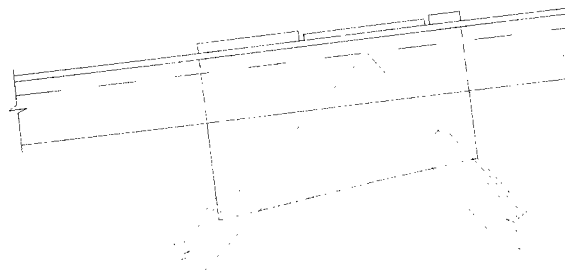
$$r_y \geq r_{y,yc}$$

## 5.3. CẤU TẠO VÀ TÍNH TOÁN MẮT DÀN

### 5.3.1. NGUYÊN TẮC CHUNG

a. **ĐƯỜNG TRỤC CỦA THANH DÀN**

- Đường trục là đường đi gần trọng tâm tiết diện và chia chẵn 5 mm khoảng cách từ sống



- Trục các thanh đồng qui tại tâm mắt dàn, chúng cùng tạo nên sơ đồ hình học của dàn
- Nếu thanh cánh có thay đổi TD  $\rightarrow$  Cho hội tụ tại trục trung bình hoặc trục của thanh lớn nếu khoảng cách giữa 2 trục  $\leq 1,5\% h$  (  $h$  : chiều cao cánh thép góc lớn)

b. **LIÊN KẾT CÁC THANH DÀN**

- $h_h \geq 4\text{mm}$  ;  $l_h \geq 50\text{mm}$
- Khoảng cách giữa các mối hàn trong 1 mắt  $\geq 40 - 50\text{mm}$
- Hàn đường hàn theo yêu cầu, nếu thừa nhiều thì hàn gián đoạn hoặc hàn hết đường hàn thừa để mắt cứng

**c. BẢN MẮT**

- Chọn hình dáng đơn giản, góc dễ xác định để dễ chế tạo (*hcn* , hình thang, hình bình hành. . . , không nên chọn hình thoi vì khó gia công).
- Kích thước bản mắt : chọn phụ thuộc đường hàn đủ liên kết các thanh.
- Góc hợp bởi cạnh bản mắt và trục thanh  $\geq 15^\circ$  (để đảm bảo sự truyền lực từ thanh vào bản mắt , không gây nguy hiểm do ứng suất tập trung)
- Cắt bản mắt sao cho phần bỏ đi bé nhất

**d. CẤU TẠO MẮT**

- Các thanh đặt úp để tránh đọng bụi ẩm.
- Nên hàn liên tục đường hàn liên kết các thanh vào bản mắt để tăng độ cứng cho mắt.
- Xác định kích thước bản mắt, vẽ đúng tỉ lệ, đo trực tiếp trên hình vẽ.
- **Liên kết thanh cánh trên với xà gồ** : có 2 cách
  - + Cách 1: làm trước thép góc mấu đỡ (con bọ) hàn trước vào TC, xà gồ liên kết với con bọ bằng bu lông cấu tạo  $d = 16$  (không tính toán)
  - + Cách 2 : Hàn trước miếng đệm, bu lông liên kết xà gồ phải đặt đúng lỗ tạo trước  $\rightarrow$  ít dùng vì giảm yếu TD, không có lợi
- **Liên kết Panen** :
  - + Có miếng đệm chân panen để tăng cường cho TC chịu tải trọng tập trung của chân panen. Bản mắt đặt thật xuống, miếng đệm đặt trên 2 thanh cánh

**e. NỐI THANH CÁNH**

- Dùng thép góc hoặc thép bản
- Khi có thay đổi TD, thanh cánh được nối tại nút dàn
- Khoảng cách hở giữa 2 đầu thanh nối : 50mm

**5.3.2. MẮT GỐI LÊN ĐẦU CỘT**

**a. CẤU TẠO**

- Bản đế : giảm áp lực tại mặt tiếp xúc dàn với đầu cột do phản lực đầu dàn
- Bố trí bản đế để điểm đặt phản lực đầu dàn trùng với tâm bản đế
- Bản mã 1 liên kết với bản đế 2
- Thanh đứng đầu dàn phủ hết chiều cao bản mắt  $\rightarrow$  Tăng cứng cho mắt dàn theo phương ngoài mặt phẳng dàn
- Khoảng cách giữa mặt dưới thanh cánh dưới và bản gối :  $\geq 150\text{mm}$  ( để dễ chế tạo )

**b. TÍNH TOÁN**

- **Bản đế** :
  - + Tính như bản đế ở chân cột NĐT
  - + Yêu cầu :  $\delta_{bd} \leq 30\text{mm}$
  - + Nếu :  $\delta_{bd} > 30\text{mm}$   $\rightarrow$  Gia cường bằng đôi sườn 3  $\rightarrow$  Bản đế được chia thành các ô có kích thước nhỏ  $\rightarrow$  Momen trong các ô nhỏ  $\rightarrow \delta_{bd}$  nhỏ
- **Đường hàn** :



- + Đường hàn liên kết bản mắt , thanh đứng (hoặc sườn ) vào bản đế : tính chịu phản lực đầu dàn A . Tổng chiều dài đường hàn :  $\sum l_h \geq \frac{A}{0,7 \cdot h_h \cdot R_g^h}$
- + Đường hàn liên kết các thanh vào bản mắt : tính chịu nội lực của thanh đó
- + Đường hàn sống :  $\sum l_{hs} \geq \frac{k \cdot N}{0,7 \cdot h_h \cdot R_g^h}$
- + Đường hàn mép :  $\sum l_{hm} \geq \frac{(1 - k) \cdot N}{0,7 \cdot h_h \cdot R_g^h}$

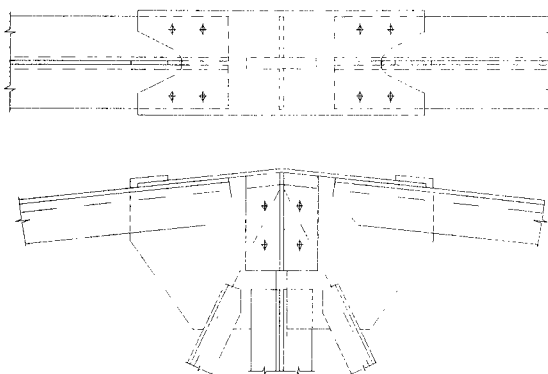
Trong đó : N : nội lực thanh  
k : hệ số phân phối nội lực cho đường hàn sống và mép .

### 5.3.3. MẮT TRUNG GIAN:

- Đường hàn liên kết các thanh bụng vào bản mắt : tính chịu nội lực của thanh đó
- Đường hàn liên kết thanh cánh vào bản mắt : tính chịu hiệu số nội lực của 2 thanh cánh :  $\Delta N = N_2 - N_1$
- Nếu  $\Delta N = 0 \rightarrow$  lấy 10% trị số nội lực thanh cánh để tính
- Phân  $\Delta N$  cho đường hàn sống và mép
- Có thể hàn đứt quãng với :  $l_h$  ( của mỗi đoạn )  $\geq 50\text{mm}$
- Tại mắt có lực tập trung P : chia đều P cho đường hàn sống và mép
- Nếu độ dốc thanh cánh :  $i \leq 1/10 \rightarrow$  Xem  $\Delta N \perp P$
- Đường hàn sống chịu :  $R_1 = \sqrt{(k \cdot \Delta N)^2 + (P/2)^2}$
- Đường hàn mép chịu :  $R_2 = \sqrt{[(1 - k) \cdot \Delta N]^2 + (P/2)^2}$

### 5.3.4. MẮT ĐỈNH

- **CẤU TẠO ( mắt đỉnh là mắt khuếch đại )**
  - + **Bản mắt** được tách đôi cho 2 nửa dàn, sau đó nối lại nhờ 2 **bản nối 1**
  - + Mỗi bản nối được hàn trước với 1 nửa bản mắt
  - + **Bản ghép 2** : nối thanh cánh trên  $\rightarrow$  Được uốn gãy theo độ dốc thanh cánh Các đh liên kết bản ghép với thanh cánh và bản mắt : thực hiện ở hiện trường
  - + 2 **sườn 3** : gia cố bản ghép và bản nối , là vị trí liên kết với thanh chống dọc nhà ở đỉnh dàn.



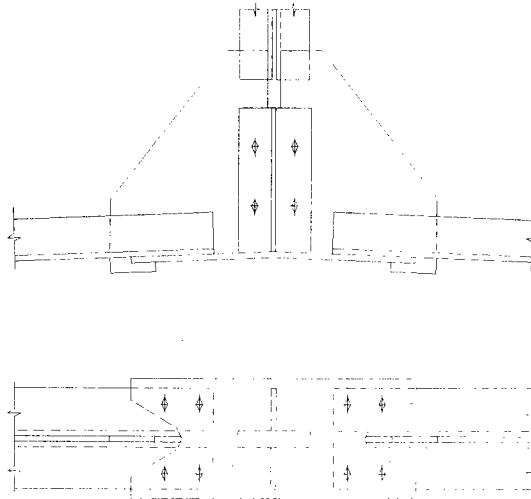
### ▪ TÍNH TOÁN

- + Lực để tính toán :  $N_t = 1,2 N$  ( N : nội lực thanh cánh)

- + Diện tích qui ước chịu lực  $N_t$  :  $F_{qu} = F_{bg} + 2.b_g . \delta_{bm}$
- + Trong đó :
  - $F_{bg}$  : diện tích TD bản ghép
  - $2.b_g . \delta_{bm}$  : diện tích của 1 phần bản mắt
  - $b_g$  : bề rộng của thép góc cánh hàn với bản mắt
  - $\delta_{bm}$  : chiều dày bản mắt
- + Ứng suất ở diện tích qui ước (xem  $N_t$  đặt ở trọng tâm diện tích qui ước):
 
$$\sigma = \frac{N_t}{F_{qu}} \leq R$$
- + Đường hàn liên kết bản ghép vào thanh cánh : chịu lực thực tế truyền qua bản ghép :
 
$$N_{bg} = \sigma . F_{bg}$$
- + Đường hàn liên kết thanh cánh vào bản mắt chịu lực:  $N_c = N_t - N_{bg} \geq \frac{N_t}{2}$
- + Đường hàn sống và mép liên kết thanh cánh vào bản mắt cùng chịu lực như nhau
- + 2 đường hàn liên kết bản nối với nửa bản mắt: tính chịu lực  $N_c$
- + 4 đường hàn nằm ngang liên kết sườn với bản ghép tính chịu lực:  $N_d = 2 N_{bg} . \sin\alpha$

### 5.3.5. MẮT GIỮ DÀN

- **CẤU TẠO** Giống mắt đỉnh dàn



- **TÍNH TOÁN**

- + Giống mắt đỉnh dàn
- + Khi có thanh xiên liên kết vào mắt , 2 đường hàn liên kết bản nối với nửa bản mắt tính chịu lực :  $N_{bn} = N_c - 1,2.N.\cos\alpha$  ; Trong đó :  $N$  : nội lực trong thanh xiên
- + Nội lực  $N_{bn}$  là kéo , do khoan lỗ bắt bulông lắp tạm trước khi hàn nên phải kiểm tra sự làm việc chịu kéo của TD bản nối :  $N_{bn} \leq ( F_{bn} - F_{lỗ} ) .m.R$
- Trong đó :
  - $F_{bn}$  : diện tích tiết diện nguyên của 2 bản nối
  - $F_{lỗ}$  : diện tích phần bị khoét lỗ
  - $m$  : hệ số đklv (  $m = 0,8$  )

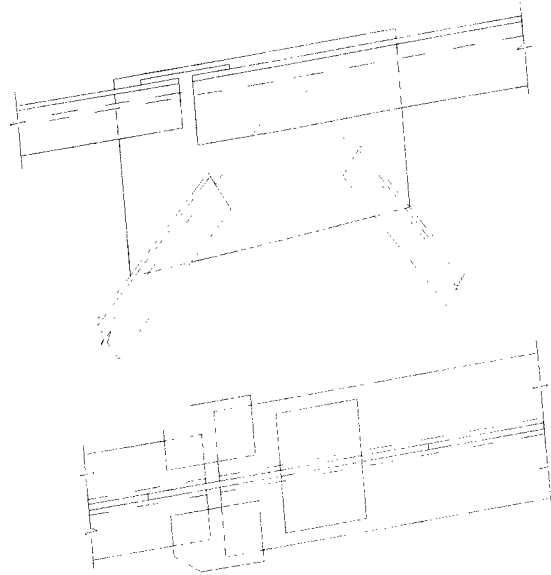
### 5.3.6. MẮT CÓ NỐI THANH CÁNH

▪ **CÁC HÌNH THỨC NỐI**

- + **Thực hiện trong nhà máy** : Do chiều dài thanh không đủ, Nối xong → Coi như thanh liền. Vị trí nối : ở mắt , ở những chỗ thuận lợi về phân bố nội lực
- + **Mối nối lắp ráp** : Do điều kiện vận chuyển, Nối bằng : Thép hình, Thép bản

▪ **CẤU TẠO**

- + Đầu thanh lớn vượt quá tâm mắt : 300 – 500 mm (do điều kiện đường hàn không đủ , điều kiện này không bắt buộc)
- + Dùng 2 bản ghép để nối thanh cánh
- + Khoảng cách giữa 2 đầu thanh : 50mm
- + Mối nối thực hiện ở 2 mắt



▪ **TÍNH TOÁN**

- + **Nối bằng thép bản** : (khi  $\delta$  khác nhau) lấy trục trùng trục thanh lớn)
- + Lực tính toán :  $N_t = 1,2 N_1$  ( $N_1$  : nội lực thanh nhỏ )
- + Diện tích qui ước chịu lực  $N_t$  :  $F_{qu} = \Sigma F_{bg} + 2 \cdot b_g \cdot \delta_{bm}$   
 Trong đó :
  - $\Sigma F_{bg}$  : tổng diện tích TD ngang của 2 bản ghép
  - $2 \cdot b_g \cdot \delta_{bm}$  : diện tích của 1 phần bản mắt
  - $b_g$  : bề rộng của cánh thép góc nhỏ hàn với bản mắt
  - $\delta_{bm}$  : chiều dày bản mắt
- + Ứng suất ở diện tích qui ước ( xem  $N_t$  đặt ở trọng tâm diện tích qui ước )  

$$\sigma = \frac{N_t}{F_{qu}} \leq R$$
- + Đường hàn liên kết bản ghép vào thanh cánh : chịu lực thực tế truyền qua bản ghép :  

$$N_{bg} = \sigma \cdot F_{bg}$$
- + Đường hàn liên kết thanh cánh vào bản mắt chịu lực :  $N_c = N_t - 2N_{bg} \geq \frac{N_t}{2}$
- + Đường hàn liên kết thanh lớn vào bản mắt tính chịu lực :  $N_{c2} = 1,2N_2 - 2N_{bg} \geq \frac{1,2N_2}{2}$  ( $N_2$  : nội lực thanh lớn )
- + Khi có lực tập trung đặt tại mắt : tính như ở nút trung gian

- **Nối bằng thép hình : khi □ bằng nhau**
  - + Tốt hơn cách trên vì giống như thanh nối dài
  - + Dùng tiết diện lớn hơn để chọn tiết diện bản ghép
  - + Lấy phần bản mắt  $1,5 h_1$  để tính tiết diện bản ốp
  - + Diện tích tiết diện bản ốp ( bằng thép góc ) :  $F_g \geq F_{cb} - 1,5h_1 \cdot \delta_{bm}$

### 5.3.7. CÁC CẤU TẠO KHÁC CỦA DÀN

- **BẢN THÉP GIA CƯỜNG**
  - + Khi bề dày cánh thép góc làm thanh cánh trên  $\leq 10\text{mm}$  → cần gia cường thêm bản thép tại mắt dàn ( vì lực tập trung tại mắt dễ làm cho cánh thép góc bị uốn cong )
  - + Kích thước bản mắt : phải đủ liên kết chân panen hoặc xà gỗ
  - + Bản mắt phải đặt hệt xuống để tạo phẳng mặt trên
- **TẮM ĐỆM**
  - + **Tác dụng :**
  - + Để 2 thép góc của thanh dàn cùng làm việc
  - + Tăng cường ổn định cho thanh dàn theo phương ngoài mặt phẳng
  - + **Kích thước :**  $\delta_{td} = \delta_{bm}$  ; Chiều rộng : 50 – 100 mm ; Chiều dài : mỗi đầu lấy vượt ra khỏi bề rộng thanh dàn 10 – 15mm ( để đủ chỗ hàn )
  - + Khoảng cách giữa các tấm đệm : a : Thanh nén :  $a \leq 40 r$  ; Thanh kéo :  $a \leq 80 r$  ( r : bkqt của 1 thép góc , lấy đối với trục riêng 1-1 )
  - + Mỗi thanh dàn đặt không ít hơn 2 tấm đệm

## 5.4. CÁC LOẠI DÀN KHÁC

### 5.4.1. DÀN NHẸ

- **CẤU TẠO**
  - + Dùng khi dàn nhỏ , tải trọng nhỏ
  - + Tiết diện thanh là 1 thép góc , riêng cánh trên dùng 2 thép góc để tăng ổn định cho dàn
  - + Không cần dùng bản mắt , các thanh liên kết trực tiếp với nhau
- **TÍNH TOÁN**
  - + Các thanh bụng chịu nén sẽ mất ổn định theo trục  $x_0 - x_0$
  - + Trục các thanh không cùng nằm trong 1 mặt phẳng nên hệ số đklv  $m = 0,75$
  - + Có thể dùng thanh dàn là thép tròn đk nhỏ ( 12 – 24mm ) , thanh thép tròn được uốn gãy khúc thành thanh bụng và hàn trực tiếp với thanh cánh

### 5.4.2. DÀN NẶNG

- **CẤU TẠO**
  - + Dùng cho công trình nhịp lớn
  - + Thanh dàn : là cấu kiện tổ hợp , có nhiều dạng tiết diện
  - + Việc dựng lắp dàn : thực hiện từng thanh
  - + Liên kết : bulông cường độ cao
- **TÍNH TOÁN**
  - + Kể đến TLBT và tải trọng gió gây uốn thanh dàn
  - + Thanh dàn là cấu kiện kéo uốn , nén uốn

### 5.4.3. DÀN THÉP ỐNG

#### ▪ ĐẶC ĐIỂM

- + Trọng lượng nhẹ
- + Thường dùng trong nhà nhịp lớn : nhà triển lãm , cung thể thao , sân vận động có mái che , . . .
- + Tiết diện thanh có r lớn → cứng , độ ổn định cao , chịu nén tốt , . . .

#### ▪ CẤU TẠO

##### + Liên kết :

- Hàn trực tiếp không cần bản mắt
- Đập bẹp đầu thanh bụng , liên kết đầu thanh bụng vào bản mắt
- Dùng bản mắt , xẻ rãnh thanh bụng , lồng vào bản mắt , liên kết với bản mắt bằng 4 đường hàn

##### + Đường hàn :

- Nếu thanh bụng được gia công mép rồi hàn trực tiếp vào thanh cánh → coi đường hàn là đường hàn đối đầu
- Các trường hợp khác : coi như đường hàn góc

##### + Chú ý : Bản mã phải hàn vào thanh cánh theo trục thanh nằm trong mặt phẳng dàn

#### ▪ TÍNH TOÁN

- + Theo nguyên tắc thông thường
- + Để an toàn , độ bền của đường hàn liên kết các thanh bụng bằng thép ống :  

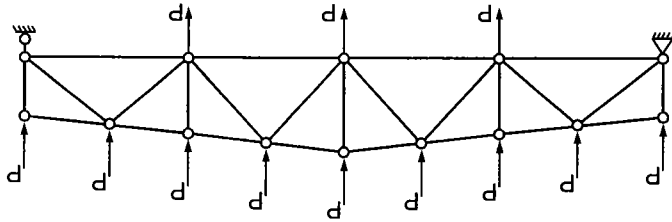
$$\frac{N}{0,7 \cdot h_h \cdot I_h} \leq 0,85 \cdot R_g^h$$
 ; Trong đó : 0,85 : hệ số đklv có kể đến ứng suất phân bố không đều dọc theo đường hàn
- + Nếu  $\delta$  thanh thép ống cánh không đủ → Đặt thêm tấm đệm
- + Độ bền đường hàn trong liên kết không có bản mắt :  $N \leq 0,95 \cdot F_h \cdot R$  ;  
 Trong đó : R : cường độ tính toán chịu kéo hay nén ( $R_h^k$  ,  $R_h^n$  ) của đường hàn đối đầu;  $F_h$  : diện tích tiết diện thanh liên kết ( diện tích tiết diện đường hàn )

### 5.3.4. DÀN ỨNG SUẤT TRƯỚC

- Phương pháp : đặt các dây căng bằng thép cường độ cao ( dây cáp , bó thép sợi cường độ cao , . . . )
- Tác dụng :  
 + Tạo nên ứng suất trước trong tất cả các thanh dàn  
 + Các thanh chịu lực chính ( thanh cánh trên , thanh cánh dưới ) : giảm bớt lực
- Chú ý :  
 + Cần bảo đảm ổn định cho thanh cánh dưới trong quá trình gây ứng suất trước  
 + Ứng suất trước có thể thực hiện ở : vị trí thiết kế , tại hiện trường
- **CẤU TẠO**  
 + Tiết diện các thanh giống dàn thường  
 + Dây căng phải đặt theo trục dàn hay đối xứng với trục thẳng đứng của dàn  
 + Chọn loại neo phụ thuộc vật liệu làm dây căng và trị số lực trong dây căng
- **TÍNH TOÁN (Xem KCT3)**  
 + Dàn có dây căng tạo ứng suất trước trên nhiều thanh thì kết cấu dàn được tính như hệ siêu tĩnh . Lấy nội lực trong dây căng làm ẩn số .

Nhu vậy, trong thực tế làm việc chẳng hạn như kết cấu cầu : giữa 2 nút dàn ai cảm đoàn xe chạy bên trên được → tức là tải trọng sẽ tác dụng lên thanh dàn trong khoảng 2 mắt dàn. Hoặc kết cấu mái có xà gồ , Pa nên đặt không đúng mắt dàn thì sau. Trong trường hợp này người ta có 2 cách giải quyết sau :

Hình 5.10 Giải thiết tính toán dàn



Các thanh trong dàn chỉ chịu kéo hoặc nén.

- + Tải trọng tác dụng lên dàn được qui về lực tập trung đặt tại mắt dãn 3 Do vậy thanh trong dàn liên kết khớp ở 2 đầu.
  - + Mắt dàn là giao điểm của các trục thanh và được xem là khớp lý tưởng → các
- Để giải được loại KC này, ta đưa ra các giả thiết sau:

### 5.2.1. CÁC GIẢ THIẾT TÍNH TOÁN

### 5.2. TÍNH DÀN

- + Tiết diện được chọn theo độ mảnh cho phép đối với thanh giằng, để an toàn nên lấy theo điều kiện chịu nén (vì hệ giằng có thể chịu nén hoặc có thể chịu kéo)
- + Ở nơi có hệ giằng hướng ngang → bắt buộc có hệ giằng đứng , nhưng ở nơi có nút đỉnh nóc (bắt buộc), nút đầu dàn, nút dưới chân cửa trời.
- + Ở những vị trí không có hệ giằng đứng thì đã có thanh chống dọc nhà : xà gồ nóc, thanh suốt. Thanh chống dọc nhà dùng để cố định những nút quan trọng: đứng thì mới bố trí HGD liên tục suốt chiều dài
- + Theo phương dọc, hệ giằng đứng không bố trí liên tục để tránh hiện tượng một khoang bị phá hoại sẽ phá hoại hết hệ giằng, thường bố trí cách 2 – 3 khoang, tới thiểu cách một khoảng. Chỉ trong trường hợp có cấu trúc treo vào hệ giằng
- + Nếu nhịp  $L \leq 30m$  thì chỉ đặt hệ giằng đứng ở giữa
- + dàn vì kéo luôn có hệ giằng đứng.
- + Khoảng cách giữa chúng theo phương ngang không lớn hơn 15m, ở hai đầu
- + Được đặt theo phương đứng

### - Cấu tạo

- + tròng của cầu trực treo.
- + Với nhà xưởng có cấu trúc treo (đặt ở hệ giằng đứng) → Hệ giằng đứng chịu tải
- + Đảm bảo vị trí chính xác giữa 2 mắt phẳng dàn vì kéo khi dựng lắp
- + Làm điểm tựa cho hệ giằng hướng ngang đặt trong mặt phẳng cảnh thường

$$F_2 = n_p \cdot p'_m \cdot B \cdot d$$

$$\text{Hoạt tải : } F_1 = n_p \cdot p'_m \cdot B \cdot d/2$$

$$G_2 = n_g \cdot (g'_m + g_d) \cdot B \cdot d$$

$$\text{Tĩnh tải : } G_1 = n_g \cdot (g'_m + g_d) \cdot B \cdot d/2$$

- Lực tập trung đặt tải mặt dãn :

$$p'_m = \frac{P_m}{\cos \alpha} \quad (\text{kg/m}^2 \text{ mặt bằng})$$

$$g'_m = \frac{G_m}{\cos \alpha} \quad (\text{kg/m}^2 \text{ mặt bằng})$$

- Qui đổi toàn bộ tải trọng trên 1 đơn vị diện tích mặt bằng :

### c. TẢI TRỌNG BUA VỀ MẶT :

- Hệ số vượt tải :  $n_p = 1,3$

$$+ p_m = 35 - 50 \text{ kg/m}^2 \rightarrow \text{mái nhẹ}$$

$$+ p_m = 75 \text{ kg/m}^2 \rightarrow \text{mái nặng}$$

- Qui phạm với hoạt tải mái :

treo ( nếu có ) , ...

- Gồm : trọng lượng người , thiết bị sửa chữa mái ( hoạt tải mái ) , tải trọng gió , cần trục

### b. HOẠT TẢI :

+  $\alpha$  : hệ số trọng lượng bản thân dãn :  $\alpha = 0,6 - 0,9$  cho  $L = 18 - 36 \text{ m}$

+ L : nhịp dãn

+  $n_g$  : hệ số vượt tải lấy bằng 1,1

+ 1,2 : hệ số kể đến trọng lượng các thanh giằng và xà gỗ

Được tính theo công thức kinh nghiệm :  $g_d = n_g \cdot 1,2 \cdot \alpha \cdot L$

### - Trọng lượng bản thân kết cấu mái : ( $g_d$ )

+ Các tấm lợp vật liệu khác lấy theo catolô của nhà sản xuất

+ Panen : 250 - 350 kg/m<sup>2</sup>

+ Fibro : 30 kg/m<sup>2</sup>

+ Tôn : 25 kg/m<sup>2</sup>

+ Ngói : 45 - 60 kg/m<sup>2</sup> mái

### - Tải trọng tấm lợp : ( $g_m$ )

cửa mái , trần , ...

- Gồm : tấm lợp , tấm chống thấm , các lớp cách nhiệt , xà gỗ , bản thân dãn giằng ,

### a. TÍNH TẢI :

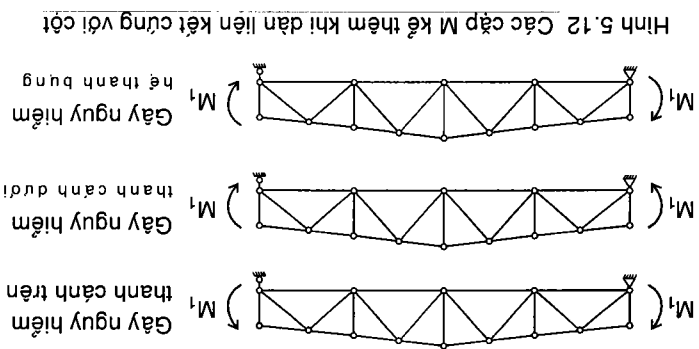
#### 5.2.2. TẢI TRỌNG TÁC DỤNG LÊN MẶT DÀN

uốn của thanh dãn dơ (kết cấu mái)

+ Dùng dãn phân nhỏ hoặc tính dãn bình thường sau đó kiểm tra lại khả năng chịu

dãn (thường dùng cho kết cấu cầu).

+ Dùng hệ thống dãm có mặt truyền lực  $\rightarrow$  để truyền tải trọng về tập trung dùng mặt



Hình 5.12 Các cặp M kể thêm khi dàn liên kết cứng với cột

Trong TH dàn liên kết cứng với cột, tải trọng tác dụng vào dàn thêm 3 cặp mômen ở 2 đầu (Sẽ học kỹ trong phần Dầm Mái Nhà Công Nghiệp)

Trên đây là TH dàn liên kết khớp với cột.

$$G_1 = n_g \cdot (g_m' + 0,5 \cdot g_d) \cdot B \cdot d/2$$

$$G_1'' = n_g \cdot (g_r' + 0,5 \cdot g_d) \cdot B \cdot a/2$$

$$G_1 = n_g \cdot (g_m' + 0,5 \cdot g_d) \cdot B \cdot d$$

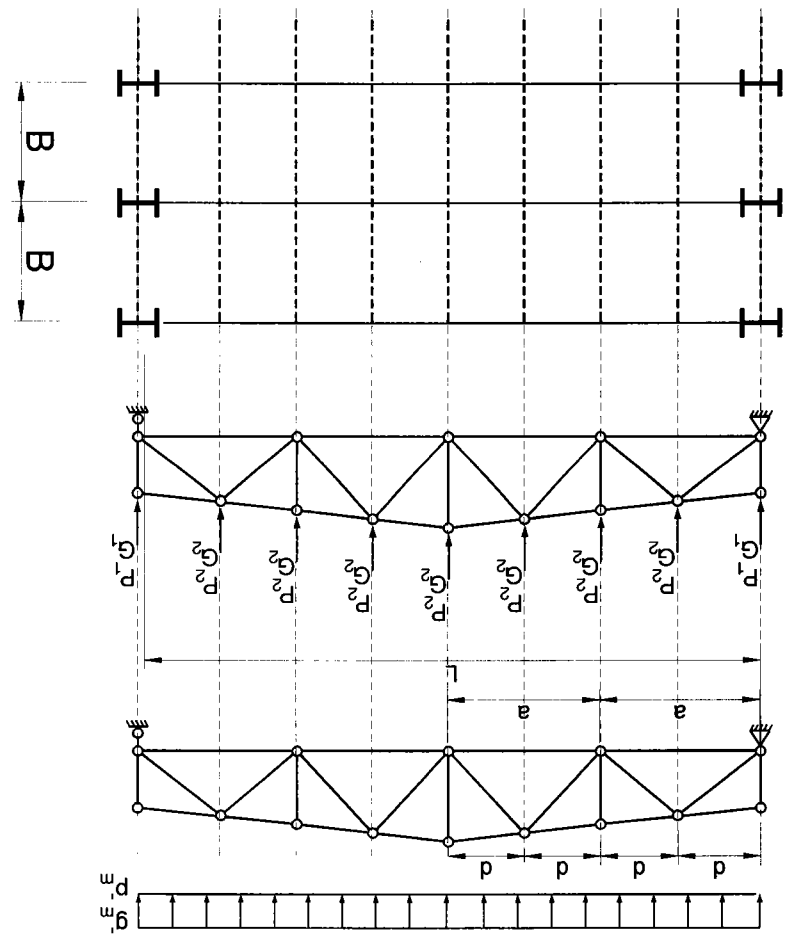
$$G_1'' = n_g \cdot (g_r' + 0,5 \cdot g_d) \cdot B \cdot a$$

Tính tải :

Khi đó Trọng lượng bản thân dàn chia đôi : 1/2 cho các mắt trên; 1/2 cho các mắt dưới.

- Trường hợp dàn cơ trăn :  $g_r > 30 \text{ kg/cm}^2$  ;  $p_r = 30 \text{ kg/cm}^2$

Hình 5.11 Xác định tải trọng





### 5.2.3. XÁC ĐỊNH NỘI LỰC VÀ TỔ HỢP TẢI TRỌNG

#### a. Các trường hợp tải trọng tĩnh toàn:

- Tải trọng thường xuyên đặt cả dàn
- Tải trọng thường xuyên đặt cả dàn
- Tải trọng tĩnh ½ dàn trái
- Tải trọng tĩnh ½ dàn phải
- Tải trọng tĩnh ¼ dàn cả dàn
- Tải trọng tĩnh ¼ dàn cả dàn
- Tải trọng tĩnh ¼ dàn phải
- Tải trọng tĩnh ¼ dàn trái
- Tải trọng tĩnh ¼ dàn phải (dàn không gian có bốn trường hợp góc)
- Tải trọng cầu trục treo (nếu có), thường dùng dùng ảnh hưởng phần lực gối tựa tại vị trí treo cần trục vào dàn

Chú ý :

- Nếu có lực đặt ngoài mặt , thường đặt thêm dàn phân nhỏ để triệt tiêu momen do lực ấy gây ra

- Nếu không thì ngoài nội lực dọc trục, thanh dàn còn chịu uốn cục bộ . Momen uốn cục bộ được xác định gần đúng theo sơ đồ dầm đơn giản, gối tựa là mặt dàn, nhịp là khoảng cách ngang của 2 mặt

$$M_{cb} = \frac{\psi.P.d}{4}$$

Trong đó :

+  $\psi$  : hệ số kể đến tính liên tục của cánh trên

$\psi = 1$  : khoảng đầu

$\psi = 0,9$  : cho các khoảng bên trong

+  $P$  : lực tập trung đặt ngoài mặt

+  $d$  : khoảng cách ngang giữa 2 mặt

#### b. Xác định nội lực : có thể tính theo các phương pháp sau

- Giải tích : PP Tách mặt hoặc PP Mặt cắt
- Eo hòa : *Crémona* (DA)
- Ngày nay với sự phát triển công nghệ máy tính, có thể dùng các phần mềm chuyên dùng để giải.
- Trường hợp bài toán chịu tải trọng di động, ta phải dùng *lý thuyết đường ảnh hưởng để xác định nội lực*. (Học trong CKC1)
- Sau khi giải xong lập thành bảng "Nội lực tĩnh cho các trường hợp tải trọng" theo mẫu.

#### Phương pháp giải đồ Crémóna :

- Chọn tỉ lệ : Vd 2cm = 1T
- Đặt tên các miền của lực.
- Vẽ da giác lực khép kín. (Đi 1 vòng da giác lực khép kín , nếu không → lực không cân bằng)
- Vẽ da giác dày



# Giáo trình kết cấu thép

**BÀI GIẢNG MÔN HỌC**  
**CẦU THÉP**  
( PHẦN GIÁO TRÌNH NÂNG CAO )

**TS. LÊ THỊ BÍCH THUY**

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. Tiêu chuẩn kỹ thuật công trình giao thông đường bộ – Bộ Giao Thông Vận Tải.
2. Nguyễn Như Khải – Nguyễn Minh Hùng – Cầu thép (phần giáo trình nâng cao), Đại học Xây Dựng Hà Nội 1997.
3. Nguyễn Như Khải – Nguyễn Bình Hà...- Cầu thép bê tông cốt thép liên hợp – NXB Xây Dựng - 2005.
4. Qui trình kỹ thuật thiết kế kết cấu nhịp cầu thép liên hợp với bản BTCT – NXB Giao Thông Vận Tải.
5. Thiết kế , thi công cầu đường theo tiêu chuẩn tiên tiến – PGS.TS Vũ Mạnh Lãng dịch.
6. Thiết kế cầu thép ( tiếng Nga) – Moxcva Transport.
7. Narendra Taly – Design of mordern highway Bridges.
8. Steel box girder bridges – International conference – 1973
9. B.E. Ulixkii- Tính toán không gian kết cấu nhịp cầu cong và xiên trên bình đồ – NXB Moxcva 1971

## MỤC LỤC

### PHẦN I :

#### CẦU BTCT LIÊN HỢP

### PHẦN II :

#### CẦU DẦM THÉP TIẾT DIỆN HỢP

### PHẦN I :

#### CẦU BTCT LIÊN HỢP

### PHẦN II :

#### CẦU DẦM THÉP TIẾT DIỆN HỢP

#### CHƯƠNG I: Kết cấu nhịp thép – BTCT liên hợp trong xây dựng cầu

##### I. Sự xuất hiện và phát triển của kết cấu nhịp thép – BTCT liên hợp

##### II. Phân loại kết cấu liên hợp thép – BTCT. Các hình thức gây tạo và điều chỉnh ứng suất

##### III. Tính kinh tế của kết cấu nhịp thép – BTCT liên hợp

#### CHƯƠNG II : Cấu tạo kết cấu nhịp thép – BTCT liên hợp

##### I. Tiết diện ngang kết cấu nhịp liên hợp

##### II. Kết cấu nhịp thép – BTCT liên hợp thông thường (không gây tạo hoặc điều chỉnh ứng suất)

##### III. Kết cấu nhịp thép – BTCT liên hợp có gây tạo hoặc điều chỉnh ứng suất

#### CHƯƠNG III: Tính toán nội lực và biến dạng do tải trọng và DUL

##### I. Các giai đoạn làm việc và đặc điểm tính toán khi gây tạo và điều chỉnh ứng suất

##### II. Sự cùng tham gia làm việc của bản BTCT và thép trong tiết diện liên hợp

##### III. Tính ảnh hưởng từ biến của bê tông và ép xít mối nối bản lắp ghép

#### CHƯƠNG IV: Tính duyệt tiết diện do tải trọng và lực ứng suất trước

##### I. Các tiêu chuẩn trạng thái giới hạn về cường độ và các trường hợp tính toán của t/d

##### II. Các công thức kiểm tra cường độ tiết diện thép – BTCT liên hợp theo các trường hợp tính toán

##### III. Kiểm tra về mỏi của tiết diện thép – BTCT liên hợp

##### IV. Kiểm tra về nứt

#### CHƯƠNG V: Tính toán kết cấu nhịp liên hợp do co ngót bê tông và nhiệt độ thay đổi

##### I. Ảnh hưởng co ngót của bê tông

##### II. Ảnh hưởng của nhiệt độ thay đổi

##### III. Xác định nội lực và ứng suất do co ngót của bê tông và nhiệt độ thay đổi

##### IV. Kiểm tra cường độ và chống nứt của tiết diện có kể đến co ngót của bê tông và nhiệt độ thay đổi

### PHẦN II

#### CHƯƠNG I : Giới thiệu cầu dầm thép tiết diện hộp

##### I. Khái niệm

##### II. Đặc điểm tiết diện và kích thước cơ bản cầu dầm hộp

##### III. Giới thiệu một số cầu dầm hộp đã được xây dựng

#### CHƯƠNG II: Tính toán kết cấu cầu dầm tiết diện hộp

##### I. Khái niệm

##### II. Tính dầm tiết diện hộp chịu uốn trong mặt phẳng chính

##### III. Tính dầm tiết diện hộp chịu xoắn

##### IV. Các ví dụ

# CHƯƠNG I

## KẾT CẤU NHỊP THÉP – BTCT

### LIÊN HỢP TRONG XÂY DỰNG CẦU

#### I. ĐẶC ĐIỂM CHUNG CỦA CẦU THÉP

- Tính chịu lực cao với các loại ứng suất :kéo, nén, uốn, cắt..
- Có thể dùng để chế tạo tất cả các dạng cầu khác nhau: dầm, dàn, vòm, treo... và các hệ liên hợp.
- Thép có trọng lượng riêng lớn, độ bền cao - trọng lượng bản thân nhẹ - xây dựng được những cầu nhịp rất lớn.
- Thép có cường độ cao và mô đun đàn hồi lớn - độ cứng lớn, đảm bảo ổn định dưới tác dụng của tải trọng gió và các loại tải trọng có chu kỳ.
- Sự phá hoại dẻo - phá hoại kèm theo biến dạng lớn - gây phân bố lại nội lực và ứng suất - chịu tải trọng xung kích và ứng suất tập trung tốt.

#### I. ĐẶC ĐIỂM CHUNG CỦA CẦU THÉP

❖ Ưu điểm :

- Tính đồng nhất cao, chịu nhiệt tốt, dễ gia công chế tạo - có thể cơ giới hoá triệt để.
- Các liên kết là dạng liên kết chắc chắn, chịu lực cao, dễ tháo lắp.... Có thể dùng trong các công trình tạm cũng như vĩnh cửu.

#### I. ĐẶC ĐIỂM CHUNG CỦA CẦU THÉP

❖ Nhược điểm :

- Hiện tượng gỉ do tác động của môi trường: gỉ làm ăn mòn kim loại, làm giảm tiết diện chịu lực, phá hoại các liên kết và do đó làm giảm tuổi thọ của công trình.
- Việc sơn mạ chống gỉ chỉ có tác dụng trong một thời gian nhất định- công trình cần thường xuyên kiểm tra, bảo quản, cạo gỉ và sơn lại.
- Chi phí duy tu bảo dưỡng khá cao so với các loại vật liệu khác.
- Vật liệu thép được sử dụng trong rất nhiều ngành công nghiệp khác và cho nhu cầu đời sống hàng ngày
  - Việc sử dụng thép cần được xem xét phù hợp với nhu cầu chung.
  - Hiện nay cầu thép thường chỉ dùng cho kết cấu nhịp các cầu lớn, cầu đường sắt
  - Dùng cho các loại cầu tạm, cầu quân sự cần tháo dỡ nhanh, vận chuyển dễ dàng.
- Giáo trình “cầu thép nâng cao” nghiên cứu kết cấu cầu thép ở dạng kết cấu liên hợp giữa thép - BTCT và một số dạng cầu thép nhịp lớn tiết diện hộp.

Hai hướng phát triển :

- Giảm khối lượng thép của bản thân công trình tới mức tối thiểu
- Giảm khối lượng và chi phí chế tạo, xây dựng cầu thép.

Kết cấu nhịp thép – BTCT liên hợp được tiếp tục phát triển theo 3 xu hướng :

- o Tăng tỉ lệ phần kết cấu BTCT trong tiết diện liên hợp - tiết kiệm thép.
- o Hoàn chỉnh phần mặt cầu: dùng mặt cầu BTCT có độ bền, tuổi thọ cao, chất lượng tốt, bảo vệ được bộ phận thép phía dưới.
- o Toàn bộ phần bản được liên kết với dầm thép tạo thành một hệ liên hợp - kết cấu nhịp trở thành một kết cấu không gian thống nhất toàn khối cùng làm việc.

TÁC DỤNG CỦA BẢN BÊ TÔNG

- Bản cùng tham gia làm việc với dầm
- Có thể điều chỉnh, gây ứng suất trước ngược dấu với ứng suất do tải trọng trong dầm - làm tăng khả năng chịu lực của bản thân dầm thép.
- Có các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật tốt :
  - Giảm khối lượng thép một cách rõ rệt
  - Quá trình phục vụ của cầu hoàn toàn đảm bảo.
- Loại cầu này được sử dụng rộng rãi ở nhiều nước

Kết cấu thép – BTCT liên hợp được thi công theo 2 bước :

**Bước 1** : Lắp ghép dầm thép, hệ liên kết ngang

**Bước 2** : Thi công phân bản BTCT

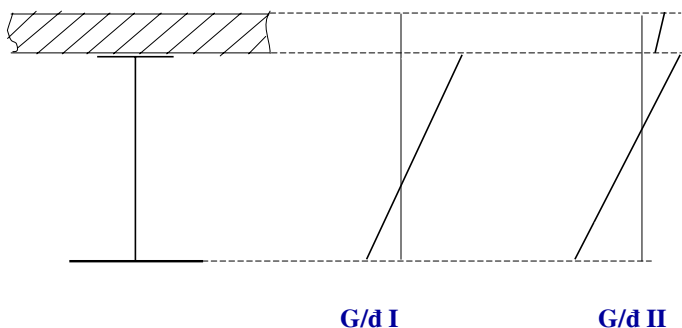
Dầm liên hợp sẽ làm việc theo 2 giai đoạn:

+ **Giai đoạn 1** : riêng dầm thép chịu trọng lượng bản thân nó và trọng lượng phần bản BTCT (khi bê tông chưa đông) G/đ IG/đ II++ ...

+ **Giai đoạn 2** : Tiết diện liên hợp thép – BTCT làm việc như một kết cấu thống nhất chịu các tải trọng còn lại : tĩnh tải phần hai và hoạt tải.

HƯỚNG PHÁT TRIỂN :

- Tăng tiết diện biên dưới dầm thép
- Biên trên thiết kế với kích thước tối thiểu - Kết cấu thường không đối xứng.
- Biểu đồ ứng suất trong tiết diện theo 2 giai đoạn như trên hình 1.1.



**Hình 1.1 : Biểu đồ ứng suất trong dầm liên hợp thép - BTCT**

Đặc điểm :

Bản bê tông làm tăng tải trọng tĩnh đáng kể đối với nhịp lớn ( $l > 60m$ )  $\Rightarrow$  dầm lớn.

Khắc phục : tìm cách giảm nhẹ trọng lượng bản mặt cầu :

- Bỏ hẳn lớp phòng nước, lớp đệm và lớp bảo vệ bằng bê tông
- Giải quyết vấn đề chống thấm tốt, hoặc thay các lớp trên bằng bằng loại vật liệu mới như chất dẻo nhẹ, bền và chống thấm tốt.
- Dùng bê tông số hiệu cao hay bê tông nhẹ
- giảm chiều dày bản.

☞ Dùng biện pháp gây tạo và điều chỉnh  $\Rightarrow$  phân phối lại nội lực do tĩnh và hoạt tải cho các phần bê tông và thép  $\Rightarrow$  việc sử dụng vật liệu đạt hiệu quả nhất.

☞ Có thể kích dầm lên tại vị trí giữa nhịp trước khi lắp ghép hoặc đổ bản mặt cầu trong kết cấu liên hợp.

☞ Dùng biện pháp gây tạo và điều chỉnh  $\Rightarrow$  phân phối lại nội lực do tĩnh và hoạt tải cho các phần bê tông và thép  $\Rightarrow$  việc sử dụng vật liệu đạt hiệu quả nhất.

Có thể kích dầm lên tại giữa nhịp trước khi lắp ghép hoặc đổ bản mặt cầu trong kết cấu liên hợp.

Kết cấu nhịp liên tục - tại gối trên trụ xuất hiện mô men âm  $\Rightarrow$  bản bê tông làm việc chịu kéo.

Gây tạo ứng suất trước hoặc điều chỉnh ứng suất - bố trí phần BTCT làm việc chịu kéo chỉ do hoạt tải

Khống chế ứng suất phát sinh trong bê tông không vượt quá giới hạn cho phép.

Trường hợp kết cấu nhịp liên tục - tại gối trên trụ xuất hiện mô men âm  $\Rightarrow$  bản bê tông làm việc chịu kéo.

Nhờ các biện pháp gây tạo ứng suất trước hoặc điều chỉnh ứng suất để cho phần BTCT làm việc chịu kéo dưới tác dụng của hoạt tải  $\Rightarrow$  cần khống chế ứng suất phát sinh trong bê tông không vượt quá giới hạn cho phép.

## II. PHÂN LOẠI KẾT CẤU LIÊN HỢP THÉP – BTCT.

### CÁC HÌNH THỨC GÂY TẠO VÀ ĐIỀU CHỈNH ỨNG SUẤT

#### 2.1. Phân loại

Tỉ lệ giữa phần bê tông cốt thép và phần thép có thể chênh lệch rất nhiều:

✓ Chủ yếu là thép - gần như một kết cấu thép đơn thuần.

✓ Chủ yếu là BTCT, phần thép không liên hợp với bê tông khá ít - gần như là kết cấu BTCT đơn thuần.

Mức độ của phần BTCT trong kết cấu nhịp thép – BTCT liên hợp được chia ra 2 loại

**Loại 1:** Kết cấu nhịp chỉ phần bản mặt cầu là BTCT, các bộ phận khác hoàn toàn là thép - gần với kết cấu cầu thép (Hình 1-2).

Gồm các dạng sau:

+ Cầu dầm hoặc dàn đường xe chạy trên, bản BTCT liên hợp với dầm hoặc dàn chủ.

+ Cầu dàn đường xe chạy dưới hoặc giữa, bản mặt cầu BTCT liên hợp với hệ dầm mặt cầu - có hoặc không tham gia cùng chịu lực với dàn chủ.

+ Kết cấu nhịp đường xe chạy dưới hoặc giữa, có hệ mặt cầu hoàn toàn bằng BTCT và thường cùng tham gia chịu lực với dàn chủ.

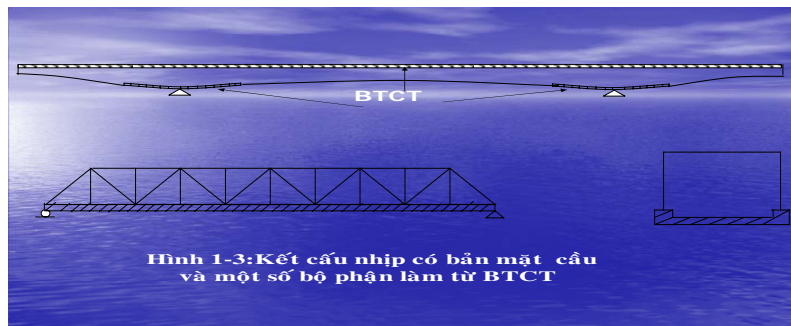


Hình 1-2 : Kết cấu nhịp có bản mặt cầu bằng BTCT

**loại 2** : bản mặt cầu và cả những bộ phận khác cấu tạo từ BTCT - gần với kết cấu BTCT hơn.

Gồm các dạng:

- + Cầu dầm có đường xe chạy trên, bản BTCT ở cả biên trên và dưới cùng chịu lực với dầm chủ.
- + Cầu dầm có hệ mặt cầu và dầm cứng hoặc thanh biên dưới cứng hoàn toàn bằng BTCT.
- + Mặt cầu là BTCT và một số thanh, bộ phận không ở mức mặt cầu cũng bằng BTCT.



Hiện nay :

- Dạng cầu dầm thép đặc có bản mặt cầu BTCT liên hợp được sử dụng rộng rãi nhất.
- Các dạng khác : ít được sử dụng.

## **2.2. Các phương pháp gây tạo và điều chỉnh ứng suất:**

Mục đích :

Tận dụng sự làm việc của BTCT

Giảm bớt sự làm việc của phần thép trong tiết diện - tiết kiệm thép

Chọn :

Tùy thuộc sơ đồ, dạng kết cấu, phương pháp, đặc điểm thi công.

**Phân biệt** : gây tạo ứng suất trước và điều chỉnh ứng suất

- **Tạo ứng suất trước**: tạo ra những nhân tố lực không phụ thuộc vào trọng lượng bản thân kết cấu.

- **Điều chỉnh ứng suất**: làm thay đổi hoặc phân phối lại nhân tố lực do trọng lượng bản thân kết cấu  $\Rightarrow$  thay đổi sơ đồ làm việc của hệ trong quá trình thi công, chất tải bằng từng phần trọng lượng kết cấu... - không có các tác động bên ngoài.

### **Tạo ứng suất trước**

+ Căng cốt thép, bó cáp hoặc thanh tại một số vị trí

+ Dùng kích để ép bản BTCT

+ Gây chuyển vị thẳng đứng hoặc chất tải phụ  $\Rightarrow$  phân phối lại nội lực giữa hai phần thép và BTCT.

+ Tạo đối trọng ở đầu hẫng

+ Căng kéo thêm những bó cốt thép DƯỠ tại gối, dây cáp của kết cấu nhịp cầu treo và cầu dây văng.

### **Điều chỉnh ứng suất do trọng lượng bản thân kết cấu**

Cấu tạo khớp hoặc mối nối tạm thời trong kết cấu siêu tĩnh.

+ Dầm liên tục : khi thi công để các nhịp biên làm việc như dầm hẫng. Sau khi kết cấu võng xuống do trọng lượng bản thân - kê gối ngoài cùng để thành sơ đồ liên tục.

+ Sau khi tính tải đã tác dụng hoàn toàn mới lắp các thanh phụ thêm : như biến kết cấu dầm thành khung.

+ Thay đổi tỉ lệ các phần tính tải tác dụng trước và sau khi liên hợp phần thép và BTCT.

+ Điều chỉnh nội lực dầm liên tục bằng tải trọng tạm thời.

## **III. TÍNH KINH TẾ CỦA KẾT CẤU NHỊP THÉP – BTCT LIÊN HỢP**



### 3.1. Ưu điểm:

- Tiết kiệm thép : 15 – 20%
- Độ cứng kết cấu tăng cả phương đứng và ngang.
- Giảm chi phí sửa chữa , bảo quản vệ sinh so với các loại mặt cầu gỗ, thép.
- Giảm tiếng ồn và giảm tác động xung kích khi xe đi trên cầu.

### 3.2. Nhược điểm :

- Tốn thép hơn 1,5 đến 3 lần so với kết cấu cầu BTCT.
- Nhịp càng lớn  $\Rightarrow$  chênh lệch về khối lượng thép sử dụng so với kết cấu không liên hợp càng giảm, do tĩnh tải trọng lượng bản thân tăng lên rất nhiều.
- Cần chú ý vấn đề chống rỉ cho phần thép.

**$\rightarrow$  sử dụng kết cấu cầu thép – BTCT liên hợp rất phù hợp cho kết cấu cầu dầm giản đơn, liên tục khi có kết hợp với các biện pháp gây tạo và điều chỉnh ứng suất.**

## CHƯƠNG II

### CẤU TẠO KẾT CẤU NHỊP THÉP – BTCT LIÊN HỢP

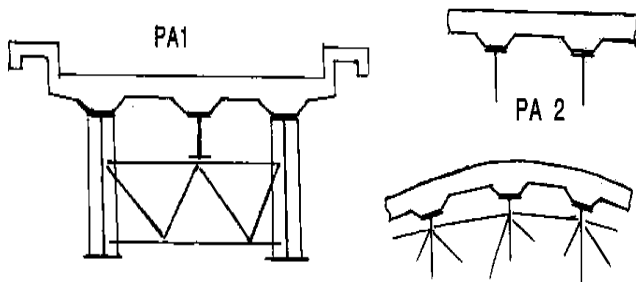
#### . TIẾT DIỆN NGANG KẾT CẤU NHỊP LIÊN HỢP:

Thường có hai dạng :

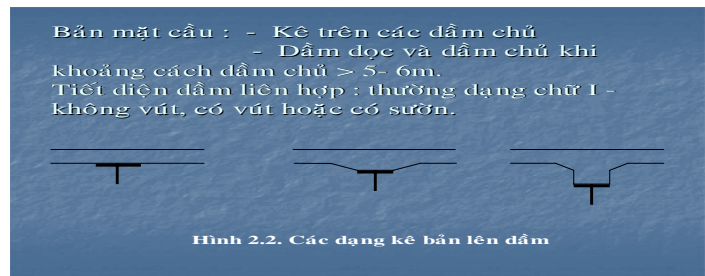
**Dạng 1** : có ít dầm chủ, thường là 2. Kết cấu thường có hệ dầm mặt cầu.

**Dạng 2** : nhiều dầm chủ : kết cấu mặt cầu đơn giản hơn, bản đặt trực tiếp lên dầm chủ.

Bề dày bản mặt cầu có thể không đổi hoặc thay đổi.



Hình 2.1 : Tiết diện ngang dầm liên hợp



## II. KẾT CẤU NHỊP THÉP –BTCT LIÊN HỢP THÔNG THƯỜNG (KHÔNG GÂY TẠO HOẶC ĐIỀU CHỈNH ỨS) :

Nhịp giản đơn:  $h/l = 1/16 - 1/25$ .

Đối với dầm liên tục , hằng đo:  $h/l$  nhỏ hơn.

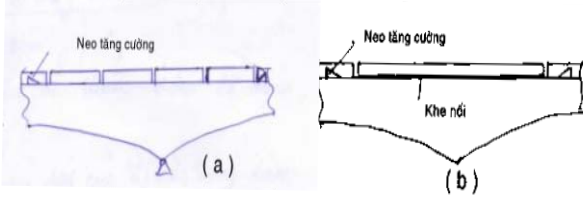
- ❖ **Kết cấu nhịp dầm giản đơn** : bản BTCT nằm ở trên : bản hoàn toàn nằm trong khu vực chịu nén – giống bản BTCT thông thường.
- ❖ **K/c dầm liên tục** : có M âm ở gối : bản rơi vào khu vực chịu kéo  $\Rightarrow$  phải có biện pháp xử lý

### Các biện pháp xử lý:

☞ Cấu tạo các mối biến dạng để loại bỏ sự làm việc của bản BTCT:

- Dùng các mối nối ngang cách nhau vài mét đặt tại khu vực bản ( hình 2.3a).

Nhược : nhiều khe biến dạng.



Hình 2.3 :mối nối bản

- Tạo mối nối dọc giữa bản BTCT và dầm thép trong đoạn bản chịu

M âm (hình 2.3b) ⇒ cần có vật liệu cách ly để bản biến dạng trượt và bảo vệ thép.

Nhược : cấu tạo và bảo quản phức tạp . Phần cuối bản phải có neo tăng cường để chịu lực trượt.

☞ Cấu tạo như dầm liên hợp nhưng không tính đến sự làm việc của bê tông:

- Thường xuất hiện vết nứt trên bản vượt quá trị số cho phép.

☞ Bố trí cốt thép trong bản để chịu kéo: - tốn thêm cốt thép bản nhưng tiết kiệm thép biên trên dầm thép. Hàm lượng cốt thép thường  $\approx 1 - 2\%$ .

☞ Vừa dùng cốt thép chịu kéo trong bản, vừa cấu tạo khe biến dạng giữa bản và dầm thép: tổ hợp của phương pháp 1 và 3. Bản làm việc như một thanh căng phụ - tiết kiệm thép khoảng 5 – 7%.

Trường hợp bản lắp ghép: nhược điểm chung - phải giải quyết mối nối cốt thép bản.

### **III. KẾT CẤU NHỊP THÉP-BTCT LIÊN HỢP CÓ GÂY TẠO VÀ ĐIỀU CHỈNH US:**

Có 2 loại:

- Không dùng cốt thép cường độ cao
- Dùng cốt thép cường độ cao.

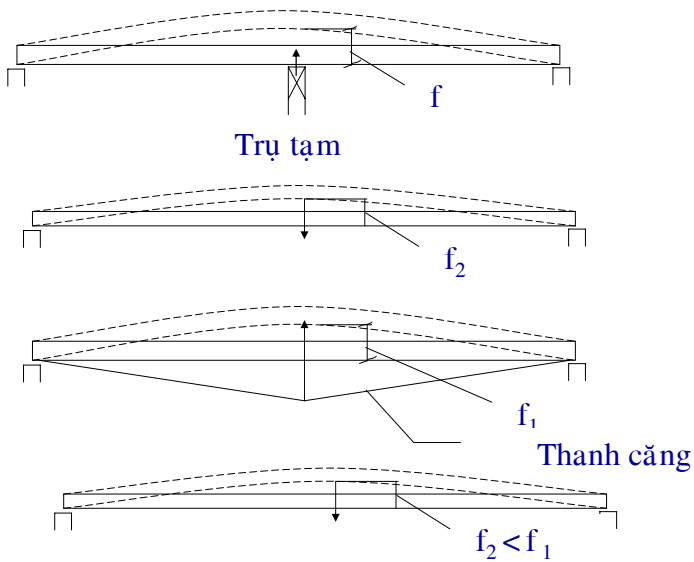
#### **3.1. Biện pháp không dùng cốt thép cường độ cao**

☐ Kết cấu nhịp đơn giản:

**Mục đích** : tận dụng khả năng chịu nén của bê tông, đưa bản vào làm việc nhiều hơn ⇒ giảm nhẹ sự làm việc của phần thép và tiết kiệm thép.

**Biện pháp thông thường** : kích dầm tại giữa nhịp trước khi liên hợp - chuyển tải trọng từ giai đoạn I sang giai đoạn II. Có thể dùng trụ tạm hoặc dùng thanh căng tạm thời.

- Tiết kiệm tới 30% thép.
- Nhịp lớn ⇒ hiệu quả thấp. Thi công nhiều nhịp kinh tế hơn.



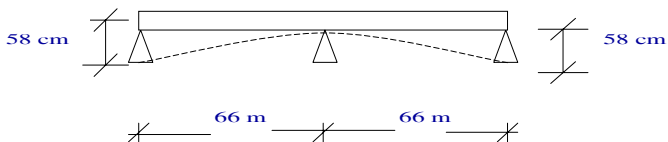
**Hình 2.4 : Dùng trụ tạm hoặc thanh căng**

Kết cấu nhịp liên tục và hẫng:

Mục đích : - Tiết kiệm thép

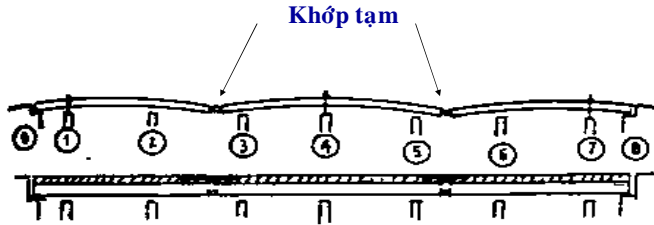
- Chống nứt cho phần bản chịu kéo (M âm) do hoạt tải.

- Dầm có chiều cao thay đổi, kích các gối giữa lên hoặc hạ thấp các gối ngoài - tăng M âm ở gối giảm M giữa nhịp.
- Cấu tạo các khớp tạm thời  $\Rightarrow$  biến thành sơ đồ kết cấu hẫng (mút thừa). Sau sẽ trở về kết cấu liên tục.
- Dùng kích ép bản BTCT và chất tải phụ để gây tạo và đ/c ư



**Hình 2.5: Hạ hai gối bên dầm liên tục**

Cầu liên tục 8 nhịp qua thung lũng Lindbach tỉnh Unna Tây Đức :  $8 \times 37,5 = 300\text{m}$ . Cầu tạo 2 khớp tạm – trụ 1,4,7 kích lên chỉ 0,3m (không có khớp tạm - kích gối giữa 4,5m – gấp 15 lần). Sau khi liên hợp bản, hạ các trụ về chỗ cũ – đặt kích ngang tại khớp để kích, nối và ép bản mà khi hạ gối 1,4,7 chưa đủ.



Hình 2.6: Cầu qua thung lũng Lindbach

### 3.2. Gây tạo ứng suất bằng biện pháp căng cốt

#### thép cường độ cao:

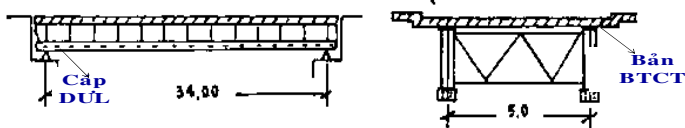
- Ưu điểm : + Sử dụng kết cấu DƯL tại vị trí M âm đảm bảo về mặt kỹ thuật và kinh tế.  
+ Tiết kiệm thép tới mức tối đa.

Phân loại : Có thể chia ra các loại sau:

Kết cấu có bó thép cường độ cao làm nhiệm vụ thanh căng:

- + Các bó thép cường độ cao đặt ngoài tiết diện
- + Liên kết ở các đầu hoặc thêm một số điểm tựa ( $\mu$ ) tại vị trí uốn cong (kết cấu DƯL căng ngoài).
- + Không có sự dính kết với kết cấu.

Cần bảo vệ kết cấu chống rỉ : bọc ống nhựa, đổ BT lấp ống.



Hình 2.7. Cầu qua kênh Neckan

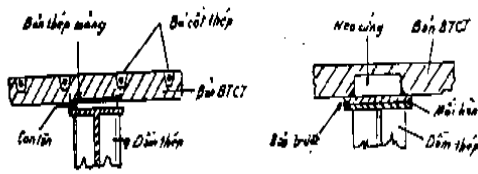
Kết cấu dùng cốt thép cường độ cao gây nén trước dầm thép:

- Cốt thép cường độ cao được căng trên mặt dầm thép tại vị trí có M âm
- Chỉ truyền lên dầm thép.
- Bê tông bản cũng được nén trước bằng biện pháp khác.

Dùng cốt thép cường độ cao gây lực nén cho bản BTCT:

Tùy phương pháp thi công bản BTCT là lắp ghép hay đổ tại chỗ dùng:

- Kết cấu căng sau hay căng trước.
- Căng trước : dùng dầm thép là bộ căng
- Chú ý giải quyết vấn đề bản trượt tự do trên mặt dầm thép - có thể dùng con lăn nhỏ  $\Rightarrow$  phun vữa kín lấp khe giữa bản và dầm. Hoặc dùng bản thép trượt trên mặt dầm hàn  $\Rightarrow$  hàn liền lại.



Hình 2.8: Cấu tạo chỗ tiếp giáp giữa bản và dầm khi căng cốt thép

### Kết cấu dầm cốt thép cường độ cao ép toàn bộ tiết diện:

Các bó cốt thép nằm trong bản (lỗ chừa sẵn) hoặc trong phần dầm thép.

Cốt thép một số neo vào bản, một số neo và dầm để giảm bớt lực trượt đầu neo.

#### Ưu điểm:

- Tiết kiệm thép nhiều hơn
  - Không cần cấu tạo bộ phận để bản và dầm trượt tự do với nhau.
- Phân bố cốt thép dễ dàng, không cần tập trung chỉ trên phạm vi dầm thép.
- Vừa gây UST trong thép và bản bê tông  $\Rightarrow$  hiệu quả hơn.
- Dầm thép không có bản BTCT không thể tạo được lực UST lớn do ổn định của biên chịu nén  $\Rightarrow$  kết cấu liên hợp có khả năng tạo UST lớn hơn.

## CHƯƠNG III

### TÍNH TOÁN NỘI LỰC VÀ BIẾN DẠNG DO TẢI TRỌNG VÀ DÙL

#### I. CÁC GIAI ĐOẠN LÀM VIỆC VÀ ĐẶC ĐIỂM TÍNH TOÁN KHI GÂY TẠO VÀ ĐIỀU CHỈNH ỨNG SUẤT:

##### 1.1. Các giai đoạn làm việc: cần thực hiện 2 bước:

- Tính toán nội lực các bộ phận kết cấu.
- Tính toán kiểm tra theo các điều kiện :bền, ổn định, mỏi, độ cứng và chống nứt.
- Kết cấu thép -BTCT liên hợp: cần phân tích các giai đoạn làm việc của kết cấu.
- Số giai đoạn xác định bởi số các bộ phận tiết diện lần lượt tham gia chịu lực.

Thông thường có 2 giai đoạn làm việc:

- Giai đoạn 1: Riêng dầm thép. Tải trọng :trọng lượng dầm và bản BTCT.
- Giai đoạn 2: Tiết diện liên hợp thép – BTCT. Tải trọng phần 2
  - Trường hợp một vài bộ phận tiết diện tham gia cùng một lúc : số giai đoạn sẽ ít hơn số bộ phận tiết diện.
  - Sơ đồ tính toán hoặc tác dụng của tĩnh tải có thay đổi trong quá trình một giai đoạn - giai đoạn làm việc sẽ được phân làm các bước nhỏ.

Khái niệm tham gia làm việc của bản : bản được liên kết chặt chẽ với kết cấu thép (cùng làm việc) - hoặc được gây tạo ứng suất trước trên kết cấu thép trước khi liên kết.

Đối với cốt thép cường độ cao, tham gia làm việc là khi căng cốt thép DUL.

Việc phân tích nội lực theo các giai đoạn : chỉ do tải trọng và gây tạo điều chỉnh ứng suất.

Các nội lực do có ngót bê tông, ảnh hưởng của thay đổi nhiệt độ... phát sinh trong giai đoạn cuối cùng của tiết diện - tính riêng và cộng các tác dụng của chúng sau.

## **1.2. Xác định các nội lực theo giai đoạn làm việc trong những trường hợp gây tạo và điều chỉnh ứng suất:**

Các thành phần nội lực:

- Do tĩnh và hoạt tải
- Do gây tạo và điều chỉnh ứng suất: thêm mối nối hay khớp, nối cứng các mối nối hay khớp, thêm hoặc bỏ trụ tạm, thêm các thanh sau khi chắt 1 phần tĩnh tải... (các nhân tố lực ngoài) - chỉ có sự thay đổi nội lực do tĩnh tải.
- Nội lực cuối cùng bằng tổng cộng nội lực trong các giai đoạn và những bước của mỗi giai đoạn.

### **VÍ DỤ**

kết cấu siêu tĩnh làm việc theo 2 giai đoạn: Điều chỉnh ở giai đoạn I các bước a, b... và cả trong giai đoạn II các bước c, d...

Ta sẽ có :

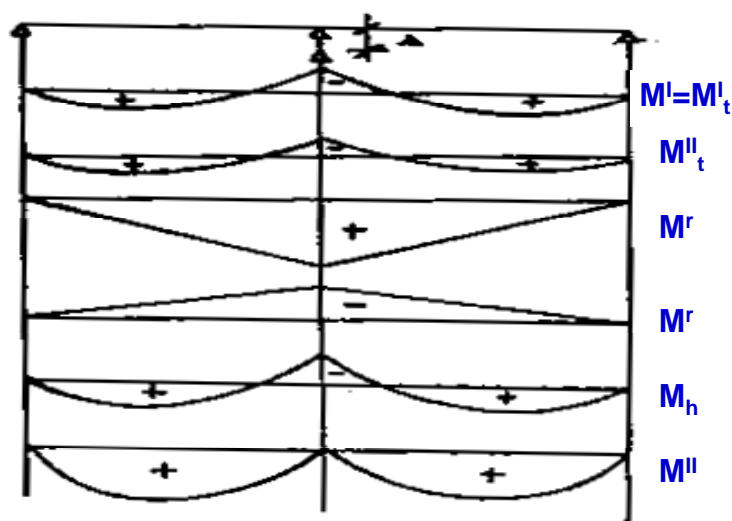
$$M^I = M_t^a + M_t^b + \dots$$

$$M^{II,t} = M_t^c + M_t^d + \dots + M^{CR} + M_h$$

Trong đó:  $M_t^a, M_t^b, M_t^c, M_t^d$  : nội lực do tĩnh tải thẳng đứng trong các giai đoạn và đợt làm việc.

$M_h$  : Nội lực do hoạt tải thẳng đứng.

$M^{CR}$  : Nội lực do từ biến (chỉ có trong kết cấu siêu tĩnh)



**Hình 3-1 : Biểu đồ nội lực khi dùng biện pháp điều chỉnh gối giữa**

▪ Điều chỉnh bằng cách nâng hạ gối, chuyển vị:

Việc tạo ứng suất trước và điều chỉnh nội lực: thường tạo lực ngược dấu trong kết cấu thép trước khi liên hợp. Sau đó sẽ cắt bỏ lực điều chỉnh.

Hình 3-1: cho gối giữa chuyển vị xuống 1 đoạn  $\Delta$ . Kết cấu làm việc theo 2 giai đoạn:

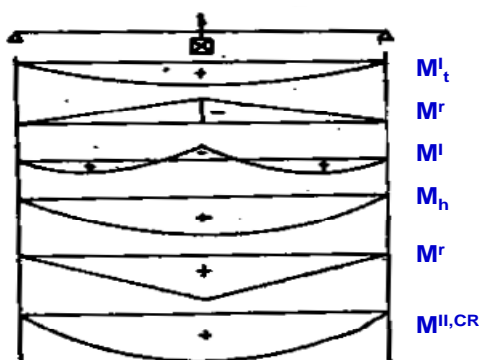
$$M^I = M_t^I - M^r$$

$$M^{II,CR} = M_t^{II} + M^r + M^{CR} + M_h$$

Ví dụ hình 3-2: điều chỉnh ứng suất trong dầm thép – BTCT liên hợp nhịp giản đơn.

Nội lực tổng cộng do dầm chịu :  $M_t + M_h$  ⇨ một phần tĩnh tải của giai đoạn I chuyển sang t/d giai đoạn II chịu (t/d liên hợp)

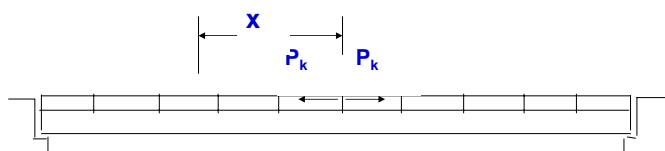
⇨ ứng suất trong phần thép giảm đi và trong phần BTCT tăng lên.



Hình 3-2 : Biểu đồ nội lực trong dầm đơn giản

▪ Tổng hợp gây ép trước bản BTCT bằng cách đặt kích nằm ngang

Bản đã tham gia làm vệc (chịu nén trước) tuy chưa liên kết dầm thép. Trường hợp hình 3-3 ở giai đoạn 2 có 2 bước:



Hình 3-3 : Gây ứng suất bằng cách kích bản BTCT

Bước a : Gây ứng suất trước.

Lực ép trong bản hay lực kéo trong dầm thép tại t/d cách vị trí kích 1 đoạn x:

$$N^{II,a} = N^r = P_k - f \cdot g_b \cdot x$$

Trong đó :  
 f: hệ số ma sát giữa bản và dầm  
 g<sub>b</sub>: trọng lượng bản thân bản  
 x: khoảng cách từ điểm đặt kích tới vị trí đang xét.



**Bước b:** Bỏ kích sau khi đã liên kết bản và dầm. Đổ bê tông mỗi nối -  $N_r$  vẫn tồn tại.

Từ  $N_r$  xác định nội lực tổng cộng trong giai đoạn 2:

$$M^r = N^r \cdot y$$

$y$ : khoảng cách từ trọng tâm  $N^r$  tới vị trí tính mô men

### ▪ Gây ép trước bằng cách căng cốt thép cường

#### độ cao

Lực căng truyền cho kết cấu giống ngoại lực tại các vị trí neo, uốn cong cốt thép. Thường lực căng trong bó cốt thép và kết cấu cân bằng lẫn nhau.

+ K/cấu tĩnh định đối ngoại: không thể sinh phản lực gối.

+ K/cấu siêu tĩnh đối ngoại: sinh phản lực gối tự cân bằng.

Trong kết cấu căng sau, có nhiều bó không kéo đồng thời, trong bó thứ  $K$  (trừ bó cuối cùng) nội lực sẽ giảm đi:  $N_k^\Delta$

$$N_k^\Delta = \sum N_{i,k}^\Delta$$

$N_{i,k}^\Delta$ : lực giảm trong bó  $K$  do khi căng riêng bó  $i$ .

Có lực trong các bó cốt thép  $\Rightarrow$  xác định được nội lực trong kết cấu do ứst.

### 1.3. Lực ứng suất trước kiểm tra, tiêu

#### chuẩn và các loại mất mát:

Khái niệm cơ bản:

- lực ứng suất trước kiểm tra: lực đo được khi gây tạo ứng suất.
- Khi điều chỉnh nội lực: phản lực gối tựa (do kích) kiểm tra, chuyển vị kiểm tra và tải trọng tĩnh kiểm tra.
- Lực ứng suất trước tiêu chuẩn: trị số lực ứng suất trước được đưa vào tính toán trong mỗi thời kỳ làm việc của kết cấu.

☞ Có 2 dạng lực kiểm tra:

+Lực kiểm tra trước khi neo cốt thép :  $N_p^{r(C)}$   
đo bằng áp lực kế của kích.

+Lực kiểm tra sau khi neo cốt thép :  $N_p^{r(CT)}$  đo  
bằng độ dài của cốt thép hoặc biến dạng của  
kết cấu.

+Trị số chênh lệch - là mất mát do biến dạng  
của neo và do ma sát (anchor and friction):

$$N_p^{r(CT)} = N_p^{r(C)} - N_p^{(A)} - N_p^{(F)}$$

☞ **Trong thời gian đầu xuất hiện:**

+ Mất mát do chùng dãn cốt thép  $N_T^{(R)}$   
+ Do kéo các bó cốt thép không đồng thời  $N_T^{(\Delta)}$

☞ **Sau một thời gian:**

+ Toàn bộ mất mát do từ biến của BT và ép xít  
mỗi nối  $N_T^{CR}$

+ Mất mát do co ngót bê tông (trong tổ hợp phụ  
các tải trọng)  $N_T^{(sh)}$

#### **1.4. Hệ số vượt tải của lực UST và điều chỉnh US:**

- Lực tính toán = lực tiêu chuẩn \* hệ số vượt tải khi điều chỉnh ứng suất(nr)
- Tính trong trị số chuyển vị, lực kích...
- nr = 1 khi :

- Gây tạo hoặc điều chỉnh ứng suất tiến hành trước khi phần BTCT tham gia làm việc và trong sơ đồ tĩnh định.

- Cốt thép DƯỠ gây ứng suất trước không có chỗ uốn cong.

- Có ít nhất 2 cách độc lập tin cậy để kiểm tra lẫn nhau khi gây tạo hoặc điều chỉnh ứng suất.

- Các trường hợp khác: nr lấy giá trị 1,1 hoặc 0,9 tùy cách tính nào bất lợi hơn.

## **II. SỰ CÙNG THAM GIA LÀM VIỆC CỦA BẢN BTCT VÀ THÉP TRONG TIẾT DIỆN LIÊN HỢP**

### **2.1. Giả thiết về tính đàn hồi của bê tông**

#### **2.1.Giả thiết về tính đàn hồi của bê tông**

Bê tông : + là vật liệu không đàn hồi: biến dạng không tỉ lệ với ứng suất.

+ Là kết cấu chịu kéo kém và chịu ép không đàn hồi.

Nhưng : + Trong tính toán kết cấu liên hợp - giả thiết BT làm việc đàn hồi.

+ Tính không đàn hồi - xét qua hình thức tính toán điều chỉnh (bằng phương pháp gần đúng khi duyệt cường độ, mỏi và chống nứt của các tiết diện).

#### **Trong các bài toán siêu tĩnh :**

- BT được coi như làm việc đàn hồi

- - không phụ thuộc vào ứng suất kéo hay nén.

- Ảnh hưởng của sự không tham gia của một phần tiết diện (khi bị kéo nứt) hoặc chuyển từ đàn hồi sang dẻo được bỏ qua.

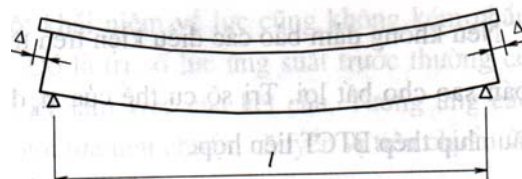
## **2.2. Ảnh hưởng trượt giữa bản BTCT và thép tới nội lực:**

- Các tài liệu lý thuyết và thực nghiệm đã chứng minh: tính chất đàn hồi của mối liên kết giữa bản và dầm ảnh hưởng không đáng kể tới sự phân phối lại nội lực và ứng suất giữa chúng dưới tác dụng của tải trọng.
- GS. M. Borodish dựa trên lý thuyết thanh tổ hợp liên kết đàn hồi với nhau của Rjanishin đã n/c hàng loạt cầu dầm thép BTCT liên hợp đơn giản, cho thấy kết quả tính toán không chênh lệch đáng kể so với giả thiết tiết diện phẳng của kết cấu thép – BTCT liên

- Nếu tại mỗi nối giữa bản và dầm xuất hiện biến dạng trượt - một phần tải trọng giai đoạn 2 sẽ không truyền cho t/d liên hợp mà phân cho dầm thép và bản BTCT riêng rẽ  $g_s$  và  $g_c$ .
- Gọi  $\Delta$  là độ trượt tương đối giữa bản BTCT và dầm thép tại đầu của dầm liên hợp có nhịp  $l$ :

$$g_s = \frac{24E_s I_s}{Z_{c,s} \cdot l^3} \Delta$$

$$g_c = \frac{24E_c I_c}{Z_{c,s} \cdot l^3} \Delta$$



**Hình 3-4. Giữa bản BTCT và dầm thép có biến dạng trượt**

$Z_{C,S}$  : khoảng cách từ trọng tâm phần

hợp.

tiết diện bản bê tông tới dầm thép.

Toàn bộ tải trọng:

sẽ phân phối lại như sau:

Dầm thép chịu:

Bản BTCT chịu:

Dầm liên hợp chịu:

$q$ : tải trọng do hoạt tải

- Ví dụ: cầu xe lửa nhịp 45m, ứng  $\Delta = 1$  mm - ỨS biên dưới dầm thép tăng 0,6%; ứng suất bản giảm 3%. Trong thực tế sử dụng -  $\Delta$  nhỏ hơn nhiều, và sự phân phối lại ứng suất còn nhỏ nữa nên có thể bỏ qua.

## **2.3. Phần bản BTCT tham gia vào tiết diện tính toán của dầm liên hợp:**

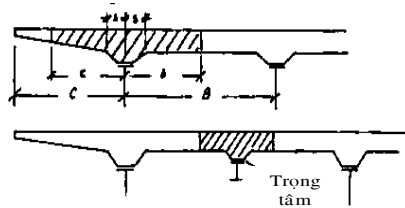
- ❖ Mục đích : làm cho ứng suất lớn nhất thực tế (phân bố không đều) xấp xỉ bằng với ứng suất tính toán (coi như phân bố đều).
- ❖ Sự phân bố ứng suất trong bản không giống nhau trên chiều dài nhịp: ở gối rất chênh lệch, giữa nhịp tương đối đều hơn.
- ❖ Bề rộng tính toán của bản lấy theo điều kiện làm việc ở đoạn giữa nhịp. Tiết diện gần gối vẫn an toàn vì ứng suất pháp nhỏ ( $M$  nhỏ). Lực cắt : ứng suất tiếp tính ra sẽ lớn hơn trong thực tế.

Bề rộng cánh bản xác định như sau:

Khi :

$$l \geq 4B : b = \frac{B}{2}$$

$$l < 4B : b = S + 6h_b \left\{ \begin{array}{l} \leq \frac{B}{2} \\ \geq \frac{l}{8} \end{array} \right.$$



Hình 3-5: Bề rộng cánh bản tham gia làm việc

Trong đó:

- l- chiều dài nhịp tính toán.
- hb- bề dày trung bình của bản.
- Trường hợp bản BTCT liên hợp với dầm dọc: tính dầm dọc với trọng tâm t/d liên hợp nằm vào mép dưới bản.
- Khi tính dầm chủ: sẽ kể cả tiết diện dầm dọc nằm trong phạm vi cánh bản tham gia chịu lực nhưng có hệ số ĐKLV  $m = 0,9$ .

### III. TÍNH ẢNH HƯỞNG TỪ BIẾN CỦA BÊ TÔNG VÀ ÉP XÍT CÁC MỐI NỐI BẢN LẮP GHEP

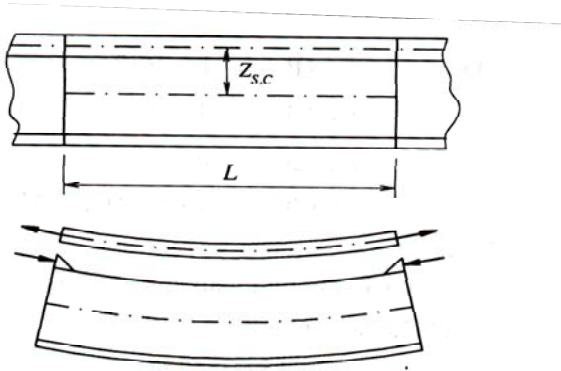
#### 3.1. Quan hệ giữa biến dạng và ứng suất do từ biến của bê tông

- ✓ Hiện tượng từ biến của BT dẫn đến sự phân phối lại nội lực giữa BT và thép - giảm ứng suất trong bê tông.
- ✓ Ứng suất do từ biến BT bản chỉ phát sinh do ảnh hưởng của tải trọng tĩnh lên tiết diện liên hợp (giai đoạn II).
- ✓ Tính đến ứng suất này khi

$$\sigma_c > 0.2R_c$$

- Có nhiều phương pháp để tính từ biến trong kết cấu liên hợp. Nhiều tác giả phương tây xét từ biến đồng thời với sự xuất hiện co ngót và co ngót này ảnh hưởng lại đến từ biến - rất phức tạp.
- P.pháp của GS. Gibsman tương đối đơn giản hơn - dựa trên giả thiết là biến dạng và ứng suất khi từ biến tuân theo cùng một qui luật. Giáo sư còn đưa ra p.pháp tính gần đúng đơn giản nhất dựa vào mô đun đàn hồi có hiệu:  $E_{eff} = 0,4 EC$ .
- Phương pháp tính của Strelesky đã được chấp nhận trong qui phạm tính kết cấu nhịp thép – BTCT liên hợp : “phương pháp bản mỏng” dựa trên cơ sở p.pháp tính của Gibsman nhưng đơn giản hơn:
  - Xét sự làm việc của dầm liên hợp dưới tải trọng tĩnh g. Trên đoạn L có đặc trưng h.học không đổi.
  - Các ký hiệu với mức trọng tâm t/diện bê tông:

- ứng suất tại trọng tâm bản BTCT lúc ban đầu, tính toán xuất phát từ sự làm việc đàn hồi của BT (trước khi từ biến)



Hình 3-6. Sự làm việc của một đoạn dầm liên hợp

$\varepsilon_{C(0)} = \frac{\sigma_{C(0)}}{E_c}$  : biến dạng dẻo tương đối của BT lúc bắt đầu từ biến

$\eta_c$  : biến dạng dẻo tương đối do từ biến

$\bar{\sigma}_c^{CR}$  : độ giảm ứng suất do từ biến

$\bar{\xi}_c^{CR} = \frac{\bar{\sigma}_c^{CR}}{E_c}$  : Biến dạng đàn hồi tương đối do sự giảm ús.

$\varepsilon_c^{CR} = \eta_c - \bar{\xi}_c^{CR}$  : độ tăng biến dạng tương đối do từ biến

Cần xác định các thông số từ biến sau:

➤ Thông số về thay đổi ứng suất trong bê tông:

$$\alpha = - \frac{\bar{\sigma}_c^{CR}}{\sigma_{C(0)}}$$

➤ Thông số về thay đổi biến dạng tương đối trong bê tông:

$$\beta = \frac{\varepsilon_c^{CR}}{\varepsilon_{C(0)}} = \frac{\eta_c - \bar{\xi}_c^{CR}}{\varepsilon_{C(0)}}$$

➤ Mô đun đàn hồi có hiệu của bê tông :

$$E_{eff} = \frac{\sigma_{C(0)} - \bar{\sigma}_c^{CR}}{\varepsilon_{C(0)} + \varepsilon_c^{CR}} = \frac{\sigma_{C(0)} - \bar{\sigma}_c^{CR}}{\varepsilon_{C(0)} + \eta_c - \bar{\xi}_c^{CR}}$$

Cần xác định các thông số từ biến sau:

➤ Thông số về thay đổi ứng suất trong bê tông:

$$\alpha = -\frac{\sigma_C^{\overline{CR}}}{\sigma_{C(0)}}$$

➤ Thông số về thay đổi biến dạng tương đối trong bê tông:

$$\beta = \frac{\varepsilon_C^{\overline{CR}}}{\varepsilon_{C(0)}} = \frac{\eta_C - \xi_C^{\overline{CR}}}{\varepsilon_{C(0)}}$$

➤ Mô đun đàn hồi có hiệu của bê tông :

$$E_{eff} = \frac{\sigma_{C(0)} - \sigma_C^{\overline{CR}}}{\varepsilon_{C(0)} + \varepsilon_C^{\overline{CR}}} = \frac{\sigma_{C(0)} - \sigma_C^{\overline{CR}}}{\varepsilon_{C(0)} + \eta_C - \xi_C^{\overline{CR}}}$$

➤ Nếu coi ứng suất do từ biến thay đổi theo cùng qui luật của biến dạng do từ biến và

coi  $\sigma_C^{\overline{CR}}$  là đại lượng dương, ta có:

$$\sigma_C^{\overline{CR}}(t) = \sigma_C^{\overline{CR}}(1 - e^{-kt})$$

$$\sigma_C(t) = \sigma_{C(0)} - \sigma_C^{\overline{CR}}(t) = \sigma_{C(0)} - \sigma_C^{\overline{CR}}(1 - e^{-kt})$$

Thay trị số  $\sigma_C(t)$  vào biểu thức gia số biến dạng trên:

$$d\eta_C = \frac{\varphi_k}{E_C} [\sigma_{C(0)} - \sigma_C^{\overline{CR}}(1 - e^{-kt})] k e^{-kt} dt$$

Lấy tích phân :

$$\eta_C(t) = \int_0^t d\eta_C = \frac{\varphi_k}{E_C} \left[ \sigma_{C(0)} - \frac{\sigma_C^{\overline{CR}}}{2} (1 - e^{-kt}) \right] (1 - e^{-kt}) \Big|_0^t$$

Khi  $t = \infty$  (thường  $t = 2 - 3$  năm) :

$$\eta_c = \frac{\varphi_k}{E_c} (\sigma_{c(0)} - 0,5 \sigma_c^{\overline{CR}}) \quad (1)$$

Trong đó :

K: hệ số biểu thị tốc độ xuất hiện từ biến theo thời gian. Thường lấy  $K = 1$ .

$\varphi_k$  : đặc trưng từ biến, bằng tỉ số giữa biến dạng cuối cùng (Khi từ biến tự do)/ biến dạng đàn hồi. Thường lấy  $\varphi_k = 1,5$

$(1 - e^{-kt})$  : hàm số biểu thị luật tích lũy biến dạng từ biến theo thời gian.

Theo trên có 2 ẩn số là  $\eta_c$  và  $\sigma_c^{\overline{CR}}$  -ta cần tìm liên hệ thứ hai để giải

- Phương trình thứ 2 là : độ biến dạng đàn hồi của phần thép (kể cả cốt thép bản) và bê tông vẫn tuân theo luật tiết diện phẳng.

Gọi L: chiều dài đoạn xét cấu kiện liên hợp có mặt cắt ngang không đổi.

Trên đoạn L biến dạng là  $\varepsilon_c^{\overline{CR}} L = (\eta_c - \xi_c^{\overline{CR}}) L$

Nếu bỏ qua độ cứng của bản (giả thiết bản mỏng) đ/v trục của nó - tác dụng của bê tông do từ biến gây ra một lực ép  $N_c^{\overline{CR}}$  đặt ở mức trọng tâm t/d bê tông, và ngược lại do ảnh hưởng của phần thép thì bê tông cũng bị lực kéo giá trị  $N_c^{\overline{CR}}$  cũng đặt tại điểm ấy.

$$N_c^{\overline{CR}} = \frac{(\eta_c - \xi_c^{\overline{CR}}) L}{\delta_{ST,C}} \quad (2)$$

Với

$$\delta_{ST,C} = \frac{L}{E_c F_{ST}} + \frac{L Z_{C,ST}^2}{E_s I_{ST}}$$

là biến dạng đàn hồi của thép trong đoạn L khi có lực ép đơn vị đặt tại mức trọng tâm bê tông. (giả thiết không có phần bê tông)

Ta có:  $N_c^{\overline{CR}} = \sigma_c^{\overline{CR}} F_c$  và  $\xi_c^{\overline{CR}} = \frac{\sigma_c^{\overline{CR}}}{E_c}$

Và ký hiệu:  $\delta_{C,C} = \frac{L}{E_c F_c}$  - biến dạng đàn hồi của bê tông trong đoạn L do lực đơn vị đặt ở trọng tâm mặt cắt bê tông (giả định không có phần thép).

Từ (1) và (2) ta giải ra được:

$$\sigma_C^{\overline{CR}} = -\frac{2\varphi_K \delta_{C,C}}{2(\delta_{ST,C} + \delta_{C,C}) + \varphi_K \delta_{C,C}} \cdot \sigma_{C(0)}$$

$$\eta_C = \frac{2\varphi_K (\delta_{ST,C} + \delta_{C,C})}{2(\delta_{ST,C} + \delta_{C,C}) + \varphi_K \delta_{C,C}} \cdot \varepsilon_{C(0)}$$

➤ Từ đó có các thông số từ biến:

$$\alpha = \frac{2\varphi_K \delta_{C,C}}{(2 + \varphi_K) \delta_{C,C} + 2\delta_{ST,C}}$$

$$\beta = \frac{2\varphi_K \delta_{ST,C}}{(2 + \varphi_K) \delta_{C,C} + 2\delta_{ST,C}}$$

$$E_{eff} = \frac{2\delta_{ST,C} + (2 - \varphi_K) \delta_{C,C}}{2(1 + \varphi_K) \delta_{ST,C} + (2 + \varphi_K) \delta_{C,C}} E_C$$

### **3.2. Hiện tượng ép xít các mối nối ngang của bản lắp ghép :**

- Xuất hiện do sự không khít chặt ở mặt tiếp xúc giữa các khối bê tông với phần BT trát mối nối.
- Không phụ thuộc nhiều vào bề dày mối nối.
- Có biến dạng của bê tông trát mối nối, phụ thuộc độ chặt bê tông.
- Các biến dạng này đều có tính phi đàn hồi và không hồi phục - ảnh hưởng đến sự phân phối lại nội lực trong bản BTCT và dầm thép giống biến dạng từ biến.
- Xuất hiện do sự không khít chặt ở mặt tiếp xúc giữa các khối bê tông với phần BT trát mối nối.
- Không phụ thuộc nhiều vào bề dày mối nối.
- Có biến dạng của bê tông trát mối nối, phụ thuộc độ chặt bê tông.
- Các biến dạng này đều có tính phi đàn hồi và không hồi phục - ảnh hưởng đến sự phân phối lại nội lực trong bản BTCT và dầm thép giống biến dạng từ



Theo qui trình: biến dạng ép xít mỗi nối  $\Delta j$  ở một mối nối được cho sẵn và ứng với ứng suất ban đầu bằng  $R_C$  – cường độ bê tông khi nén đúng tâm.

Nếu ứng suất ban đầu nhỏ hơn  $R_C$  - sẽ lấy biến dạng giảm đi theo tỉ lệ.

Tương tự như tính từ biến, xét trong đoạn  $L$ :

$$\eta_j = \frac{\Sigma \Delta j}{L} \cdot \frac{\sigma_{C(0)}}{R_C}$$

$L$ : chiều dài khoảng cách biến dạng (khoảng cách các mối nối)

biến

Hiện tượng ép xít mỗi nối diễn biến tương tự như từ biến và tính cùng với biến dạng từ biến với đặc trưng:

$$\varphi = \frac{\eta_C + \eta_j}{\varepsilon_{C(0)}}$$

$$\varphi = \varphi_K + \frac{\Sigma \Delta j E_C}{L \cdot R_C}$$

### 3.3. Tính ảnh hưởng từ biến và ép xít mối nối trong kết cấu tĩnh định :

- Từ biến và ép xít mối nối chỉ làm thay đổi ứng suất và biến dạng trong bê tông và thép, không gây nội lực phụ.
- Ứng suất mất mát do từ biến và ép xít mối nối trong bê tông tại mức trọng tâm:

$$\sigma_C^{\overline{CR}} = -\alpha \sigma_{C(0)}$$

- Tính nội lực bê tông và thép:  $N_C^{\overline{CR}} = \sigma_C^{\overline{CR}} \cdot F_C$

đặt tại trọng tâm phần tiết diện bê tông (kéo trong BT và ép trong thép)- tính ứng suất và biến dạng trong phần thép theo các công thức thông thường.

➤ Tính: 
$$\delta_{ST,C} = \frac{L_C}{E_S F_{ST}} + \frac{L_C \cdot Z_{C,ST}^2}{E_S I_{ST}}$$

$$\delta_{C,C} = \frac{L_C}{E_C F_C}$$

- Tính  $\alpha$  : Tuy  $\alpha$  chỉ tính trong đoạn  $L_C$  nhưng có thể áp dụng gần đúng cho suốt chiều dài nhịp l.
- Ứng suất mất mát do từ biến và ép xít mối nối :

$$\sigma_C^{\overline{CR}} = -\alpha \sigma_{C(0)}$$

tác dụng tại trọng tâm phần bê tông bản.

### VÍ DỤ

Tính từ biến và ép xít mối nối trong dầm thép BTCT liên hợp đơn giản

- Xác định nội lực M do điều chỉnh ứng suất và tĩnh tải trong giai đoạn II.

➤ Xác định ứng suất trong bê tông:  $\sigma_{C(0)} = \frac{M}{W_{C,STC}}$

và  $\sigma_{CF(0)} = \frac{M}{W_{CF,STC}}$  ứng suất ở mép của bản bê tông

lúc ban đầu.

Điều kiện :  $\sigma_{CF(0)} > 20\% R_{C,B}$  phải tính tới từ biến

- Xác định đặc trưng  $\varphi$  trong đoạn giữa dầm  $L_C$  có tiết diện không đổi.

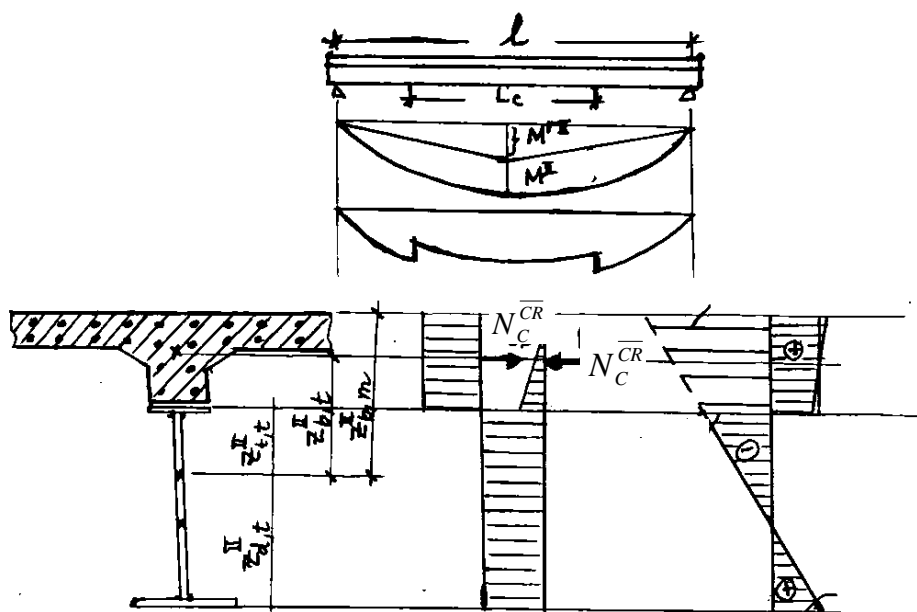
- Phân thay đổi ứng suất trong thép :

$$\sigma_{i,ST}^{\overline{CR}} = \sigma_C^{\overline{CR}} F_C \left( \pm \frac{1}{F_{ST}} \pm \frac{Z_{C,ST}}{W_{i,ST}} \right)$$

- Biến dạng chung của dầm do từ biến và ép xít mối nối cũng tính từ sơ đồ đặt lực nén :

$$N_C^{\overline{CR}} = \sigma_C^{\overline{CR}} F_C$$

đặt tại trọng tâm phần bê tông.



Hình 3-7: Biểu đồ xác định ứng suất bên trong do từ biến của bê tông và ép các mạch nối ngang

### 3.4. Tính ảnh hưởng từ biến và ép xít mối nối trong kết cấu siêu tĩnh :

- ❑ Biến dạng từ biến bê tông và ép xít mối nối không chỉ gây ra sự phân phối lại nội lực giữa các phần bê tông và thép mà còn gây ra nội lực phụ.
- ❑ Tính toán ảnh hưởng này phức tạp hơn nhiều vì sự xuất hiện nội lực và phân phối lại nội lực diễn biến từ từ và có những ảnh hưởng lẫn nhau.
- ❑ Muốn xác định nội lực phụ cần biết biến dạng do từ biến trong hệ cơ bản theo phương các ẩn số lực thừa. Mà các biến dạng này lại phụ thuộc vào cả nội lực phụ. Vì vậy bài toán phải giải theo phương pháp đúng dần.

#### **Các bước gồm:**

- Xác định nội lực với giả thiết bỏ qua ảnh hưởng của từ biến.
- Căn cứ nội lực tính được xác định nội lực phụ lần I.
- Xác định nội lực có kể đến nội lực phụ vừa tìm.
- Xác định nội lực phụ lần 2.

Trình tự cứ lặp lại đến khi kết quả tương đối chính xác.

Bài toán khá phức tạp và khối lượng tính toán nhiều. Trong nhiều trường hợp chỉ cần hạn chế bài toán trong bước tính gần đúng thứ nhất.

### Trình tự giải bài toán như sau:

1- Giải bài toán siêu tĩnh ban đầu và xác định M và N do tĩnh tải và các tác động khi BT chịu lực.

Ứng suất ban đầu trong BT do M gây ra:

$$\sigma_{C(0)} = \frac{M^l}{W_{C,STC}}$$

2- Kiểm tra điều kiện xem có phải tính nội lực do TB và ép xít không, trị số lấy theo qui định (qui trình).

3- Xác định các giá trị chuyển vị  $\delta_{ST,C}$  và  $\delta_{C,C}$  và  $E_{\text{eff}}$  trên các trụ giữa và giữa các nhịp như phần trên (có tiết diện khác nhau). Nếu chưa chọn được các mặt cắt ngang - chia mỗi nhịp thành 3 đoạn có chiều dài  $L_1, L_2, \dots$

4- Xác định các đặc trưng hình học có hiệu tính đối của các mặt cắt ngang tại gối và nhịp dầm - lấy mô đun đàn hồi là  $E_{\text{eff}}$ .

5- Xác định các ứng suất cuối cùng ở trọng tâm tiết diện BT do mô men gây ra:

$$\sigma_{C(e)}^l = \frac{M^l}{W_{C,STC}^e}$$

Mất mát ứng suất trong bê tông và thép do từ biến và ép xít mỗi nối có thể tính bằng hiệu các ứng suất tương ứng, tính trong các mặt cắt liên hợp do tải trọng và tác động gây ra:

$$\sigma_C^{\overline{CR}} = \sigma_{C(e)}^l - \sigma_{C(0)}^l \quad (\text{độ giảm ỨS trong BT khi xét từ biến})$$

$$\sigma_{ST}^{\overline{CR}} = \sigma_C^{\overline{CR}} F_C \quad (\text{độ giảm ỨS trong thép khi xét từ biến})$$

NTTULIB

6- Lập biểu đồ mô men uốn trong phần thép của dầm do sự phân phối lại ứng suất do từ biến và ép xít mối nối ngang.

Đối với mỗi mặt cắt:  $M_{ST}^{CR} = \sigma_C^{CR} F_C Z_{C,ST}$  có giá trị dương.

7- Xác định các giá trị chuyển vị  $\Delta_{i,CR}$  theo phương các ẩn số lực Xi do nội lực

$$N_C^{CR} = \sigma_C^{CR} F_C$$

truyền từ BT sang thép và các biểu đồ

$$\overline{M}_1, \overline{M}_2$$

9- Trong các mặt cắt có BT làm việc đàn hồi, ứng suất toàn phần được tính :

$$\sigma^{ICR} = \frac{M^I + M^{CR}}{W_{i,ST.C}^e} (= \sigma_{i(0)}^I + \sigma_i^{CR} + \sigma^{CR})$$

$\sigma_i^{CR}$  : độ thay đổi ứng suất do từ biến.

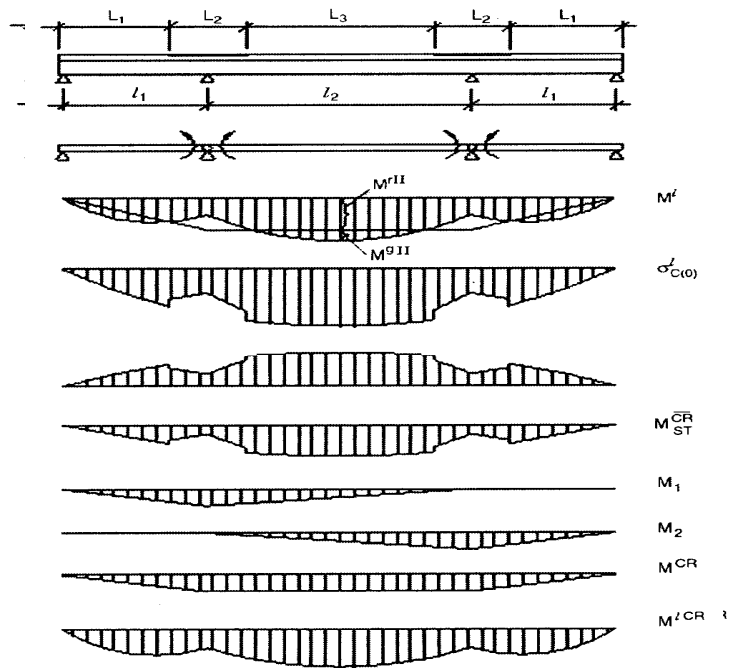
$$\sigma^{CR} = \frac{M^{CR}}{W_{i,ST.C}^e}$$

: Ứng suất do nội lực phụ của từ biến.

(Chỉ số e: khi tính t/d tương đương với  $E_{eff}$ )

**Ví dụ:** cho dầm liên tục 3 nhịp gây tạo và điều chỉnh ứng suất dưới tĩnh tải bằng chuyển vị thẳng gối tựa.

(Hình vẽ 3-8)



Hình 3-8 : Để tính dầm liên tục

#### Bài 5 CHƯƠNG IV

#### TÍNH DUYỆT TIẾT DIỆN

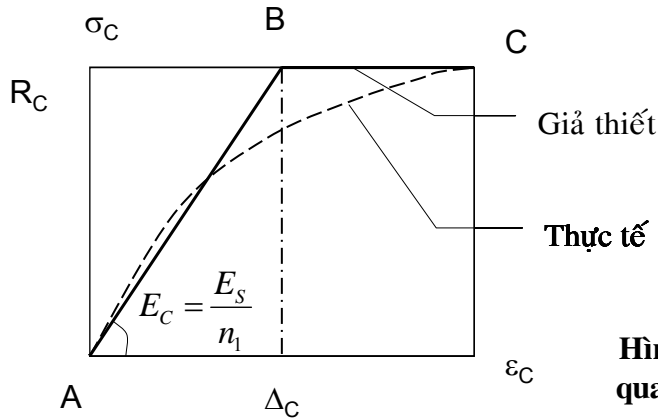
#### DƯỚI TÁC DỤNG CỦA TẢI TRỌNG VÀ LỰC ỨNG SUẤT TRƯỚC

### I. CÁC TIÊU CHUẨN TRẠNG THÁI GIỚI HẠN VỀ CƯỜNG ĐỘ VÀ CÁC TRƯỜNG HỢP TÍNH TOÁN

#### 1.1. Sự làm việc của bê tông trong kết cấu BTCT liên hợp:

- Thực tế quan hệ giữa  $\sigma$  và  $\varepsilon$  là đường cong dần cho tới khi đạt  $R_b$ .
- Để đơn giản trong tính toán - qui phạm chấp nhận đề xuất của Strelesky là quan hệ  $\sigma - \varepsilon$  gồm 2 đoạn

- Đoạn AB: coi bê tông làm việc hoàn toàn đàn hồi với  $E_C$ .
- Đoạn BC: coi bê tông ở trạng thái chảy ( dẻo) ứng suất không tăng (đạt  $R_C$ ), biến dạng phát triển cho tới khi bê tông bị phá hoại.



**Hình 4-1 : Biểu đồ quan hệ  $\sigma$  và  $\epsilon$  của bê tông**

Tính toán sẽ dựa trên 2 trị số giới hạn :

- + Cường độ tính toán của bê tông RC.
- + Biến dạng tương đối giới hạn của bê tông  $\Delta_C$
- Ứng suất và biến dạng do từ biến và ép xít mối nối xét với giai đoạn đàn hồi ban đầu (đoạn AB).
- Khi ứng suất tổng cộng  $> R_C$  thì tính toán theo đoạn BC - coi như ứng suất trong bê tông bằng  $R_C$  và biến dạng sẽ xác định qua biến dạng của thép  $\Rightarrow$  việc tính biến dạng do từ biến không còn ý nghĩa.

### 1.2. Các tiêu chuẩn TTGH và các trường hợp tính toán:

❖ **Kết cấu chịu mô men dương:** bê tông nằm trong vùng chịu nén.

Giả thiết bê tông làm việc theo 2 giai đoạn, thép trong giai đoạn đàn hồi. Các tiêu chuẩn xác định TTGH của tiết diện liên hợp:

- Ứng suất kéo tại mép biên dưới đạt tới cường độ tính toán thép khi uốn  $R_{S,B}$ .
- Ứng suất nén tại mép biên trên dầm thép đạt  $m_2.R_{S,B}$
- Biến dạng của bê tông đạt tới trị số giới hạn  $\Delta_C$ .

$m_2$ : hệ số ĐKLV xét ảnh hưởng của bê tông làm hạn chế sự phát triển biến dạng dẻo ở biên trên dầm thép. Tùy thuộc so với  $R_c$  để có trị số phù hợp.

➤ Cường độ tính toán của thép  $R_{S,B}$  lấy bằng lực dọc trục  $R_{S,O}$  nếu ứng suất do lực dọc chiếm ưu thế.

➤ Trong kết cấu BTCT liên hợp thường bề dày bản bê tông là nhỏ - khi phá hoại thường xảy ra trên toàn tiết diện  $\Rightarrow$  độ biến dạng  $\Delta_C$  có thể lấy đối với trọng tâm của bản  $\Delta_C = 0,0016$ .

Tính độ bền cấu kiện – chủ yếu hoạt tải làm nén bê tông – được tiến hành theo một trong ba trường hợp tính chủ yếu: A , B hoặc C tùy giá trị ứng suất trong bê tông.

## XÁC ĐỊNH CÁC TRƯỜNG HỢP TÍNH TOÁN

Ứng suất tại trọng tâm tiết diện bê tông:

$$\sigma_c = \frac{1}{n_1} \left( \frac{M^{II,CR}}{W_{C,STC}} - \frac{N^{II,CR}}{F_{STC}} \right) - \sigma_c^{CR}$$

Ứng suất tại mép:

$$\sigma_{CF} = \frac{1}{n_1} \left( \frac{M^{II,CR}}{W_{CF,STC}} - \frac{N^{II,CR}}{F_{STC}} \right) - \sigma_{CF}^{CR}$$

+ Trường hợp A: Khi  $\sigma_{CF} < R_C$  : bê tông và thép đều làm việc trong giai đoạn đàn hồi.

+ Trường hợp B: Khi có cốt thép dọc chịu lực và nếu

phần thép và cốt thép làm việc đàn hồi, bê tông làm việc trong giai đoạn dẻo.

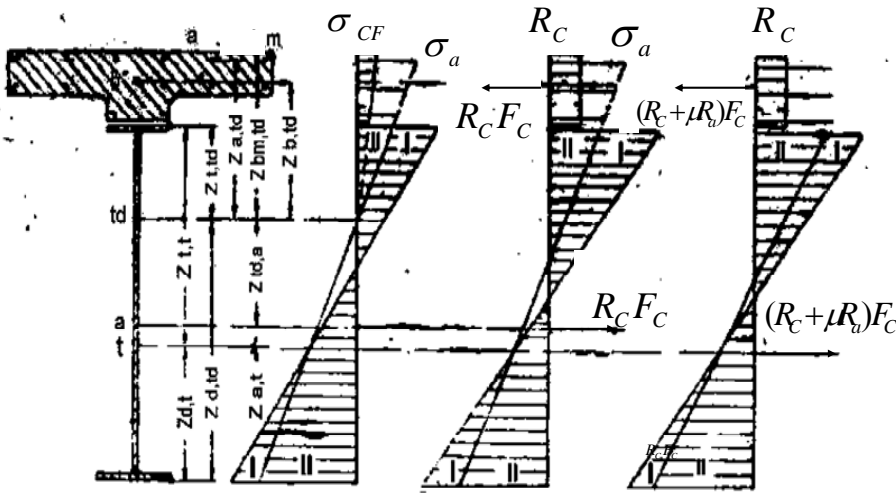
+ Trường hợp C: Nếu

khi không có cốt thép dọc tính toán và nếu có cốt thép dọc mà

Thì – tương ứng phần thép của kết cấu làm việc đàn hồi, còn toàn bộ phần BTCT đều làm việc trong giai đoạn dẻo.



T/hợp A      T/hợp B      T/hợp C



**Hình 4-2 : Các dạng biểu đồ ứng suất trong tiết diện liên hợp khi bản chịu nén**

Bê tông nằm trong khu vực chịu kéo. Có thể xảy ra các trường hợp sau:

- Bê tông được ép trước bằng phương pháp điều chỉnh hoặc gây tạo ứng suất - dưới tác dụng của hoạt tải chưa xuất hiện ứng suất kéo trong bê tông.
- Ứng suất do hoạt tải vượt quá ứng suất nén trước trong bê tông nên gây kéo.
- Bê tông không được nén trước nên do tải trọng sẽ xuất hiện ứng suất kéo.

Khi tính toán về cường độ—tùy giá trị ứng suất  $\sigma_{CF}$  của bê tông để xét toàn bộ tiết diện BT làm việc đàn hồi hay hoàn toàn không kể tới phần BT. Cốt thép vẫn tính trong mọi trường hợp.

**Điều kiện:**  $\sigma_{CF}$  không vượt quá  $\sigma_U$  tới hạn  $\sigma_U$

- Cầu có cốt thép sợi cường độ cao :  $\sigma_U = 0$
- Phần BTCT không có cốt thép cường độ cao :

$\sigma_U = R_{CT}$  – cường độ tính toán khi kéo của BT

- $\sigma_U$  xác định theo giả thiết BT làm việc đàn hồi, có thể xét đến từ biến và ép xít mối nối khi cần.
- T/hợp không có cốt thép cường độ cao: trong mọi trường hợp đảm bảo :  $\sigma_U < R_{CT}$  mới kể đến tiết diện BT khi tính toán.  $\sigma_U$  - do tổ hợp chính, phụ.

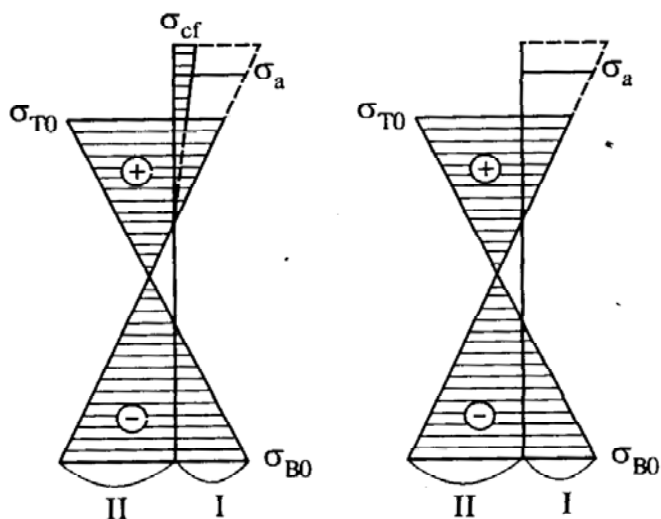
**Tính theo một trong hai trường hợp cơ bản:**

Trường hợp D: bê tông được tính vào tiết diện liên hợp khi bảo đảm một trong các điều kiện sau:

- + Nếu ứng suất kéo  $\sigma_{CF} < \sigma_U$  ứng với tổ hợp TT và tác động bất lợi nhất.
- +  $\sigma_{CF} < 0$  ứng với tổ hợp đặt tải được xét.

Trường hợp E: bê tông không được kể vào tiết diện tính toán khi đồng thời có 2 điều kiện:

- + Nếu ứng suất kéo  $\sigma_{CF} > \sigma_U$  ứng với tổ hợp TT và tác động bất lợi nhất.
- +  $\sigma_{CF} > 0$  ứng với tổ hợp đặt tải được xét.



**Hình 4-3. Biểu đồ ứng suất trong trường hợp D và E**

## II. CÁC CÔNG THỨC KIỂM TRA CƯỜNG ĐỘ TIẾT DIỆN THÉP – BTCT LIÊN HỢP THEO CÁC TRƯỜNG HỢP TÍNH TOÁN

- Các trường hợp sau áp dụng cho những kết cấu thép – BTCT liên hợp kiểu dầm liên hợp với bản BTCT, làm việc theo 2 giai đoạn.
- Trước hết xác định ứng suất nén trong bê tông  $\sigma_C, \sigma_{CF}$  để xác định các trường hợp tính toán A, B, C, và ứng suất kéo trong bê tông  $\sigma_{CF}$  khi bê tông nằm ở khu vực chịu kéo để xác định trường hợp tính toán D, E.

### 1. Trường hợp A:

Cả thép và BTCT cùng ở giai đoạn đàn hồi:

- Ứng suất ở mép biên dưới dầm thép:

$$\sigma_{BO} = \frac{M^I}{W_{BO,S}} + \frac{N^I}{F_S} + \frac{M^{II,CR}}{W_{BO,STC}} + \frac{N^{II,CR}}{F_{STC}} + \sigma_{BO}^{CR} \leq R_{S,B}$$

Hay :

$$\sigma_{BO} = \sigma_{BO,S}^I + \sigma_{BO,STC}^{II,CR} \leq R_{S,B}$$

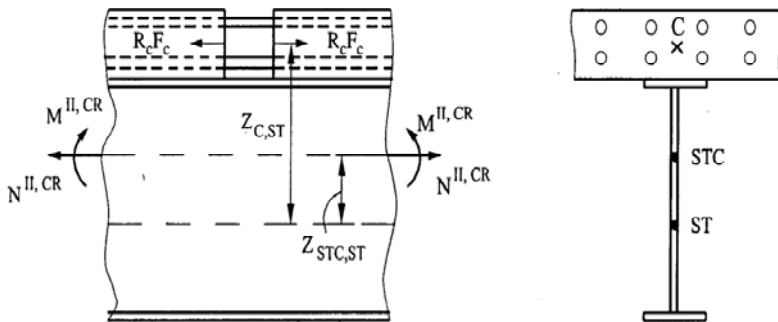
- Ứng suất ở mép trên của dầm thép:

$$\sigma_{TO} = \frac{M^I}{W_{TO,S}} - \frac{N^I}{F_S} + \frac{M^{II,CR}}{W_{TO,STC}} - \frac{N^{II,CR}}{F_{STC}} + \sigma_{TO}^{\overline{CR}} \leq m_2 R_{S,B}$$

hay:  $\sigma_{TO} = \sigma_{TO,STC}^I + \sigma_{TO,STC}^{II,CR} \leq m_2 R_{S,B}$

## 2. Trường hợp B :

- Ứng suất bê tông đạt đến RC, toàn bộ bản làm việc trong giai đoạn dẻo, dầm thép trong giai đoạn đàn hồi. Ứng suất trong bê tông không thể vượt quá RC - biểu đồ ứng suất là hình chữ nhật.
- Tưởng tượng phần bê tông bị cắt đứt ra và thay thế bằng lực ép RCFC đặt tại trọng tâm bản bê tông. Trong giai đoạn II tiết diện liên hợp sẽ chỉ đối với phần thép (dầm thép + cốt thép bản) chịu MII,CR và NII,CR đặt tại trọng tâm tiết diện liên hợp và lực kéo RCFC đặt tại trọng tâm tiết diện bê tông.



Hình 4-4. Để tính ứng suất trường hợp B

- Ứng suất tại các thớ của dầm thép trong giai đoạn II là:

$$\sigma_i^{II,CR} = \frac{M^{II,CR} - N^{II,CR} \cdot Z_{STC,ST} - R_C F_C \cdot Z_{C,ST}}{W_{i,ST}} \pm \frac{N^{II,CR} + R_C F_C}{F_{ST}}$$

$$= \frac{M^{II,CR} - N^{II,CR} \cdot Z_{STC,ST}}{W_{i,ST}} \pm \frac{N^{II,CR}}{F_{ST}} - \left( \frac{S_{C,ST}}{W_{BO,ST}} + \frac{F_C}{F_{ST}} \right) R_C$$

Trong các công thức trên:

<http://www.ebook.edu.vn>

<http://elib.ntt.edu.vn>

- Ứng suất  $\sigma_C = RC$  nên  $m_2 = 1$
- Do bê tông làm việc trong giai đoạn dẻo  $\Rightarrow$  phân ứng suất phân phối lại do từ biến

không có nữa, biểu đồ ứng suất trong bê tông đã tính theo hình chữ nhật.

- NCR và MCR vẫn có vì xét từ biến của cả hệ.

### 3- Trường hợp C

- Biểu đồ ứng suất trong bê tông đạt tới giai đoạn dẻo có dạng chữ nhật RC
- Ứng suất của cốt thép cũng đạt tới  $R_a$  và làm việc trong trạng thái dẻo.
- Tương tự trường hợp B - coi như cắt cả phần BTCT bản và thay bằng lực ép:  $RC + \mu R_a = (RC + \mu R_a)FC$  đặt tại trọng tâm BT.
- Trong giai đoạn II, phần tiết diện còn lại chỉ là dầm thép chịu MII, CR và NII, CR đặt tại trọng tâm của tiết diện liên hợp, và lực kéo  $(RC + \mu R_a)FC$  đặt tại trọng tâm phần bê tông.

- **Biến dạng tương đối qua mép bản bê tông tác dụng:**

$$\varepsilon_c = \frac{1}{E_s} \left[ \frac{M^{II,CR} - N^{II,CR} Z_{STC}}{W_{CS}} - \frac{N^{II,CR}}{F_s} \right] - \frac{1}{E_s} \left( \frac{S_{CS}}{W_{CS}} + \frac{F_C}{F_s} \right) (R_c + \mu R_a) \leq \Delta_c$$

Hay :

$$\varepsilon_c = \frac{\sigma_{C,S}^{II,CR}}{E_s} - \frac{1}{E_s} \left( \frac{S_{C,S}}{W_{C,S}} + \frac{F_C}{F_s} \right) (R_c + \mu R_a) \leq \Delta_c$$

### 4- Trường hợp D:

$\sigma_{CF} > 0$  hoặc  $< 0$  ; và  $\sigma_{CF} < \sigma_U$  ứng với tổ hợp bất lợi nhất.

- **Ứng suất ở mép dưới dầm thép:**

$$\sigma_{BO} = - \frac{M^I}{W_{BO,S}} - \frac{N^I}{F_s} - \frac{M^{II,CR}}{W_{BO,STC}} - \frac{N^{II,CR}}{F_{STC}} - \sigma_{BO}^{CR} \leq R_{S,B}$$

Hay :

$$\sigma_{BO} = \sigma_{BO,S}^I + \sigma_{BO,STC}^{II,CR} \leq R_{S,B}$$

- Ứng suất ở mép trên dầm thép:

$$\sigma_{TO} = -\frac{M^I}{W_{TO,S}} + \frac{N^I}{F_S} - \frac{M^{II,CR}}{W_{TO,STC}} + \frac{N^{II,CR}}{F_{STC}} - \sigma_{TO}^{\overline{CR}} \leq R_{S,B}$$

Hay :

$$\sigma_{TO} = \sigma_{TO,S}^I + \sigma_{TO,STC}^{II,CR} \leq R_{S,B}$$

Các công thức trên giống trường hợp A nhưng ngược dấu,  $m_2 = 1$  – bản không có tác dụng cản trở biến dạng dẻo của biên trên chịu kéo.

## 5- Trường hợp E : Khi $\sigma_{CF} > 0$

Trường hợp này tiết diện chỉ có phần thép (dầm thép + cốt thép).

- Ứng suất mép dưới dầm thép:

$$\sigma_{BO} = -\frac{M^I}{W_{BO,S}} - \frac{N^I}{F_S} - \frac{M^{II,CR} + N^{II,CR} \cdot Z_{STC,ST}}{W_{BO,ST}} - \frac{N^{II,CR}}{F_{ST}} \leq R_{S,B}$$

Hay :

$$\sigma_{BO} = \sigma_{BO,S}^I + \sigma_{BO,ST}^{II,CR} \leq R_{S,B}$$

- Ứng suất ở thớ mép trên dầm thép :

$$\sigma_{TO} = -\frac{M^I}{W_{TO,S}} + \frac{N^I}{F_S} - \frac{M^{II,CR} - N^{II,CR} \cdot Z_{STC,ST}}{W_{TO,ST}} - \frac{N^{II,CR}}{F_{ST}} \leq R_{S,B}$$

Hay

$$\sigma_{TO} = \sigma_{TO,S}^I + \sigma_{TO,ST}^{II,CR} \leq R_{S,B}$$

- Ứng suất của cốt thép hàng ngoài cùng:

$$\sigma_a = \frac{M^{II,CR} - N^{II,t} \cdot Z_{STC,ST}}{W_{a,ST}} + \frac{N^{II,CR}}{F_{ST}} \leq R_a$$

hay

$$\sigma_a = \sigma_{a,ST}^{II,CR} \leq R_a$$

Coi như  $M > 0$  ,  $N > 0$ )

#### 6- Kiểm tra cường độ của tiết diện dầm liên hợp khi có sự gây tạo ứng suất :

Xét VD: trường hợp bản BTCT rơi vào khu vực chịu kéo khi có hoạt tải - sử dụng cốt thép cường độ cao trên toàn tiết diện. Trình tự thi công:

Giai đoạn 1: dầm thép chịu tĩnh tải phần 1: MgI

Giai đoạn 2: Căng cốt thép để ép riêng phần thép. Sau đó đặt bản mặt cầu: có NprII, MgII, XgII

NprII : lực ép trước trong dầm thép- có xét từ biến BT bản.

Giai đoạn 3: căng cốt thép ép cả tiết diện liên hợp, chất tĩnh tải và hoạt tải: có NprIII, MIIIb, CR, NIIIb, CR

Sau khi có các giá trị nội ngoại lực, tiến hành tính kiểm tra.

Trước tiên tính  $\sigma_{CF}$  ứng với trường hợp bất lợi nhất. So sánh xem thuộc trường hợp tính toán D hay E. Sau đó áp dụng các công thức tính đối với mỗi trường hợp trong các giai đoạn. (Trong giáo trình)

#### III. KIỂM TRA VỀ MỎI CỦA TIẾT DIỆN THÉP – BTCT LIÊN HỢP:

Kiểm tra phần thép và neo liên kết, mối hàn, các chi tiết liên kết bản BTCT với dầm thép.

Chỉ kiểm toán độ chống mỏi với **tổ hợp tải trọng và tác động chính**, tính **với tải trọng tiêu chuẩn**.  
Với hoạt tải thẳng đứng có **xét hệ số xung kích**.

Giữa tính toán về cường độ và về mỏi đối với tiết diện liên hợp các công thức tính và các giai đoạn tính toán như nhau, chỉ khác ở :

- + Các hệ số (vượt tải)
- + Tính chất biến dạng của bê tông(EC), một vài đặc điểm trong xác định ứng suất trong kết cấu thép (Ví dụ có kể tới độ cứng tại nút).

**Nội lực khi tính mỏi đa số các trường hợp cũng xác định giống như khi tính về cường độ. Trong kết cấu siêu tĩnh cũng kể tới từ biến và ép xít mỗi nối.**

+ Trị số cường độ tính toán của vật liệu ( $\gamma$ ).  
Tính độ chịu mỏi trên cơ sở giả thiết BT chịu nén làm việc đàn hồi mà không tùy thuộc vào việc kiểm toán cường độ theo trường hợp tính.

Nội dung : Xác định  $\sigma_{\max}, \sigma_{\min}, \rho = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$  . Từ

đó để xác định cường độ tính toán về mỏi.

- \***Tri số n**: Khi kiểm toán độ chịu mỏi, tỉ số giữa các mô đun đàn hồi của thép và bê tông lấy :
  - Đối với cầu ô tô và thành phố trong mọi trường hợp, với cầu đường sắt trong những khu vực hoạt tải làm giảm ứng suất nén trong bê tông : lấy bằng  $n_1$  - bê tông sẽ tính với  $E_C$ .
  - Cầu đường sắt trong những tiết diện hoạt tải làm tăng ứng suất nén trong bê tông: lấy bằng  $n' = \frac{E_S}{E_C}$

(tra bảng) – Với mô đun đàn hồi của bê tông là  $E'_C$   
- mô đun biến dạng giới hạn của bê tông

- Trong cầu đường sắt, bê tông chịu ép dưới hoạt tải, khi chịu tải trọng trùng phục  $E_C$  bị giảm đi do tích lũy biến dạng dẻo khi gần tới phá hoại vì mỏi, đó là h.tượng từ biến động  $\Rightarrow$  tính theo  $E'_C$
- Hiện tượng từ biến động và từ biến của bê tông thực chất có nhiều điểm giống nhau. Sự phân phối lại ứng suất giữa bê tông và thép tính gián tiếp qua  $E'_C$  - đã bao gồm cả sự phân phối lại ứng suất do từ biến dưới tĩnh tải, nên khi tính về mỏi không xét tới hiện tượng từ biến và ép xít mỏi.

- Chỉ tính ứng suất do từ biến bê tông và ép xít mỗi nối khi kiểm toán mỏi lấy tỉ số mô đun đàn hồi là  $n_1$ .
- Trong cầu ô tô và thành phố, số lượng lần tác dụng của tải trọng trùng phục thấp hơn nhiều số lần để xác định giới hạn mỏi (2.106) - biến dạng trong bê tông rất nhỏ, không gây ra sự phân phối lại ứng suất trong bê tông và thép  $\Rightarrow$  khi tính mỏi vẫn lấy  $E_C$ .
- Nếu  $\sigma_{\max}$  còn thấp nhiều so với giới hạn mỏi thì dù số lần tác dụng trùng phục đầy đủ, sự phân phối lại ứng suất cũng không diễn ra toàn bộ đến mức dùng

- chỉ dùng để kiểm tra mỗi phần bê tông, còn phần thép sẽ tùy thuộc trị số của ứs bê tông có đạt tới giới hạn mỗi hay không để dùng một trị số trung gian giữa EC và bằng cách tính gián tiếp qua hệ số ĐKLV m'.

• Các công thức sau kiểm tra về mỗi của dầm liên hợp trong cầu đường sắt :

$$\sigma_{CF} = \frac{M^{II,CR}}{n \cdot W'_{CF,STC}} \leq K'_p R'_{S,B}$$

$$\sigma_{TO} = \frac{M^I}{W_{TO,S}} + \frac{M^{II,CR}}{m'_{TO} W'_{TO,STC}} \leq \gamma_{TO} R_{S,B}$$

$$\sigma_{BO} = \frac{M^I}{W_{BO,S}} + \frac{M^{II,CR}}{m'_{BO} W'_{BO,STC}} \leq \gamma_{BO} R_{S,B}$$

Trong đó:  $W'_{CF,STC}, W'_{TO,STC}, W'_{BO,STC}$

được tính với  $n' = \frac{E_S}{E'_C}$

$m'_{TO}, m'_{BO}$  : các hệ số ĐKLV phụ thuộc  $\sigma_{CF}$

Nếu  $\sigma_{CF} = K'_p R'_{C,B} : m'_i = 1$

Nếu  $\sigma_{CF} < K'_p R'_{C,B} : m'_i$  phụ thuộc  $\frac{W_{i,STC}}{W'_{i,STC}}$

KP : hệ số điều chỉnh để xét đến ảnh hưởng  $\rho > 0,1$  : tra bảng theo qui trình (chương V)

: cường độ tính toán chịu nén của bê tông theo độ chịu mỗi khi uốn. Với  $\rho \leq 0,1$  tra bảng trong qui trình (chương V)

: các hệ số triết giảm cường độ tính toán khi tính về độ chịu mỗi đối với cánh trên và cánh dưới.

#### IV.KIỂM TRA VỀ NỨT CỦA TIẾT DIỆN THÉP – BTCT LIÊN HỢP:

- Tính toán với tổ hợp chính và cả tổ hợp phụ các tải trọng
- Các tiết diện cần kiểm tra: các tiết diện có thể xuất hiện ứng suất kéo.
- Nội lực tính theo cùng sơ đồ tính và cùng đah nội lực như khi tính về cường độ. Coi toàn bộ bản bê tông làm việc đàn hồi với EC có kể tới từ biến, ép xít mối nối trong kết cấu siêu tĩnh.



- Nếu trong kết cấu có cốt thép sợi cường độ cao: khi kiểm tra về nứt phải có  $\sigma_{CF} < 0$  (nén) khi tính bê tông làm việc đàn hồi với  $E_C$ .
- Nếu không có cốt thép sợi cường độ cao : phải kiểm tra điều kiện độ mở rộng đường nứt không được vượt quá giới hạn cho phép:

Với cốt thép trơn 
$$a_{cra} = 0,5 \frac{\sigma_a}{E_a} \psi_1 R_r \leq \Delta_{cra}$$

Với cốt thép có gờ 
$$a_{cra} = 3,0 \frac{\sigma_a}{E_a} \psi_2 \sqrt{R_r} \leq \Delta_{cra}$$

Trong đó :

$\sigma_a$  - ứng suất trong hàng cốt thép ngoài cùng, với giả thiết bê tông không tham gia vào tiết diện và không tính từ biến, ép xít mỗi nối (tương tự trường hợp E về cường độ);

Bài 6

## CHƯƠNG V

### TÍNH TOÁN KẾT CẤU NHỊP LIÊN HỢP DO CO NGÓT BÊ TÔNG VÀ NHIỆT ĐỘ THAY ĐỔI

#### I. ẢNH HƯỞNG CO NGÓT CỦA BÊ TÔNG:

- Hiện tượng co ngót : là kết quả của các hiện tượng hoá lý và mao dẫn xảy ra trong thành phần cấu trúc dính kết của bê tông.
- Biến dạng tương đối khi co ngót tự do phát triển theo qui luật tắt dần theo thời gian t :

Trong đó:

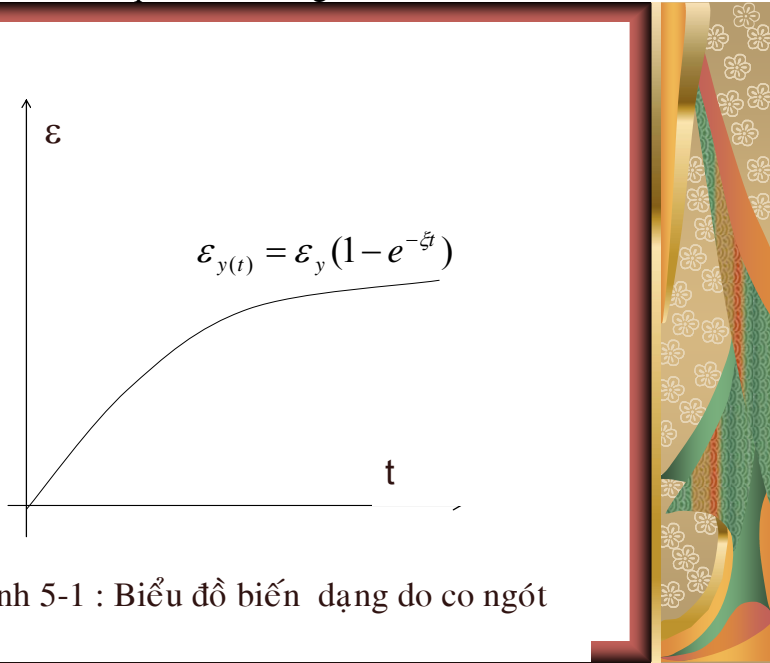
- hệ số tốc độ phát triển tắt dần của sự co ngót.

: trị số biến dạng tương đối cuối cùng khi từ biến co ngót tự do.

Khi tính  $\epsilon_{sh}(t)$  :

- về lý thuyết  $t=\infty$ , nhưng thực tế ứng với  $t=3, 4$  năm.
- Phụ thuộc rất nhiều yếu tố : chế độ ẩm khi bê tông đông cứng, kích thước kết cấu, thành phần BT, loại XM...
- Nhiều thí nghiệm và thực nghiệm đã được tiến hành để xác định  $\epsilon_{sh}$ .
- Như trong kết cấu BTCT: biến dạng co ngót của bê tông bị phần thép cản trở. Nhưng phần thép này rất cứng và có kích thước ảnh hưởng lớn đến biến dạng co ngót - trong kết cấu xuất hiện ứng suất nội tại do co ngót: bê tông có ứng suất kéo và phần thép tiếp xúc với bê tông có ứng suất nén.
- Thông thường trọng tâm phần thép và phần bê tông không trùng nhau - trong phân tố liên hợp sẽ bị uốn - thờ phần thép phía không tiếp xúc với bê tông sẽ xuất hiện ứng suất kéo.
- Biến dạng co ngót của bê tông trong kết cấu liên hợp nhỏ đi nhiều so với biến dạng khi co ngót tự do. Nhiều thí nghiệm cho thấy có thể coi giả thiết tiết diện phẳng vẫn áp dụng được khi xét biến dạng do co ngót.
- Thực tế dưới tác dụng lâu dài của ứng suất do co ngót không tự do - trong bê tông cũng xuất hiện từ biến, và từ biến này lại làm giảm ứng suất do co ngót. Hai hiện tượng co ngót và từ biến có tác dụng ảnh hưởng

lẫn nhau rất phức tạp trong quá trình diễn biến theo thời gian, do tính chất có những chỗ tương tự  $\Rightarrow$  hợp thành một quá trình thống nhất.



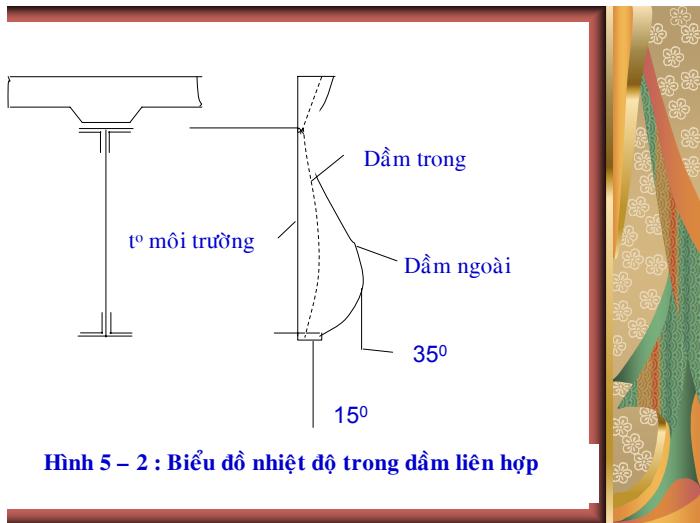
Hình 5-1 : Biểu đồ biến dạng do co ngót

Phân tích ảnh hưởng của từ biến tới ứng suất do co ngót :

- Ứng suất do tĩnh tải ban đầu có trị số cực đại  $\Rightarrow$  giảm dần (do từ biến)
- Ứng suất do co ngót lúc đầu bằng 0, sau tăng dần và đạt tới một trị số nhất định.
- Giai đoạn đầu khi biến dạng từ biến có thể phát triển mạnh thì ứng suất do co ngót lại gần bằng 0 - từ biến sẽ hầu như không xuất hiện.  $\Rightarrow$  ảnh hưởng toàn bộ của từ biến tới ứng suất do co ngót trong cả quá trình phải nhỏ hơn ảnh hưởng của từ biến tới ứng suất do tải trọng cố định.
- Khi tính toán về co ngót có xét tới từ biến thì  $E_{sh}$  phải gần với  $EC$  hơn là  $E_{eff}$ .
- Trong phương pháp tính đơn giản lấy  $E_{sh} = 0,5EC$  để tính co ngót của bê tông đồng thời có xét từ biến. Khi tính với tải trọng cố định có xét tới từ biến lấy  $E_{eff} = 0,4EC$
- Dùng  $E_{sh}$  sẽ hạn chế được việc phải xét tới từ biến khi tính co ngót. Trong kết cấu liên hợp thép – bê tông luôn phải theo giả thiết BT chịu đàn hồi và xét tới từ biến. Trị số tra bảng trong qui trình.

## II. ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ THAY ĐỔI :

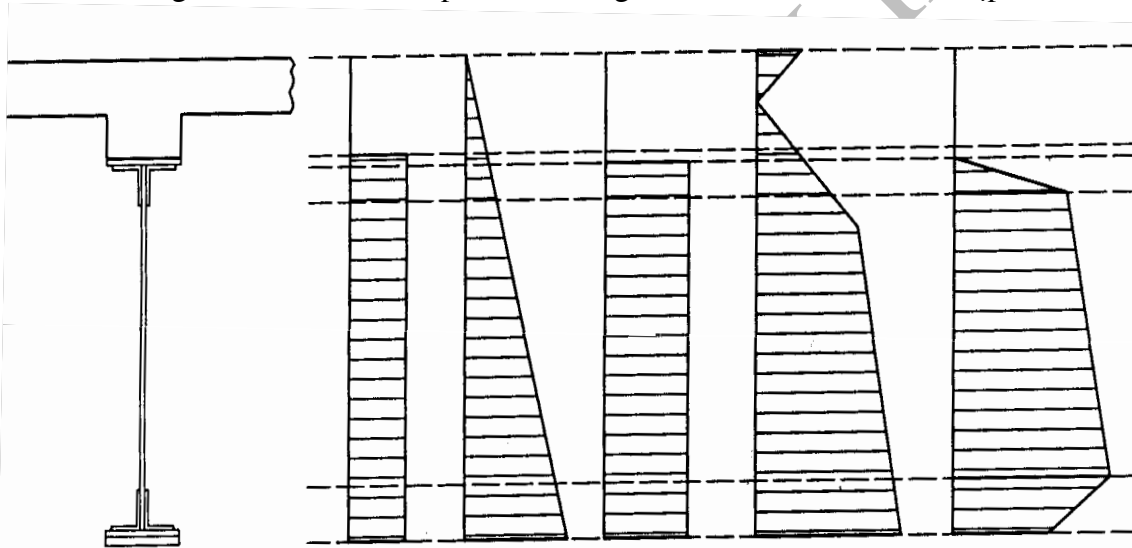
- Hệ số dẫn nhiệt của bê tông và thép chênh nhau khá lớn: khoảng 50 lần
- Khi nhiệt độ môi trường thay đổi thép hấp thu và tản nhiệt nhanh hơn.
- Giữa dầm thép và bê tông sẽ có sự chênh lệch nhiệt độ, biến dạng khác nhau - phát sinh ứng suất do nhiệt khá lớn, đặc biệt trường hợp bộ phận thép có bề dày nhỏ (như sườn dầm) bị mặt trời trực tiếp rọi vào.



Hình 5 - 2 : Biểu đồ nhiệt độ trong dầm liên hợp

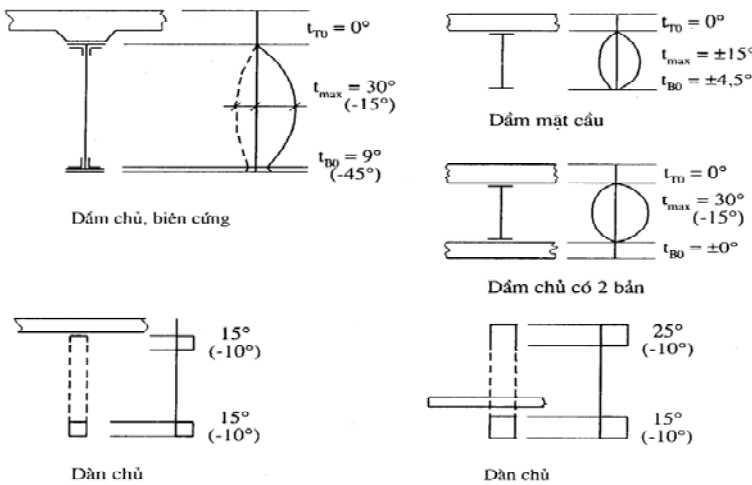
Qua nhiều kết quả quan sát và đo đạc cho thấy :

- Không có sự chênh lệch đột ngột về nhiệt độ giữa hai mặt tiếp giáp thép và bê tông.
- Nhiệt độ cao nhất nằm trong phạm vi sườn dầm khoảng giữa chiều cao.
- Phần biên dưới to nhỏ hơn nhiều so với sườn.
- Cả dầm bị chiếu nắng và dầm không bị chiếu đều có biểu đồ nhiệt độ tương tự theo cùng một qui luật.
- Dầm ngoài chênh lệch nhiều hơn so với dầm trong.
- Trong một dầm nhiệt độ phân bố tương đối đều theo chiều dài nhịp.



Hình 5-3. Các biểu đồ để tính toán thay đổi nhiệt độ

**Trong những năm gần đây các biểu đồ thay đổi nhiệt độ được tính như trên hình 5 - 4**

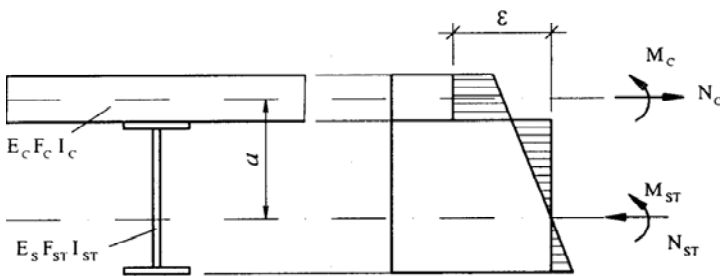


Hình 5-4. Các biểu đồ nhiệt độ để tính các kết cấu khác nhau

### III. XÁC ĐỊNH NỘI LỰC VÀ ỨNG SUẤT DO CO NGÓT CỦA BÊ TÔNG VÀ NHIỆT ĐỘ THAY ĐỔI :

- Co ngót của bê tông gây ra ứng suất phụ trong dầm liên hợp.
- Hiện tượng co ngót hoàn toàn giống trường hợp nhiệt độ của bản BTCT mặt cầu bị giảm thấp so với nhiệt độ dầm thép.
- Vì vậy tính toán ứng suất phụ do co ngót trong dầm liên hợp tiến hành như khi tính với nhiệt độ thay đổi.

#### 3.1. Xác định nội lực và ứng suất khi giả thiết biểu đồ nhiệt độ phân bố đều:



Hình 5 - 5 : Ứng suất và biến dạng trong dầm do co ngót và do nhiệt độ thay đổi

▪ Mục đích: xác định  $M_C$ ,  $M_{ST}$ ,  $N_C=N_{ST}=N$

▪ Điều kiện: theo các điều kiện sau

➤ Cân bằng nội lực và mô men:

$$M_{ST} + M_C = N.a$$

➤ Dầm và bản có cùng độ cong:

$$\frac{M_{ST}}{E_S I_{ST}} = \frac{M_C}{E_C I_C}$$

➤ Theo điều kiện tiết diện phẳng: biến dạng phần thép ở mức trọng tâm bê tông sẽ bằng biến dạng tự do trừ đi biến dạng do nội lực:

$$\frac{N_{ST}}{E_S F_{ST}} + \frac{M_{ST}}{E_S I_{ST}} .a = \varepsilon - \frac{N_C}{E_C F_C}$$

Từ hệ thống 3 phương trình trên ta giải được:

$$N = A(E_C F_C + E_S F_{ST}) \varepsilon$$

$$M_C = AaE_C I_C \varepsilon$$

$$M_{ST} = AaE_S I_{ST} \varepsilon$$

## PHẦN II CẦU DẦM THÉP TIẾT DIỆN HỘP

Chương I:

VÀI NÉT VỀ CẦU DẦM THÉP TIẾT DIỆN HỘP

I - Khái niệm:

<http://www.ebook.edu.vn>

<http://elib.ntt.edu.vn>

Cầu dầm hộp với vật liệu thép hợp kim cường độ cao hiện nay được sử dụng khá phổ biến và có nhiều ưu điểm.

Cầu dầm hộp có độ cứng, nhất là độ cứng chống xoắn cao.

Với kỹ thuật hàn phát triển cho phép vượt được những nhịp rất lớn (200-3000m)

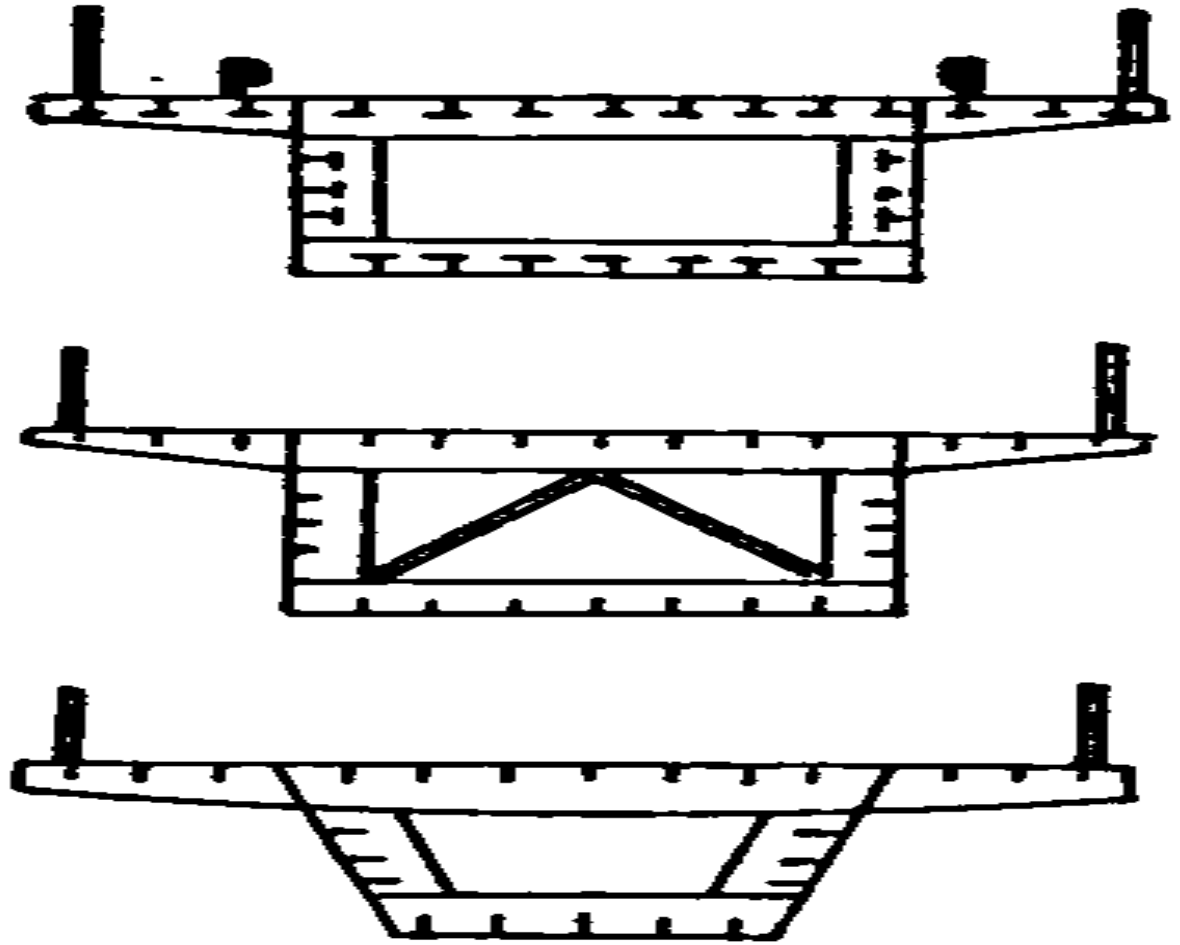
Đặc điểm:

- Sử dụng thép rất hợp lý. Hệ số xây dựng đạt tới trị số rất thấp: hầu như tất cả các bộ phận thép kết cấu nhịp đều tham gia trực tiếp làm việc trong trạng thái ứng suất.
- Biên trên dầm hộp đồng thời làm bản mặt cầu trực giao và làm thay hệ liên kết dọc trên. Tấm đáy hộp làm nhiệm vụ hệ liên kết dọc dưới.
- Cho phép phát triển tiết diện để đạt được mô men quán tính lớn- giảm đáng kể chiều cao.
- Đối với dầm I: cánh bản biên rộng tối đa là 15 hb. Với dầm hộp kiểu bản trực giao thì bề dày bản thép 12mm có bề rộng tới 3,0m.
- Trong dầm liên tục có điều chỉnh ứng suất: chiều cao dầm có thể giảm tới 1/60 hoặc hơn.
- Dầm tiết diện hộp có cấu tạo đơn giản, thuận lợi cho việc chế tạo, thi công và bảo quản trong quá trình khai thác, đặc biệt có thể sử dụng có hiệu quả liên kết hàn và máy hàn tự động.
- Cấu tạo đơn giản, thuận tiện cho việc chế tạo, thi công hay bảo quản trong quá trình khai thác.
- Trong điều kiện khí hậu nóng ẩm, dễ bị ăn mòn bởi hơi nước mặn như nước ta, dầm tiết diện hộp cho phép dễ dàng chống rỉ hơn các loại kết cấu khác.
- Chỉ tiêu sử dụng thép đối với cầu dầm hộp khoảng 350-520 kg/m<sup>2</sup> tùy theo chiều dài trung bình của nhịp (trường hợp dầm liên tục).

## II. Đặc điểm tiết diện và kích thước cơ bản cầu dầm hộp:

Tùy thuộc chiều dài nhịp, bề rộng cầu mà tiết diện ngang được cấu tạo theo 1 số dạng :

- **Tiết diện hộp có 1 ngăn:**
  - Khi bề rộng phần xe chạy không lớn lắm. Dầm có 2 sườn đứng, tấm đáy và tấm bản mặt cầu đều dùng loại tấm trực giao.
  - Các sườn ứng và tấm đáy đều có bố trí sườn tăng cường.

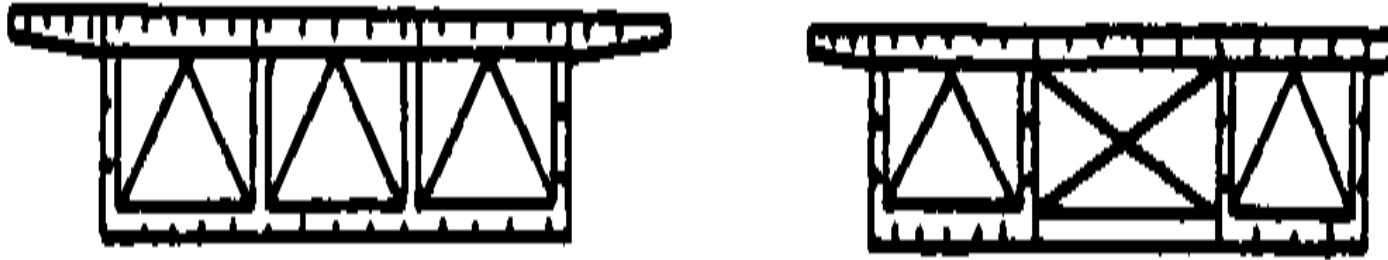


Hình 1-1 : Tiết diện hộp có 1 ngăn



- Các vách ngang hoặc hệ giằng để tạo độ cứng cho tiết diện.
- **Tiết diện hộp có nhiều ngăn :** hoặc cầu có nhiều hộp - khi bề rộng phần xe chạy lớn.
- Tỷ lệ giữa chiều cao dãn hộp và chiều dài nhịp thường trong khoảng:

$$\frac{h}{l} = \frac{1}{30} - \frac{1}{35}$$



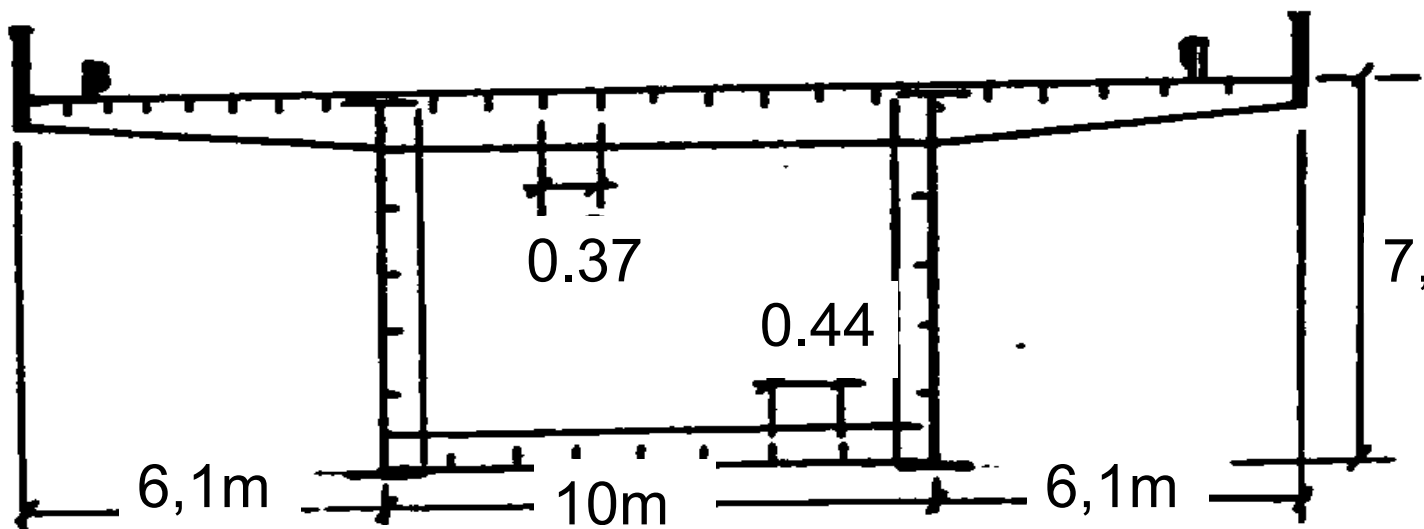
Hình 1-2 : Tiết diện hộp có nhiều ngăn hoặc nhiều hộp

### III. Một số cầu hộp đã được xây dựng

1. Cầu Châu Âu ở Áo trên xa lộ Muynkhen – Roma được xây dựng năm 1963 dài 657m. Sơ đồ 81+108+198+108+2x81.

- Bề rộng phần xe chạy 8,3m cho 1 chiều và 10,6m chiều ngược lại. (cầu nằm trên đường cong  $R=700m$ ).
  - Khoảng cách giữa 2 mép lan can: 22,2m
- Tiết diện ngang nhịp 198m:
- Chiều cao dầm không đổi :  $h=7,7m$
  - Thành đứng hộp: cách nhau 10,0m, dày 12-15mm (bằng  $1/642 - 1/514$  chiều cao)
  - Sườn tăng cường đứng: cách nhau 3m, sườn tăng cường ngang khoảng cách 0,5 – 1,5m.



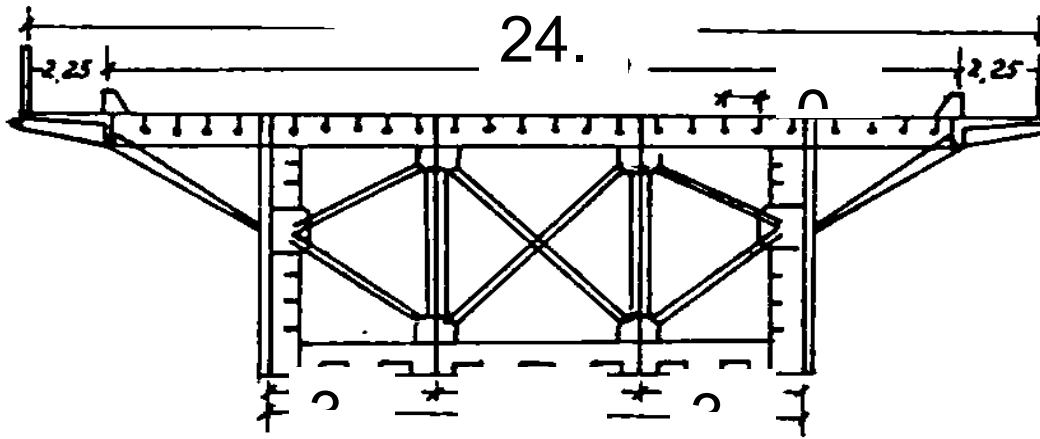


**Hình 1 -3 : Tiết diện ngang cầu Châu**

- Tấm đáy hộp: dày 10-30mm ( $1/1000 \div 1/333$  bề rộng) được tăng cường bằng các sườn dọc khoảng cách 440mm. Dầm ngang cách 3m.
- Tấm mặt cầu kiểu bản trực giao dày 10-18mm, các sườn đứng cách khoảng 370mm. Kê lên các dầm ngang k/cách 1,5m. Các dầm ngang có phần hẫng 6,1m để đỡ phần xe chạy mở rộng và lề bộ hành.
- Lớp mặt đường: bê tông nhựa mattic 5cm được liên kết với tấm mặt cầu bằng các sườn cao 25mm hình dích dắc.
- Hộp ck 3m có 1 khung ngang từ các dầm ngang liên kết vào mặt cầu, tấm đáy và các STC đứng của thành hộp. Cứ 9m có đặt thêm các thanh liên kết để đảm bảo độ cứng hộp.
- Chỉ tiêu sử dụng thép: 350kg/m<sup>2</sup>
- Các khối được chế tạo sẵn trong nhà máy cao 4m, vận chuyển tới công trường rồi lắp ghép thành khối lớn hơn.
- Các khối dầm chủ: lắp thành đoạn 9m, trọng lượng 20T, thi công lắp hẫng cân bằng. Khối lượng toàn bộ: 5000T, lắp ráp xong trong 1 năm.
- Khi lắp nhịp 198m độ võng phần hẫng giữa nhịp tới 1,4m.

### **2. Cầu trên sông Ranh nối Maixe-Vaizen và Gutstapbur.**

- Đây là 1 trong 22 P/A: 3P/A cầu BTCTĐƯL, 19P/a thép. Sơ đồ cầu 3 nhịp liên tục: 43,7 + 203,94 + 131,74.
- Bề rộng đường xe chạy 20,0m lề bộ hành 2x2,25. Khoảng cách giữa các lan can: 24,5m.
- Dầm có biên dưới lượn theo đường Parabol với đường tên 1m.  $h_{min} = 6,81m$  ( $1/30$  nhịp),  $H_{gối} = 7,17$  và 7,77m.
- Tiết diện ngang là hộp chữ nhật, khoảng cách 2 thành đứng 11,7m. Phần hẫng của mỗi bên 6,4m.



**Hình 1.1. Mặt cắt ngang cầu**

- Bề dày thành đứng 10mm - có các STC đứng và STC ngang. Tấm mặt cầu kiểu bản trực giao dày 12mm có các sườn đứng đầu tròn –  $a = 300\text{mm}$ , các sườn đặt theo phương ngang cầu  $a = 0,9 \div 1,54\text{m}$  tùy TTÚS bản mặt cầu do tham gia chịu lực với dầm chủ.
- Trong hộp có 2 dàn dọc đặt cách thành hộp 3,6m - có tác dụng làm giảm chiều dài nhịp của bản trực giao và bản đáy. Còn có tác dụng rất tốt cho thi công.
- Các liên kết ngang giữa các dàn nâng và thành hộp đặt cách nhau 9,27m làm tăng độ cứng chống xoắn của hộp lên rất nhiều.
- Lớp mặt cầu gồm lớp mactich 8mm rồi phủ một lớp BTN 50mm.
- KCN được chế tạo sẵn các bộ phận chi tiết dài 12m, chở bằng đường thủy tới vị trí- lắp ráp ở công trường thành các khối rộng 3,6m có đủ các bộ phận: thành hộp, dàn dọc, tấm đáy, tấm mặt cầu trực giao và liên kết ngang - dài 70m, trọng lượng ~200T được cẩu lên vị trí và lắp ráp.

*Chương II*

**TÍNH TOÁN CẦU DẦM TIẾT DIỆN HỘP**

**I. Khái niệm:**

Dầm tiết diện hộp thuộc loại thanh thành mỏng kín.

Lý thuyết tính thanh thành mỏng được Timosenko đưa ra đầu tiên,

Sau đó B.Z.Vlaxop, A.A. Umanxki nghiên cứu và hoàn chỉnh cả về lý thuyết về độ bền, ổn định và dao động của thanh thành mỏng hở.

A.A.Umanxki nghiên cứu lý thuyết về thanh thành mỏng kín và giải quyết vấn đề tính toán kết cấu cầu dầm hộp.

Các giả thuyết:

Thanh có bề dày thành khá nhỏ- cho phép coi ứng suất phân bố đều theo chiều dày.

Dọc theo thành mỏng của tiết diện, trạng thái ứng suất là một trục (dọc theo các trục x và y của tiết diện ứng suất = 0) và các thớ của thanh không đè lên nhau.

Chu vi tiết diện không bị biến dạng, nghĩa là các thành mỏng vẫn thẳng và góc tạo thành giữa chúng vẫn giữ nguyên.

Bỏ qua các ảnh hưởng cục bộ như tiết diện thay đổi đột ngột, mối nối, mối liên kết...

Vật liệu kết cấu làm việc hoàn toàn trong giai đoạn đàn hồi và sự ổn định cục bộ được đảm bảo nhờ các biện pháp cấu tạo.

Từ hai giả thiết đầu - có thể xem tiết diện là đường trung gian bề dày các thanh mỏng.

Giả thiết thứ 3 có thể chấp nhận được khi cấu tạo hệ liên kết ngang đủ cứng và bố trí không quá thưa theo chiều dài nhịp.

## II. Tính dầm tiết diện hộp chịu uốn trong mặt phẳng chính:

Giả sử có dầm hộp chịu tải trọng trong mặt phẳng trục y

Ứng suất pháp:

$$\sigma_x = \frac{M_x}{I_x} \cdot y$$

Khi xác định  $I_x$  ta bỏ qua mô men quán tính của các tấm ngang đối với trục của nó.

Ứng suất tiếp trong sườn hộp xđ theo công thức

$$\tau = \frac{Q_y}{2I_x} \cdot \frac{S_x}{\delta_c}$$

$S_x$ : mô men tĩnh của nửa phần tiết diện hộp nằm trên (hoặc dưới) trục x.

$\delta_c$ : bề dày sườn hộp.

Trong trường hợp tiết diện không đối xứng với trục y hoặc dầm tiết diện hộp có nhiều ngăn thì việc xác định ứng suất phức tạp hơn.

Trường hợp này dưới tác dụng của lực cắt  $Q_y$ , luồng ứng suất tiếp toàn phần t ở sườn hộp gồm 2 phần:

$$t = t_0 + t_1 \quad (1)$$

Trong đó :

$$t_0 = \frac{Q_y S_x^o}{I_x}$$

là luồng ứng suất của tiết diện hộp hệ cơ bản không khép kín và tĩnh định bằng cách cắt một đường tiết diện hộp kín (Hình 2-2).

$t_1$  : luồng ứng suất do thực tế tiết diện hộp khép kín.

: mô men tĩnh phần t/d xét của t/d hộp không khép kín (hệ cơ bản)

Do điều kiện chập hai mép tại đường cắt nên không có sự trượt tương đối giữa chúng ,điều kiện:

$$\oint \frac{t}{\delta G} ds = 0 \quad (2)$$

Trong đó :  $G$  - mô đun trượt của vật liệu  
 $\delta$  - bề dày thành mỏng tiết diện

Tích phân trên lấy với toàn bộ đường chu vi tiết diện và gọi là phương trình hộp kín.

Ký hiệu :  $\bar{s} = \oint \frac{ds}{\delta}$  và gọi là chu vi tính đối, khi đó:

$$t_1 = -\frac{Q_y \oint S_x^0 ds}{I_x \bar{s}} \quad (3)$$

Trong đó :

$\oint S_x^0 ds$  - diện tích tính đối của biểu đồ mô

men tĩnh của tiết diện cơ bản lấy đối với trục x.

Tiết diện dầm hộp gồm những thành mỏng và  $\int S_x^0 ds = T_x^0$  là diện tích biểu đồ mô men tĩnh của từng thành mỏng.

Tích phân trên lấy với toàn bộ đường chu vi tiết diện và gọi là phương trình hộp kín.

Thay (1) vào (2) và xét tới biểu thức của  $t_0$  ta có :

$$t_1 = -\frac{Q_y \oint S_x^0 \frac{ds}{\delta}}{I_x \oint \frac{ds}{\delta}}$$

Do đó (3) có thể viết :

$$t_1 = -\frac{Q_y}{I_x} \sum \frac{T_x^0}{\delta}$$

Có thể chọn đường cắt sao cho  $t_1=0 \Rightarrow$  tính ứng suất tiếp sẽ đơn giản hơn ,chỉ còn xác định  $t_0$  tương ứng cho tiết diện cơ bản.

Vị trí cắt đó là tại trục đối xứng oy của tiết diện đối xứng với trục y khi tính với lực cắt  $Q_y$ . Tương tự như vậy tại trục đối xứng là ox của t/d đối xứng trục x khi tính tới lực cắt  $Q_x$ .

Trường hợp dầm hộp có nhiều ngăn phải có nhiều điểm cắt.

Hộp có 3 ngăn thì hệ cơ bản phải có 3 điểm cắt.

- Tính ứng suất tiếp sẽ phải xuất phát từ việc giải hệ phương trình xây dựng từ điều kiện chập hai mép ở các điểm cắt, hay gọi là hệ phương trình hộp kín.
- Trường hợp tổng quát, hệ phương trình hộp kín nhiều ngăn có dạng:

$$\begin{aligned} \bar{S}_1 q_1 - \bar{S}_{1,2} q_2 + \oint S_x^0 d\bar{s} &= 0; \\ -\bar{S}_{1,2} q_1 + \bar{S}_2 q_2 - \bar{S}_{2,3} q_3 + \oint S_x^0 d\bar{s} &= 0; \\ -\bar{S}_{2,3} q_2 + \bar{S}_3 q_3 - \bar{S}_{3,4} q_4 + \oint S_x^0 d\bar{s} &= 0; \\ &\dots \\ -\bar{S}_{n-1,n} q_{n-1} + \bar{S}_n q_n - \bar{S}_{n,n+1} q_{n+1} + \oint S_x^0 d\bar{s} &= 0; \\ -\bar{S}_{n,n+1} q_n + \bar{S}_{n+1} q_{n+1} + \oint S_x^0 d\bar{s} &= 0; \end{aligned}$$

➤

➤ Trong đó:

$\bar{S}_i$  - chu vi tính đối của ngăn thứ  $i$  tiết diện hộp;  
 $\bar{S}_{i-1,i}$  và  $\bar{S}_{i,i+1}$  - chiều dài tính đối (ở đây là chiều cao) sườn đứng giữa ngăn  $i-1$  và  $i$ , ngăn  $i$  và  $i+1$ ;

$q_i, q_{i-1}$  và  $q_{i+1}$  - luồng ứng suất tiếp đơn vị (khi  $\frac{Q_y}{I_x} = 1$ ) phát sinh tại chỗ cắt ngăn  $i, i-1$  và  $i+1$  của tiết diện hộp.

➤ Dấu tích phân ( $\oint$ ) là lấy theo đường chu vi từng ngăn tương ứng.

➤ Sau khi giải được các giá trị  $q_i$  sẽ xác định mô men tĩnh  $S_x$  cho các điểm của t/diện theo các công thức:

□ Đối với điểm nằm trên các sườn đứng bên ngoài và tấm trên hay tấm dưới của t/diện hộp:

$$S_x = S_x^0 + q_i \quad (5)$$

□ Đ/v điểm nằm trên các sườn giữa hai ngăn  $i$  và  $i-1$ :

$$S_x = S_x^0 \pm (q_i - q_{i-1}) \quad (6)$$

Dấu + lấy với sườn nằm phía trái tâm uốn t/diện

Dấu - lấy với sườn nằm phía phải tâm uốn t/diện.

➤ Ứng suất tiếp khi đó xác định theo công thức :

$$\tau = \frac{Q_y S_x}{I_x \delta}$$

➤ Các công thức trên xét trong trường hợp không có hiện tượng xoắn, trong trường hợp chung - khi tải trọng xác định hướng qua tâm uốn.

➤ Vị trí tâm uốn không đối xứng cả với trục x và y xác định trên cơ sở phân tích sau: Xét phân tố tiết diện ds, khi chịu lực cắt  $Q_y = I_x$  thì luồng ứng suất tiếp sẽ là  $T_x = S_x ds$

➤ Điều kiện để không xoắn là khi  $Q_y$  tác dụng quá tâm uốn cách trọng tâm o một đoạn  $a_x$  - cân bằng các mô men của các lực tác dụng được viết dưới dạng phương trình :

$$\sum M_0 = I_x a_x - \oint S_x r ds = 0$$

Suy ra: 
$$a_x = - \frac{\oint S_x r ds}{I_x} \quad (7)$$

Tương tự ta cũng có:

$$a_y = - \frac{\oint S_y r ds}{I_y} \quad (8)$$

Với tiết diện hộp gồm những thành mỏng thẳng:

$$a_x = \frac{\sum T_x r_x}{I_x} \quad (9)$$

$$a_y = \frac{\sum T_y r_y}{I_y} \quad (10)$$

Từ (5) và (6) ta có:

$$T_x = T_x^0 + sq_i \quad (11)$$

và:

$$T_x = T_x^0 + (q_i - q_{i-1})s \quad (12)$$

Ta xác định  $T_y$  theo các công thức tương tự.

➤ **Chú ý:** khi t/diện có một trục đ/xứng thì tâm uốn sẽ nằm trên trục đó, nếu t/diện có 2 trục đ/xứng thì tâm uốn sẽ trùng với trọng tâm tiết diện.

(Xem ví dụ trong giáo trình)

### III. Tính dầm tiết diện hộp chịu xoắn

Có 2 dạng :

- Xoắn tự do
- Xoắn kiểm chế

■ Xoắn tự do :

- Không gây ra ứng suất pháp trong t/diện
- Dầm chịu mô men xoắn phân bố đều trên suốt chiều dài.
- Điều kiện liên kết đầu cho phép t/diện có thể chuyển vị tự do.

Dầm có t/diện ống và hộp vuông, bề dày các thành mỏng không đổi: không thỏa ĐK trên vẫn có xoắn tự do.

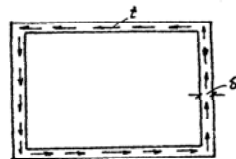
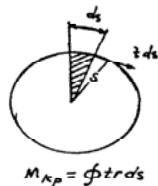
■ Xoắn kiểm chế :

- Có xuất hiện ứng suất pháp trên t/diện
- Các điểm chuyển vị dọc trục dầm gây hiện tượng vênh.
- Luật t/diện phẳng không đảm bảo.

#### 3.1. XOẮN TỰ DO :

■ Dầm một ngăn chịu xoắn tự do :

Luồng ứng suất tiếp t không đổi trên mọi điểm trên đường chu vi tiết diện.



Hình 3-1 Đề tính ứng suất trong tiết diện bị xoắn tự do.

Xác định theo biểu thức :

$$t = \frac{M_{kp}}{\int r ds} = \frac{M_{kp}}{\Omega} \quad (13)$$

Trong đó :

- $M_{kp}$  : mô men xoắn tác dụng
- $r$  – bán kính cực tới phân tố  $ds$  của đường chu vi t/diện lấy với một điểm bất kỳ
- $\Omega$  - hai lần diện tích nằm trong phạm vi đường chu vi tiết diện

Như vậy ứng suất tiếp:

$$\tau = \frac{t}{\delta} = \frac{M_{kp}}{\Omega \delta} \quad (14)$$

Góc xoắn  $\varphi$  đối với tiết diện hộp chịu xoắn tự do xác định từ phương trình vi phân :

$$\varphi' = \frac{M_{kp}}{GI_d} \quad (15)$$

Với  $I_d$  là mô men quán tính giả ước chống xoắn tự do, xác định theo công thức:

$$I_d = \frac{\Omega^2}{S_0} \quad (16)$$

Trong đó:

$\overline{S_0}$  - Chu vi tính đối của tiết diện

Như phần trên, với mỗi thành mỏng thì  $\overline{S_x}$  là lực tiếp tuyến đơn vị trong thành mỏng đó  $T_x^0$  khi  $Q_y = I_x$

Điều kiện kiểm tra các phép tính:  $Q_y = \sum T_x^0$



Để xác định  $S_x$  cần xác định  $q_i$  từ phương trình hợp kín. Chú ý:

$$\sum \frac{1}{\delta} \int S_x^0 ds = \sum \frac{T_x^0}{\delta}$$

Ta có các phương trình hợp kín:

$$\begin{aligned} \bar{s}_1 q_1 - \bar{s}_{1,2} q_2 &= -\sum_1 \frac{T_x^0}{\delta}; \\ -\bar{s}_{1,2} q_1 + \bar{s}_2 q_2 - \bar{s}_{2,3} q_3 &= -\sum_2 \frac{T_x^0}{\delta}; \\ -\bar{s}_{2,3} q_2 + \bar{s}_3 q_3 &= -\sum_3 \frac{T_x^0}{\delta}; \end{aligned}$$

Từ (15) và (16) ta viết lại (13):

$$s_0 t = \Omega \varphi \quad (17)$$

Tiết diện thành mỏng độ vênh  $w$  có liên hệ với góc xoắn  $\varphi$  bởi biểu thức:

$$w = -\varphi \bar{\omega} = -\frac{M_{kp}}{GI_d} \bar{\omega} \quad (18)$$

Để xác định  $w$  ban đầu phải xác định tọa độ quạt  $\omega$  cho chính điểm đó của t/d:

$$\omega = \int r ds \quad (19)$$

R- khoảng cách từ cực được chọn đến phân tố  $ds$  của t/d. Tích phân này lấy cho toàn t/d nằm phía ngược chiều kim đồng hồ với điểm gốc cho tới điểm được xét. Nét t/d gồm các thành mỏng thẳng:

$$\omega = \sum rs \quad (20)$$

Bán kính tính đổi p:

$$p = \frac{\Omega}{s_0} \quad (21)$$

Sau đó tính tọa độ quat tổng quát:

$$\bar{\omega} = \omega - sp = \omega - \Omega \frac{s}{s_0} \quad (22)$$

Trong đó:  $\bar{s}$  là chiều dài tính đổi của các phần t/d nằm giữa điểm gốc và điểm được xét của t/d.

Từ (18) ta thấy  $\bar{\omega}$  - chính là độ vênh đơn vị của điểm được xét, nghĩa là khi  $M_{kp} = GI_d$ . Tiết diện xoắn tự do nên tại điểm bất kỳ độ vênh bằng 0, ta có:

$$\bar{\omega} = \omega - \Omega \frac{s}{s_0} = 0$$

Suy ra:

$$\frac{\omega}{s} = \frac{\Omega}{s_0} = const$$

Vì  $\omega, s_0$  là các đại lượng cố định.

Với tiết diện hộp nhiều ngăn thì biểu thức phương trình vi phân (15) vẫn đúng, chỉ có mô men giả ước chông xoắn được xác định:

$$I_d = \sum p_i \Omega_i \quad (23)$$

Với  $\Omega_i$  - hai lần diện tích của ngăn thứ i

$p_i$  - luồng xoắn đơn vị của ngăn thứ i

- Cách xác định  $p_i$ :

Trong hộp nhiều ngăn, các luồng ứng suất tiếp  $t$  không đổi ở các thành mỏng mỗi ngăn, ở các thành mỏng chung: bằng hiệu số các luồng ứng suất thuộc các ngăn đó.

Các phương trình ngăn hộp kín có thể viết:

$$-s_{i,i-1}t_{i-1} + s_i t_i - s_{i,i+1}t_{i+1} = G\varphi\Omega_i$$

Phương trình này có thể suy từ (13), (15) và (16) trong trường hợp hộp 1 ngăn:

$$t = \frac{M_{kp}}{\Omega} = \frac{G\varphi I_d}{\Omega} = \frac{G\varphi\Omega}{s_0}$$

Và:

$$-s_{i,i-1} \frac{t_{i-1}}{\varphi G} + s_i \frac{t_i}{\varphi G} - s_{i,i+1} \frac{t_{i+1}}{\varphi G} = \Omega_i$$

Ký hiệu:

$$\frac{t_{i-1}}{\varphi G} = p_{i-1}; \frac{t_i}{\varphi G} = p_i; \frac{t_{i+1}}{\varphi G} = p_{i+1}$$

Ta được:

$$-s_{i,i-1}p_{i-1} + s_i p_i - s_{i,i+1}p_{i+1} = \Omega_i \quad (24)$$

Đại lượng  $p$  thực tế là trị số ứng suất tiếp khi  $\varphi G=1$ , nên được gọi là luồng xoắn đơn vị. Hộp có bao nhiêu ngăn sẽ có bấy nhiêu phương trình (24).

Sau khi giải hệ phương trình và xác định được các  $p_i$ , ta có:

$$t_i = p_i \varphi G = \frac{M_{kp} p_i}{I_d} \quad (25)$$

Và

$$\tau_1 = \frac{M_{kp} p_i}{I_d \cdot \delta} \quad (26)$$

Với tiết diện hộp vẫn có biểu thức của độ vênh:

$$w = -\frac{M_{kp}}{GI_d} \bar{\omega}$$

Có  $I_d$  xác định theo công thức (23) và:

$$\bar{\omega} = \omega - \int_0^s p ds$$

Ở đây  $\bar{\omega}$  cũng là độ vênh đơn vị ứng với  $\varphi' = 1$ .

Góc xoắn  $\varphi$  có thể xác định từ phương trình vi phân (15).

Tùy thuộc vào giá trị ngoại lực tác dụng mà xác định được mô men xoắn và góc xoắn.

Xem ví dụ trang 85 của giáo trình.

### **3.2. XOẮN KIỀM CHẾ**

Trong xoắn kiềm chế, sự vênh của t/d có liên quan không chỉ với góc xoắn mà còn với các yếu tố khác: tải trọng, đặc điểm liên kết của gối.

Nếu trục xoắn dầm đi qua tâm xoắn của t/d: xoắn kiềm chế không kèm theo uốn – không xảy ra trong nhịp cầu dầm hộp.

Vị trí tâm xoắn xác định theo công thức:

$$a_x = \frac{\oint \bar{\omega}_1 y dF}{I_x} \quad (27)$$

Và

$$a_y = \frac{\oint \bar{\omega}_1 x dF}{I_y} \quad (28)$$

Trong đó  $\bar{\omega}_1$  là tọa độ quạt tổng quát lấy đối với trọng tâm t/d

$I_x, I_y$  – mô men quán tính của t/d với hai trục x và y

$dF$  – phân tố diện tích của t/d

Trong lý thuyết về xoắn, có thể giả thiết tâm xoắn và tâm uốn là một. Khi dầm hộp chịu uốn xoắn kiểm chế – ứng suất pháp gồm hai phần: do uốn và do xoắn:

$$\sigma = \sigma_u + \sigma_{kp}$$

Ứng suất pháp do xoắn:

$$\sigma_{kp} = \frac{B\bar{\omega}}{I\bar{\omega}} \bar{\omega} \quad (29)$$

Trong đó:

$B\bar{\omega}$  - bimomen uốn xoắn

$I\bar{\omega}$  - momen quán tính chính quạt của t/d, xác định theo công thức:

$$I\bar{\omega} = \oint \bar{\omega}^2 dF \quad (30)$$

$$B\bar{\omega} = -\frac{EI\bar{\omega}}{\mu} \left( \varphi'' - \frac{m_z}{GI_c} \right) \quad (31)$$

Với  $I_c$  là momen quán tính cực

$$I_c = \oint r^2 dF \quad (32)$$

Trong đó:  $\mu = \frac{I_d}{I_c}$  - hệ số vênh của tiết diện

$\varphi$  - góc xoắn của tiết diện

$m_z$  - momen xoắn phân bố;

Nếu gọi hàm  $\beta_{(z)}$  xác định độ biến dạng vĩnh trong xoắn kiểm chế và có dạng:

$$\beta_{(z)} = \left( y' - \frac{M_z}{GI_c} \right) \frac{1}{\mu} \quad (33)$$

Thì: 
$$B\bar{\omega} = -EI\bar{\omega}\beta \quad (34)$$

Ứng suất tiếp toàn phần trong tiết diện dầm hộp chịu uốn và xoắn kiểm chế bao gồm ứng suất tiếp do lực cắt Q, do xoắn tự do và do momen uốn xoắn  $M_\omega$

$$\tau = \tau_Q + \tau_{kp} + \tau_\omega$$

Khi tính  $\tau_{kp}$  và  $\tau_\omega$  cần chú ý rằng tại các chỗ cắt các ngăn hộp kín thì luồng ứng suất bao gồm một luồng p do xoắn tự do và một luồng  $\bar{p}$  do xoắn kiểm chế.

Các giá trị của p và  $\bar{p}$  xác định từ các phương trình hộp kín:

$$\begin{aligned} -\bar{s}_{i,i-1} p_{i-1} + \bar{s}_i p_i - \bar{s}_{i,i+1} p_{i+1} &= \Omega_i \\ -\bar{s}_{i,i-1} \bar{p}_{i-1} + \bar{s}_i \bar{p}_i - \bar{s}_{i,i+1} \bar{p}_{i+1} &= \Phi_i S_\omega d \bar{s} \end{aligned} \quad (35)$$

Với  $\tau_Q$  và  $\tau_{kp}$  xác định theo các công thức ở phần trên, còn  $\tau_\omega$  xác định theo công thức:

$$\tau_\omega = \frac{M_\omega S_\omega^-}{I_\omega^- \delta} \quad (36)$$

Trong đó:

$S_\omega^-$  momen tĩnh chính quạt của tiết diện:

$$S_\omega^- = p - S_\omega$$

Bimomen  $B_{\omega}$  và momen uốn xoắn  $M_{\omega}$  được xác định từ trình vi phân xoắn kiểm chế:

$$\varphi^{IV} - k^2 \varphi'' = -\frac{\mu m_z}{EI_{\omega}} + \frac{m_z''}{GI_c} \quad (39)$$

$k$  – đặc trưng uốn xoắn của dầm hộp (thanh thành mỏng) xác định theo:

$$k = \sqrt{\frac{\mu \cdot GI_c}{EI_{\omega}}} \quad (40)$$

Nghiệm của pt vi phân (39) là tổng của nghiệm tổng quát của pt thuần nhất có vế phải bằng 0, và nghiệm riêng có kể đến tải trọng tác dụng ở vế phải.

Khi giải nghiệm tổng quát sẽ dùng phương pháp thông số ban đầu gồm góc xoắn ban đầu  $\varphi_0$  và độ vênh t/d  $\beta_0$ , bimomen  $B_{\omega_0}$  và momen xoắn toàn phần  $M_0$  tương ứng với các điều kiện ở t/d đầu dầm

$$\begin{aligned} \varphi &= \varphi_0 + \frac{\mu \cdot \beta_0}{k} shkz + \frac{B_{\omega_0}}{GI_d} (1 - chkz) + \frac{M_0}{GI_d} \left( z - \frac{\mu}{k} shkz \right); \\ \beta &= \beta_0 shkz - \frac{k B_{\omega_0}}{\mu \cdot GI_d} shkz + \frac{M_0}{GI_d} \left( \frac{1}{\mu} - chkz \right); \\ B_{\omega} &= -\frac{\mu \cdot GI_d}{k} \beta_0 shkz + B_{\omega_0} chkz + \frac{\mu \cdot M_0}{k} shkz; \\ M_z &= M_0 \end{aligned} \quad (41)$$

Momen xoắn toàn phần  $M_0$  gồm có thành phần momen xoắn tự do  $M_{kp}$  và momen uốn xoắn  $M_\omega$  cho bởi công thức:

$$M_{kp} = \mu.GI_d\beta.chkz - kB_{\omega_0}shkz + M_0(1 - \mu.chkz); \quad (42)$$

$$M_\omega = -\mu.GI_d\beta.chkz + kB_{\omega_0}shkz + \mu.M_0chkz;$$

Vế phải của pt (41) và (42) sẽ có thêm phần nghiệm riêng tương ứng với tải trọng ngoài.

Các hàm hyperbolic thường có trong các tài liệu chuyên đề, sổ tay cho sẵn công thức để xác định các thông số trên ứng với các dầm chịu tải trọng khác nhau và có các điều kiện liên kết gối khác nhau.

NTTUL





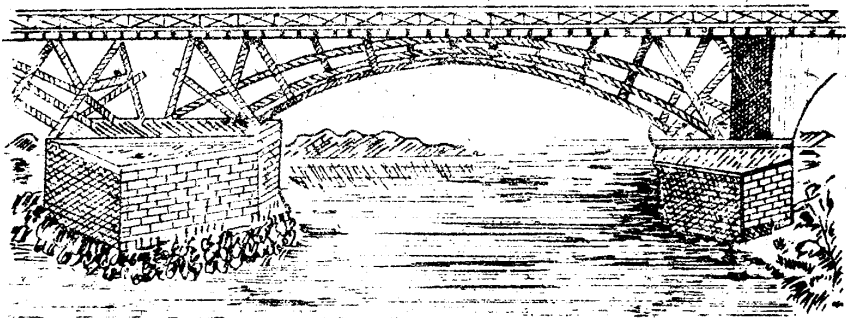
**Giáo án**  
**KẾT CẤU GỖ**

# CHƯƠNG MỞ ĐẦU

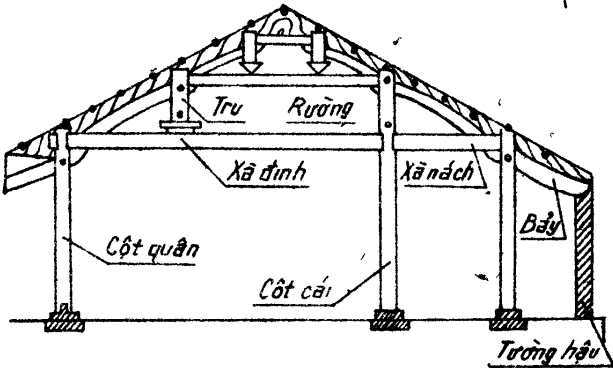
## ĐẠI CƯƠNG VỀ KẾT CẤU GỖ

### §1. Đặc điểm và phạm vi áp dụng của kết cấu gỗ

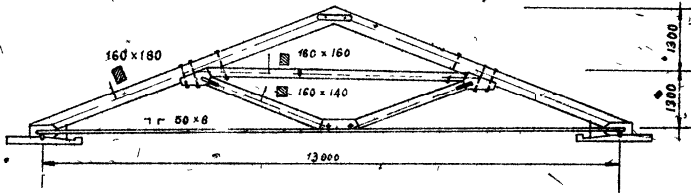
- Định nghĩa: kết cấu gỗ là kết cấu của công trình xây dựng hay một bộ phận công trình làm bằng vật liệu gỗ hay chủ yếu bằng vật liệu gỗ.  
Cột nhà, kèo nhà, khung gỗ của nhà, cầu gỗ, đều là kết cấu gỗ.



Cầu gỗ bắc qua sông Đa nuyp(Châu Âu) dài 1000 m. nhịp 35m (104)



Sơ đồ kết cấu một nhà gỗ nông thôn.



Giàn thép có thanh căng

- Đặc điểm:

Vật liệu làm kết cấu gỗ không phải chỉ là toàn gỗ mà có thể có các vật liệu khác kết hợp như thép, tre, chất dẻo. dàn hỗn hợp thép - gỗ, trong đó đã lợi dụng tính chất của thép chịu kéo tốt, chịu nén kém, còn gỗ lại chịu kéo kém, chịu nén tốt, vì thế bố trí các thanh chịu kéo bằng thép, còn các thanh chịu nén làm bằng gỗ.

Tất cả các bộ phận, các cấu kiện bằng gỗ này của một công trình phải được thiết kế, tính toán để đảm bảo các yêu cầu về sử dụng và chịu lực. Kết cấu gỗ phải thích ứng được với các yêu cầu về sử dụng đề ra cho công trình, phải có đủ độ bền, độ cứng và tiết kiệm vật liệu. Ngoài ra còn phải xét đến các yêu cầu khác: tiết kiệm công chế tạo, dễ dựng lắp, dễ sửa chữa, đẹp, .

Ở Việt Nam cũng như trên thế giới, từ các nước ôn đới đến các nước nhiệt đới gỗ là vật liệu xây dựng tự nhiên, phổ biến khắp mọi nơi nên kết cấu gỗ là một loại kết cấu mang tính truyền thống, lịch sử, được dùng rộng rãi, lâu đời.

### 1. Ưu, khuyết điểm của kết cấu gỗ

Ưu khuyết điểm của kết cấu gỗ nằm trong ưu khuyết điểm của vật liệu gỗ. Gỗ thiên nhiên dùng làm vật liệu xây dựng có những ưu điểm sau:

\* Ưu điểm:

- Gỗ là vật liệu nhẹ và khoẻ, có tính chất cơ học khá cao so với khối lượng riêng nhỏ của nó. Để so sánh tính chất nhẹ khoẻ người ta dùng hệ số  $c = \gamma/R$  (trọng lượng riêng chia cho cường độ tính toán). Với thép  $c = 3,7 \cdot 10^{-4}$  (1/m), với bê tông  $c = 24 \cdot 10^{-4}$  (1/m), với gỗ xoan  $c = 4,3 \cdot 10^{-4}$  (1/m) . Ta thấy gỗ khoẻ xấp xỉ thép và tốt gấp 6 lần bê tông.

Bảng so sánh cường độ của gỗ với một số loại vật liệu khác

	Nén (kG/cm <sup>2</sup> )	Kéo (kG/cm <sup>2</sup> )
Thép (BCT3)	2150	2150
Bê tông (#200)	90	7.5
Gỗ (nhóm IV)	150	115
Gạch (gạch #75, vữa #50)	13	

- Là vật liệu phổ biến mang tính chất địa phương, gỗ có mặt ở khắp nơi từ đồng bằng đến miền núi, có thể khai thác tại chỗ, ngay trong các vườn nhà (xoan, mít, bạch đàn, xà cừ, phi lao, ). Trong khi đó thép cần phải luyện, cán; bê tông cần phải có cát, đá, sỏi

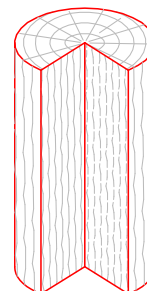
Gỗ dễ chế tạo: dễ xẻ, cưa, bào, đục, khoan, đóng đinh, đánh bóng bằng những dụng cụ thủ công đơn giản và cũng thích hợp với gia công cơ giới. Trong khi đó, với vật liệu thép thường phải chế tạo trong nhà máy, sử dụng các thiết bị chuyên dụng, phức tạp, công kênh. Còn với bê tông cốt thép phải lắp dựng cốppha, trộn, đổ, đầm, theo đúng các yêu cầu kĩ thuật chặt chẽ.

- Hình thức đẹp, sang trọng.

\* Khuyết điểm:

- Nói chung gỗ là vật liệu không bền, dễ bị hư hỏng do mục, mối, mọt. Do cấu trúc của gỗ gồm các tế bào, các chất prôtêin rất thích hợp cho thức ăn của vi trùng, mối, mọt. Là loại vật liệu dễ cháy, tuổi thọ không cao.

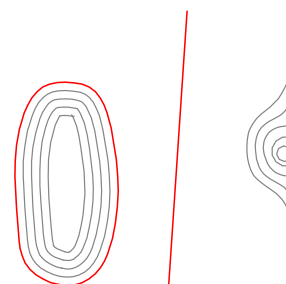
- Gỗ là vật liệu không đồng nhất, không đẳng hướng do cấu trúc tự nhiên của tế bào gỗ. Gỗ không phù hợp với các giả thuyết tính toán ( coi vật liệu là đồng nhất, đẳng hướng ) do đó để tính toán người ta sử dụng nhiều hệ số an toàn dẫn đến tính toán không chính xác. Do cấu tạo của gỗ gồm những thớ xếp theo phương dọc, gồm nhiều thành phần khác nhau từ trong ra ngoài, từ trên xuống dưới (sẽ tìm hiểu kĩ ở bài sau), do đó vật liệu gỗ là rất không đồng nhất và đẳng hướng.



Vi vậy, khi sử dụng các giả thuyết tính toán phải sử dụng các hệ số an toàn cao và phải lựa chọn gỗ cẩn thận thích hợp với yêu cầu thiết kế.

- Gỗ thường có nhiều khuyết tật làm giảm khả năng chịu lực và làm cho việc chế tạo khó khăn: mắt gỗ, khe nứt, thớ vẹo, lỗ mục, thân dẹt, thót ngọn, . . . Mà thường yêu cầu tiết diện là đều do vậy muốn sử dụng phải loại bỏ rất nhiều phần gỗ có khuyết tật dẫn đến lãng phí gỗ.

- Gỗ là loại vật liệu ngậm nước; do vậy, khi thời tiết thay đổi dễ bị dãn nở hay co ngót không đều dẫn đến nứt nẻ, cong vênh, ảnh hưởng đến hình dáng, bề mặt và độ chặt của liên kết, khi lắp ráp sẽ không khít.



Để đề phòng các khuyết điểm trên, người ta thường dùng các biện pháp xử lý để cho gỗ không bị mục, mọt, không dùng gỗ tươi, gỗ ẩm quá mức độ quy định, sấy khô gỗ trước khi sử dụng. Đồng thời phải tăng mức độ an toàn của kết cấu bằng cách lựa chọn vật liệu sử dụng đúng chỗ, dùng phương pháp tính toán sát với thực tế làm việc của kết cấu.

Tất cả các khuyết điểm trên là của gỗ thiên nhiên chưa qua chế biến. Với các biện pháp hiện đại, người ta có thể loại trừ các khuyết điểm đó. Ngày nay ít sử dụng các thanh gỗ tròn mà dùng nhiều các thanh và các tấm gỗ dán. Loại vật liệu này có đủ các tính chất của một loại vật liệu xây dựng quý giá: nhẹ, khoẻ, chịu lực tốt mà đẹp mắt, dễ vận chuyển, dựng lắp, không bị mục, mối, mọt, khả năng chịu lửa cao.

## 2. Phạm vi áp dụng kết cấu gỗ

Kết cấu gỗ thường sử dụng cho các công trình sau:

- Nhà dân dụng: các nhà ở 1 tầng, 2 tầng, nhà hội trường, trụ sở, nhà văn hoá, .

- Nhà sản xuất: kho thóc gạo, chuồng trại chăn nuôi, xưởng chế biến thực phẩm, xưởng sản xuất, sửa chữa nhỏ, . Cũng có thể dùng cho các nhà máy lớn có cầu trục như nhà máy xẻ và chế biến gỗ, cơ khí nhẹ; cũng có thể dùng trong các xưởng hoá chất có các chất ăn mòn kim loại thay cho kết cấu thép.

- Giao thông vận tải: làm cầu cho ô tô, đường sắt , nhịp có thể tới vài chục mét.

- Thuỷ lợi: cầu tàu, bến cảng, cửa van, cửa âu thuyền, cống nhỏ, đập nhỏ .

- Xây dựng: làm đà giáo, ván khuôn, cọc ván, móng cọc, tường chắn, .

Tuy nhiên, nói chung, kết cấu gỗ chỉ thích hợp với các công trình loại vừa và nhỏ, không mang tính chất vĩnh cửu.

## CHƯƠNG I

# VẬT LIỆU GỖ XÂY DỰNG

### §1. Rừng và gỗ ở Việt Nam

#### 1. Rừng Việt Nam

Do điều kiện khí hậu nhiệt đới nắng ẩm, mưa nhiều nên hệ thực vật phát triển mạnh. Vì vậy nước ta có rất nhiều rừng, trong rừng có nhiều loại gỗ quý vào bậc nhất thế giới.

Nước ta là nước có nhiều rừng và đất rừng, chiếm khoảng 43,8% diện tích toàn quốc, diện tích rừng chiếm khoảng 10,5 triệu ha, trong đó rừng gỗ tốt 3,3 triệu ha. Hàng năm khai thác 6-8 triệu m<sup>3</sup> gỗ và nhiều tre nứa.

Khu Tây Bắc có trai, đinh, lim, lát, mun.

Việt Bắc có lim, nghiến, vàng tâm.

Nghệ An có huê mộc, giáng hương.

Nam Trung Bộ có kiên kiên, trắc, mun, cẩm lai. Đà Lạt có thông.

Miền duyên hải Nam Bộ có: đước, tràm.

Miền Đông Nam Bộ có: mun, cẩm lai, bằng lăng.

Gỗ không chỉ có ở rừng núi mà còn có ở địa phương nông thôn, đồng bằng như: xoan, phi lao, mít.

Tuy nhiên rừng gỗ nước ta hầu hết là rừng thiên nhiên, lẫn gỗ tốt và gỗ xấu, năng suất khai thác không cao. Đồng thời, qua hàng bao nhiêu thế kỉ khai thác không khoa học, rừng bị tàn phá nghiêm trọng, chất lượng rừng và trữ lượng gỗ giảm sút rõ rệt. Do đó, việc phát triển khai thác gỗ phải đi đôi với việc bảo vệ, cải tạo và gây trồng rừng.

#### 2. Gỗ Việt Nam

Nước ta có nhiều loại gỗ nhưng thường hay sử dụng trên 400 loại. Trước kia, theo tập quán lâu đời của nhân dân, các loại gỗ sử dụng được xếp vào 4 loại, căn cứ vào vẻ đẹp hay tính chất bền vững của gỗ khi làm nhà, đồ đạc.

a) Nhóm gỗ quý: gồm các loại gỗ có màu sắc đẹp, vân đẹp, hương vị đặc biệt, không bị mối, mọt, mục, chủ yếu dùng để đóng đồ gỗ quý giá, hàng mỹ nghệ, làm dũa liệ. gụ, trắc, mun có vân đẹp, màu bóng thắm tính chất cơ học cao, rất nặng chắc. Lát hoa, trai, ngọc am, trầm hương cũng là loại gỗ quý. Hiện nay gỗ quý ngày càng hiếm và nằm trong danh mục gỗ cấm khai thác bừa bãi.

b) Nhóm thiết mộc: gồm các loại gỗ nặng và cứng nhất, có tính chất cơ học rất cao, rất khó bị mục, mối, mọt.

đinh, lim, sến, táu ( gỗ tứ thiết ) và nghiến, trai, kiên kiên Đinh, lim trước

kia dùng làm cột nhà, cột đình, gỗ này rất nặng, chắc và chịu lực không khác bê tông và thép là mấy.

c) Nhóm gỗ hồng sắc: gồm những gỗ có màu sắc hồng, nâu , đỏ, nhẹ và kém cứng hơn tử thiết.

Nhóm gỗ hồng sắc tốt: dễ gia công, tính chất cơ học khá cao, chịu được nước, ít bị mối, mọt, mục. mỡ, vàng tâm, giổi, tếch, gộ nếp, gộ tẻ, săng lẻ.

Nhóm gỗ hồng sắc thường: không chịu được mối, mục, kém bền hơn, phẩm chất phức tạp. de, muông, sâu sâu, sồi, ràng ràng.

d) Gỗ tạp: gỗ xấu, có màu trắng nhẹ, mềm dễ bị sâu, mục, tính chất cơ học thấp.

## **§2. Các quy định về phân loại và sử dụng gỗ**

Như trên đã nói, nước ta có rất nhiều loại gỗ, có đặc điểm, tính chất khác nhau, do đó cần phải nghiên cứu sử dụng đúng chỗ và hợp lý, tiết kiệm. Ngoài ra việc cung cấp gỗ cho sử dụng luôn khan hiếm do việc khai thác khó khăn, phương tiện thiếu thốn, việc sử dụng và quản lý gỗ còn chưa tốt, gây lãng phí. Vì vậy nhà nước đã đưa ra một số quy định về quản lý, phân loại và sử dụng gỗ sao cho hợp lý và tiết kiệm.

### **1. Phân loại gỗ sử dụng**

Gỗ sử dụng được chia làm 8 nhóm căn cứ vào tính chất cơ lý, màu sắc, cấu trúc, thích ứng với các phạm vi sử dụng nhất định.

*Nhóm I:* gồm những gỗ có màu sắc, mặt gỗ, hương vị đặc biệt, tức là các loại gỗ quý (trắc, gụ, lát, mun, ...).

*Nhóm II:* Gồm các loại gỗ có tính chất cơ học cao nhất. Nhóm thiết mộc (đinh, lim, sến, táu, trai, nghiến, kiên kiên, ...) nằm ở nhóm này.

*Nhóm III:* gồm các loại gỗ có tính dẻo, dai dùng để đóng tàu thuyền như chò chỉ, téch, săng lẻ, ...

*Nhóm IV:* gồm các loại gỗ có màu sắc, mặt gỗ và khả năng chế biến thích hợp cho công nghiệp gỗ lạng và đồ mộc như re, mỡ, vàng tâm, giổi.

Từ nhóm V - VIII: xếp loại căn cứ vào sức chịu lực của gỗ, cụ thể là dựa vào tỉ trọng gỗ.

*Nhóm V:* gồm các loại gỗ hồng sắc tốt: giẻ, thông.

*Nhóm VI:* gồm các loại gỗ hồng sắc thường: sồi, ràng ràng, bạch đàn.

*Nhóm VII - VIII:* là nhóm gỗ tạp và xấu: gạo, núc nác, không dùng trong xây dựng được.

\* Gỗ làm công trình xây dựng được quy định như sau:

- Nhà lâu năm quan trọng như nhà máy, hội trường được dùng gỗ nhóm II làm kết cấu chịu lực: trừ lim, táu, nghiến không được dùng. Cột cầu, dầm cầu, cửa cống là những bộ phận thường xuyên chịu mưa nắng và tải trọng lớn được dùng mọi gỗ nhóm II.

- Nhà cửa thông dụng: Nhà ăn, ở, kho, dùng gỗ nhóm V làm kết cấu chịu lực. Các bộ phận không chịu lực như khung cửa, li tô, các kết cấu nhà tạm, cọc móng, ván khuôn, dùng gỗ nhóm VI trở xuống.

### **2. Các quy định về kích thước gỗ**

Gỗ dùng trong xây dựng phải có đường kính từ 15 cm trở lên, dài hơn 1m và không quá 4,5 m.



Một số bộ phận kết cấu lớn và quan trọng, yêu cầu dài như dầm nhà, kèo nhà, cột nhà, dầm cầu có thể dùng gỗ lớn hơn 4,5 m.

Quy định này hạn chế sử dụng gỗ quá dài, không đáp ứng được, ngoài ra bắt buộc phải tận dụng các gỗ nhỏ và ngắn. Yêu cầu đường kính lớn hơn 15cm để cây gỗ có đủ khả năng chịu lực.

Kích thước gỗ xẻ phải tuân theo quy cách thống nhất:

+ Gỗ ván có chiều dày 1-6 cm.

+ Gỗ hộp tiết diện nhỏ nhất 3 x 1 cm đến lớn nhất 20 x 20 cm.

Ngoài ra phải bảo quản gỗ trước khi sử dụng, các loại gỗ dùng làm bộ phận chịu lực cho công trình phải được ngâm tẩm, sấy khô, bảo quản bằng hoá chất.

Ngoài ra còn có tiêu chuẩn TCVN 1072-71 quy định về phân nhóm gỗ theo tính chất cơ lý, tiêu chuẩn TCVN 1075-71 quy định về kích thước gỗ xẻ và các tiêu chuẩn khác quy định về kích thước gỗ tròn, khuyết tật gỗ tròn, các thuật ngữ thống nhất của gỗ xẻ, các phương pháp thử tính chất cơ lý của gỗ, .

### §3. Cấu trúc và thành phần hoá học của gỗ

#### 1. Cấu trúc

Gỗ Việt Nam hầu hết thuộc loại cây lá rộng, gỗ lá kim chỉ ít loại như thông, pơ mu, ngọc am, kim giao, phi lao. Gỗ cây lá rộng có cấu trúc phức tạp hơn gỗ cây lá kim.

Để quan sát cấu trúc của gỗ người ta có thể dùng mắt thường để quan sát cấu trúc thô đại và dùng kính hiển vi để quan sát cấu trúc vi mô.

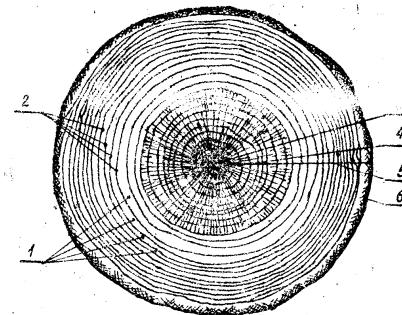
Cắt ngang một thân cây gỗ, bằng mắt thường ta thấy từ ngoài vào trong gồm những lớp sau:

- Lớp vỏ cây: gồm lớp vỏ ngoài và vỏ trong để bảo vệ cho cây.

- Lớp gỗ giác: màu nhạt, ẩm, là lớp gỗ sống, chứa các chất dinh dưỡng, dễ bị mục, mối, mọt.

- Lớp gỗ lõi: màu thẫm và cứng hơn gỗ giác, là lớp gỗ chết, chứa ít nước, khó bị mục mọt hơn. Có nhiều loại gỗ mà giác lõi không phân biệt.

- Ở trung tâm là tuỷ (ruột): là bộ phận mềm yếu nhất trong cây gỗ, dễ bị mục nát. Khi xẻ gỗ, người ta thường xẻ sao cho tuỷ nằm ở trong lòng hộp gỗ (hộp bọc ruột) để tuỷ khỏi bị mục nát.



Hình 1-1 — Mặt cắt ngang thân cây ;  
1. gỗ sẫm ; 2. gỗ muộn ; 3. tuỷ ;  
4. lõi ; 5. giác ; 6. vỏ cây

Ở nhiều loại gỗ, ta còn thấy các vòng tròn đồng tâm bao quanh tuỷ là các vòng tuổi, mỗi vòng ứng với 1 năm sinh trưởng của cây. Một vòng tuổi gồm 2 lớp: lớp thẫm là gỗ muộn, lớp nhạt là gỗ sẫm. Nhìn kĩ còn thấy những tia hướng tâm nhỏ li ti gọi là các tia lõi, gỗ thường bị nứt theo các tia này.

Nếu quan sát kĩ bằng kính hiển vi ta thấy các thành phần như sau:

- Tế bào thớ gỗ: hình thoi nối xếp nhau theo chiều dài thân cây, chiếm 76% thể tích gỗ, là bộ phận chính chịu lực của gỗ.

- Mạch gỗ: là các tế bào lớn hình ống dùng để dẫn chất dinh dưỡng theo chiều đứng.

- Tia lõi: là những tế bào nằm ngang dẫn nước và chất dinh dưỡng theo chiều ngang cây.

- Nhu tế bào: nằm xung quanh mạch gỗ và có lỗ thông với mạch, chứa chất dinh dưỡng nuôi cây.

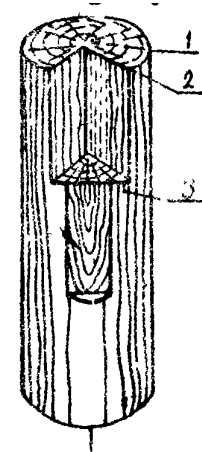
Mỗi loại gỗ có đặc điểm, cách bố trí khác nhau. Căn cứ vào cách bố trí, hình dạng tia lõi, mạch, nhu tế bào có thể xác định được tên gỗ.

Quan sát cấu trúc của gỗ, ta thấy gỗ là vật liệu không đồng nhất, không đẳng hướng, gồm các thớ chỉ xếp theo phương dọc, mang tính chất xếp lớp rõ rệt theo các vòng tuổi. Vì vậy, tính chất của gỗ, sự chịu lực của gỗ là không giống nhau theo các phương khác nhau và tại các chỗ cũng khác nhau. Gỗ chịu lực khoẻ theo phương dọc thớ, kém theo phương ngang thớ (kém vài chục lần theo phương dọc).

Khi nghiên cứu cấu trúc gỗ, phải phân biệt 3 loại mặt cắt:

- Mặt cắt ngang: thẳng góc với trục thân cây (1).
- Mặt cắt xuyên tâm: Dọc theo trục thân cây, đi qua tâm (2).
- Mặt tiếp tuyến: dọc theo trục thân cây, không đi qua tâm (3).

Tương ứng với các vị trí mặt cắt, phân biệt ra 3 phương: phương dọc trục, phương xuyên tâm và phương tiếp tuyến.



## 2. Thành phần hoá học

Gỗ bao gồm các hợp chất hữu cơ: xenlulô, lignin, các hêmixenlulô, tananh, nhựa cây, sắc tố, , thành phần gồm các nguyên tố C, H, O, N, và một số muối khoáng Ca, Na, K, .

## §4. Tính chất vật lý của gỗ

### 1. Độ ẩm của gỗ

#### 1. Độ ẩm của gỗ:

Định nghĩa: độ ẩm của gỗ là lượng nước chứa trong gỗ, ảnh hưởng rất lớn đến tính chất vật lý và cơ học của gỗ.

Độ ẩm xác định theo công thức:

$$W = \frac{G_1 - G_2}{G_2} \cdot 100\%$$

$G_1$ : trọng lượng gỗ ẩm.

$G_2$ : trọng lượng gỗ khô

Nước chứa trong gỗ gồm hai bộ phận:

+ Nước tự do: nằm trong các khoảng rỗng bên trong gỗ.

+ Nước hấp phụ (hay nước liên kết): chứa trong thành tế bào.

Độ ẩm thăng bằng của gỗ: là độ ẩm khi để gỗ tự nhiên trong không khí, dần dần hơi nước bốc đi, sau quá trình trao đổi hơi nước lâu dài với không khí, độ ẩm dần dần thăng bằng. Độ ẩm thăng bằng phụ thuộc nhiệt độ, độ ẩm không khí. Ở Việt Nam, độ ẩm thăng bằng khoảng 17÷20%.

Điểm bão hoà thớ (hay độ ẩm hấp phụ): là độ ẩm của gỗ khi nước chứa đầy hết các thành tế bào. Điểm bão hoà thớ vào khoảng 28÷32%, ít thay đổi theo các loại gỗ. Khi đó, nếu tăng độ ẩm của gỗ lên nữa chỉ làm cho lượng nước tự do tăng lên.

Sự thay đổi độ ẩm hấp phụ ảnh hưởng trực tiếp đến hình dạng và kích thước gỗ, đó là các hiện tượng co ngót, nở, cong, vênh, nứt. Co ngót theo phương ngang thớ 6÷10%, theo phương tiếp tuyến 3÷5%, dọc thớ 0,1%.

Để tránh các hiện tượng trên, trong xây dựng không dùng gỗ có độ ẩm > 25% đối với nhà, > 15% đối với gỗ dán.

### 2. Khối lượng thể tích của gỗ

Khối lượng riêng của gỗ: 1,54 T/m<sup>3</sup> chung cho mọi loại gỗ.

Khối lượng thể tích: đặc trưng cho lượng chất gỗ chứa trong một đơn vị thể tích, khác nhau tùy theo từng loại gỗ. Gỗ càng nặng khối lượng thể tích càng lớn, khả năng chịu lực càng cao.

Khi chưa xác định được cường độ của gỗ, ta có thể dựa vào khối lượng thể tích để phán đoán khả năng chịu lực.

Gỗ nghiến có khối lượng thể tích 1,1 T/m<sup>3</sup>, sến là 1,08 T/m<sup>3</sup>, xoay là 1,15 T/m<sup>3</sup>.

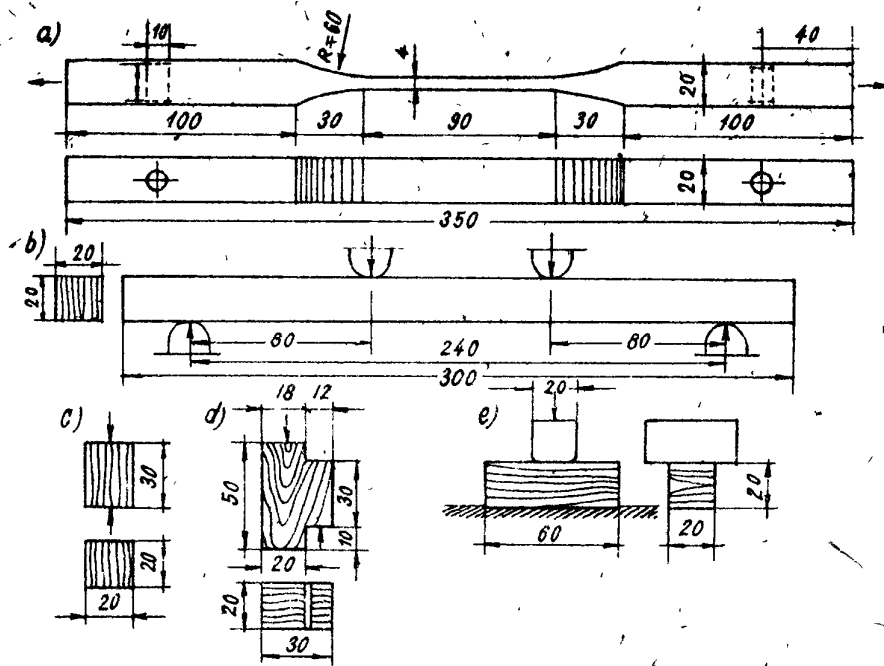
Gỗ nhẹ và xấu có khối lượng thể tích  $< 0,45 \text{ T/m}^3$  không được dùng làm kết cấu chịu lực.

Các tính chất vật lí khác của gỗ như tính giãn nở nhiệt, dẫn nhiệt, ít liên quan đến kết cấu gỗ chịu lực nên ta không xét tới ở đây.

## §5. Tính chất cơ học của gỗ

Tính chất cơ học của gỗ bao gồm các chỉ tiêu về độ bền, độ đàn hồi khi chịu kéo, nén, uốn, ép mặt và trượt.

Để xác định các chỉ tiêu này người ta chế tạo các mẫu gỗ nhỏ, không có tật bệnh và đem thí nghiệm trên máy với tốc độ gia tải nhất định.



a) Kéo dọc thớ; b) uốn; c) ép dọc thớ; d) trượt dọc thớ; e) ép ngang thớ

Cấu kiện gỗ thực tế thường có kích thước lớn và luôn có tật bệnh nên các trị số cường độ tìm được trên các mẫu thí nghiệm tiêu chuẩn chưa thể dùng để tính toán được mà phải điều chỉnh.

Một đặc điểm nữa ảnh hưởng rất lớn đến cường độ của gỗ là tốc độ gia tải và thời gian tác dụng của tải trọng mà ta xét sau đây:

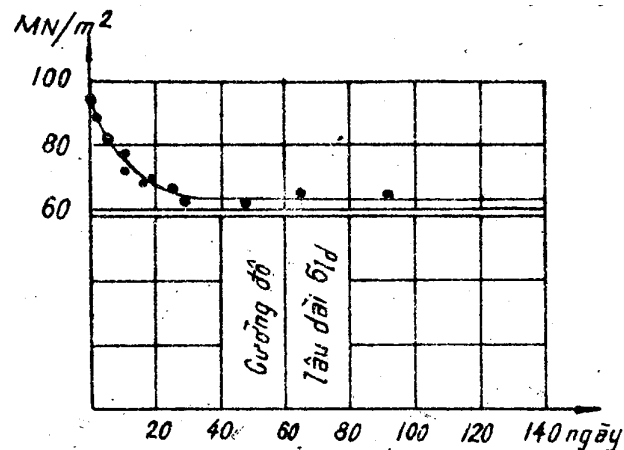
### 1. Ảnh hưởng của thời gian chịu lực. Cường độ lâu dài của gỗ

Cường độ của gỗ phụ thuộc rất rõ vào tốc độ tác dụng của tải trọng. Tải trọng đặt vào càng nhanh thì cường độ gỗ càng cao. Khi tải trọng đặt rất nhanh ( $t \approx 0$ ) ta được cường độ lớn nhất  $\sigma_b$  ( gọi là cường độ bền tức thời). Thời gian đặt

tải lâu vô hạn ta được cường độ nhỏ nhất  $\sigma_{ld}$  (gọi là cường độ lâu dài).

Với thời gian đặt tải lâu vô hạn ta được trị số cường độ nhỏ nhất  $\sigma_{ld}$ , cường độ lâu dài.

Mang thí nghiệm một loạt mẫu giống nhau chịu các tải trọng khác nhau thì thấy chúng phá hoại ở các thời gian khác nhau. Tải trọng càng lớn mẫu bị phá hoại càng nhanh; tải trọng nhỏ hơn, mẫu không bị phá hoại ngay nhưng cũng dần bị phá hoại; cũng có những tải trọng không bao giờ phá hoại mẫu dù tác dụng lâu bao nhiêu đi nữa. Vẽ quan hệ giữa cường độ phá hoại và thời gian tác dụng tải trọng cho đến lúc phá hoại ta được biểu đồ như hình vẽ:



Đường cong chịu lực lâu dài của gỗ

Ta thấy rằng  $\sigma_{ld}$  là ứng suất lớn nhất mà mẫu gỗ có thể chịu được mà không bao giờ bị phá hoại.

$\sigma > \sigma_{ld}$ : sớm muộn gỗ sẽ bị phá hoại

$\sigma < \sigma_{ld}$ : gỗ không bao giờ bị phá hoại dù tải trọng có tác dụng lâu dài đến đâu.

$\sigma_{ld} < \sigma_b$  và thực tế chúng ta chỉ thí nghiệm được  $\sigma_b$ . Vì thế để tính toán kết cấu thực tế, phải chuyển  $\sigma_b$  sang  $\sigma_{ld}$  bằng cách nhân với hệ số  $k_{ld}$ . Thường lấy  $k_{ld} = 0,5 - 0,6$ .

## 2. Sự làm việc của gỗ chịu kéo, nén, uốn

\* Sự làm việc của gỗ khi chịu kéo

Cường độ chịu kéo dọc thớ của gỗ 800 - 1000 kG/cm<sup>2</sup>, đường biểu diễn quan hệ ứng suất - biến dạng gần như thẳng, nhất là trong giai đoạn đầu, có thể coi như ứng suất tỉ lệ với biến dạng. Mẫu gỗ bị phá hoại đột ngột khi bị biến dạng nhỏ  $\epsilon$  khoảng 0,8%. Như vậy, khi chịu kéo gỗ làm việc như vật liệu giòn. Tuy cường độ chịu kéo của gỗ khi thí nghiệm khá cao nhưng không sử dụng trị số này vì nó rất tản mạn, không ổn định và có rất nhiều những nhân tố làm giảm thấp cường độ kéo của gỗ.

Các bệnh tật như mắt gỗ, thớ chéo làm giảm khả năng chịu kéo của gỗ rất nhiều. Cả kích thước thanh gỗ cũng làm ảnh hưởng đến cường độ chịu kéo của gỗ.

Do tất cả các ảnh hưởng trên ta thấy gỗ không phải là vật liệu chịu kéo tốt. Để làm thanh kéo, phải lựa chọn thanh gỗ có phẩm chất tốt, ít bệnh tật.

Cường độ chịu kéo ngang thớ của gỗ rất nhỏ, bằng khoảng 1/15 - 1/20 cường độ chịu kéo dọc thớ. Do đó, trong kết cấu gỗ không bao giờ cho gỗ chịu kéo ngang thớ.

\* Sự làm việc của gỗ khi chịu nén

Cường độ chịu nén dọc thớ  $R_n = 300 \div 450 \text{ kG/cm}^2$ , có thể đạt tới  $700 \text{ kG/cm}^2$ .

Biểu đồ nén có dạng đường cong rõ rệt, gỗ bị phá hoại ở biến dạng  $\epsilon = 0,6 \div 0,7\%$ .

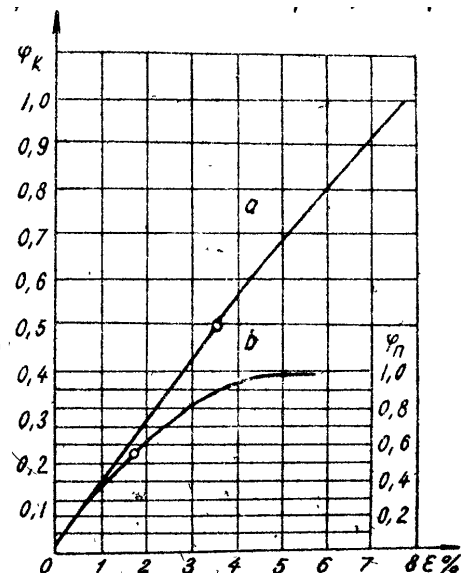
Biểu đồ này chứng tỏ khi nén gỗ làm việc dẻo. Các yếu tố như bệnh tật, thớ chéo, giảm yếu tiết diện ít có ảnh hưởng đến  $R_n$ . Cường độ chịu nén là chỉ tiêu ổn định nhất trong các chỉ tiêu cường độ, được dùng để đánh giá, phân loại gỗ. Nén là hình thức chịu lực thích hợp nhất với gỗ.

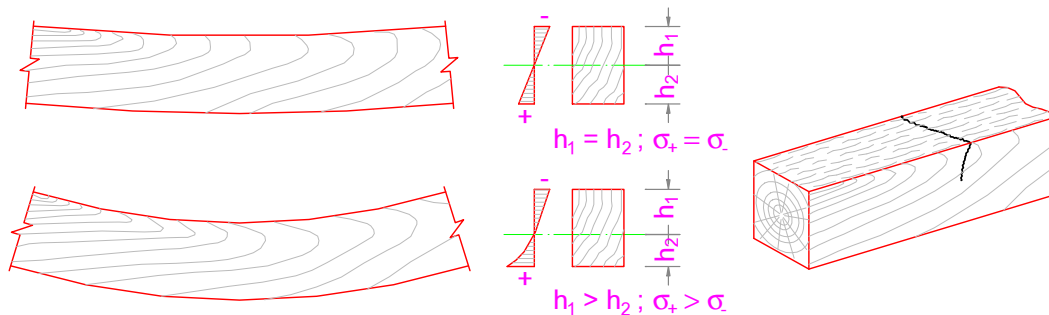
\* Sự làm việc của gỗ khi chịu uốn

$R_u = 700 \div 900 \text{ kG/cm}^2$ . Ảnh hưởng của mắt gỗ, giảm yếu, thớ chéo, kích thước ở mức trung gian giữa kéo và nén.

Khi mômen uốn nhỏ, ứng suất pháp phân bố dọc chiều cao tiết diện theo quy luật gần như đường thẳng, trị số ứng suất thớ biên có thể tính bằng công thức  $\sigma = \frac{M}{W}$ . Tăng tải trọng lên, 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 gần như đường thẳng, trục trung hoà lui xuống phía dưới. Mẫu bắt đầu bị phá hoại khi ở vùng nén ứng suất đạt cường độ nén, các thớ nén bị gãy làm xuất hiện các đường gấp nếp trên mặt gỗ. Mẫu gỗ bị phá hoại hẳn khi ứng suất các thớ biên dưới đạt cường độ kéo.





Do sự phân bố như vậy, việc xác định ứng suất tho biến bằng công thức sức bền vật liệu như trên không còn đúng nữa với giai đoạn tiếp sau, trị số  $\sigma = \frac{M}{W}$  chỉ là cường độ quy ước.

Thí nghiệm thấy rằng  $R_u$  của gỗ phụ thuộc hình dạng tiết diện, tỉ số các cạnh của tiết diện thanh gỗ: thanh gỗ tròn có cường độ lớn hơn thanh gỗ hộp có cùng mômen chống uốn  $W$ ; thanh gỗ có chiều cao lớn hơn chiều rộng quá nhiều cường độ cũng giảm. Do vậy, khi chịu uốn phải có hệ số điều chỉnh  $m_u$ .

Môđun đàn hồi của gỗ khi kéo, nén và cả uốn xấp xỉ bằng nhau nên ta dùng chung một giá trị. Môđun đàn hồi của gỗ Việt Nam thay đổi trong phạm vi rộng, từ  $6 \cdot 10^4$  đến  $2 \cdot 10^5$  kG/cm<sup>2</sup>, trong tính toán lấy chung  $E_{tb} = 10^5$  kG/cm<sup>2</sup>.

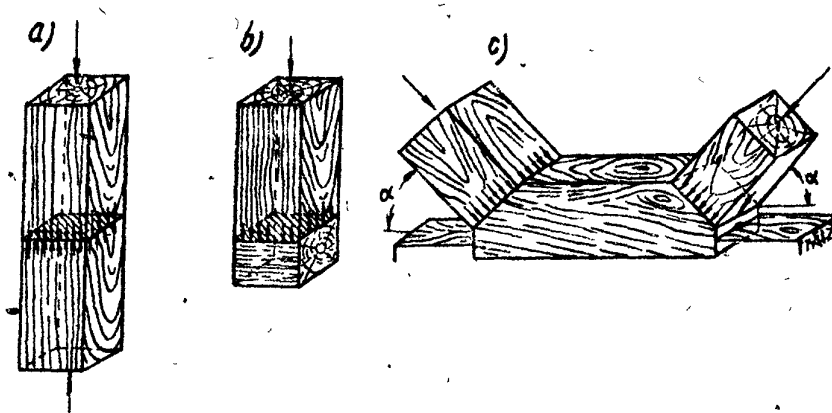
### 3. Sự làm việc của gỗ về ép mặt và trượt

#### a. Ép mặt

Ép mặt là sự truyền lực từ cấu kiện này sang cấu kiện khác qua mặt tiếp xúc:

$$\sigma_{em} = \frac{N}{F_{em}}$$

Với gỗ, tùy theo phương tác dụng của lực đối với thớ gỗ chia ra làm 3 loại: ép mặt dọc thớ, ngang thớ và xiên thớ.



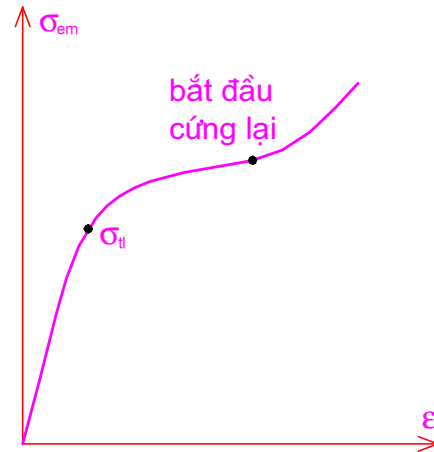


### \* Ép mặt dọc thớ

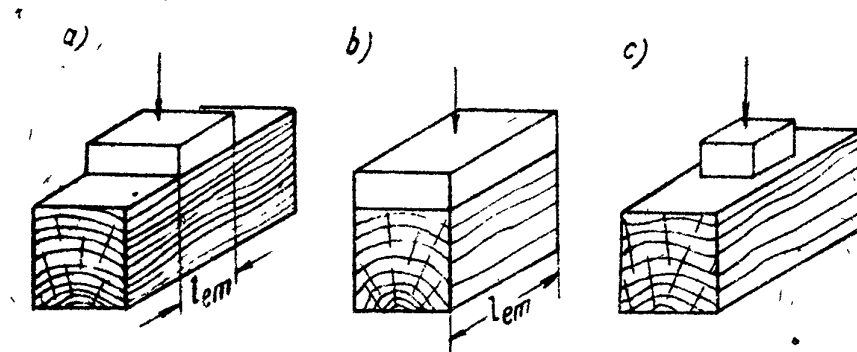
Ép mặt dọc thớ xảy ra khi truyền lực ép lên đầu mút của thanh gỗ.  $R_{em}$  dọc thớ không khác nhiều  $R_n$  dọc thớ, trong tính toán không phân biệt.

### \* Ép mặt ngang thớ

Gỗ khi bị ép ngang thớ có biến dạng rất lớn do gỗ có cấu trúc dạng sợi. Biểu đồ ứng suất - biến dạng như hình vẽ. Ban đầu các thớ gỗ bị ép vào nhau, biểu đồ có dạng hình parabol cong về phía trên. Sau đó, các thành tế bào gỗ bị ép lại và bị phá hoại, biến dạng tăng rất nhanh, biểu đồ có độ dốc thoải. Cuối cùng, sau khi các thành tế bào bị phá hoại và ép sát nhau, gỗ lại có thể chịu được tải trọng (sự cứng lại). Như vậy, sự làm việc ép mặt ngang thớ không phải căn cứ vào ứng suất phá hoại mà chủ yếu do biến dạng quá lớn không cho phép. Người ta thường lấy cường độ giới hạn là ứng suất tỉ lệ  $\sigma_{II}$  ứng với lúc gỗ bắt đầu bị biến dạng nhiều.



Ép mặt ngang thớ còn phân biệt ép mặt toàn bộ, ép mặt cục bộ (trên một phần chiều dài hoặc trên một phần diện tích).



Ép mặt toàn bộ có  $R_{em}$  nhỏ nhất, thực chất đó chỉ là nén ngang thớ. Ép mặt cục bộ có diện tích càng nhỏ thì cường độ càng cao.

### \* Ép mặt xiên thớ

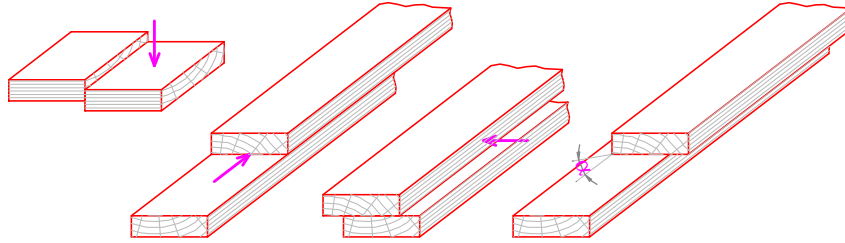
$R_{em}$  phụ thuộc vào góc  $\alpha$  giữa phương của lực và thớ gỗ,  $\alpha$  càng nhỏ thì  $R$  càng lớn.

b. Trượt:

Tùy theo vị trí của lực tác dụng mà chia ra làm các loại: cắt đứt thớ, trượt dọc thớ, trượt ngang thớ và trượt xiên thớ.

- Khả năng cắt đứt thớ rất ít xảy ra vì cường độ lớn, gỗ sẽ bị phá hoại trước về ép mặt hay uốn. Trong tính toán kết cấu gỗ không gặp trường hợp này.

- Hay gặp nhất là trượt dọc thớ và trượt ngang thớ. Cường độ trượt dọc thớ vào khoảng  $70 \div 100 \text{ Kg/cm}^2$ , trượt ngang thớ thì khoảng một nửa giá trị đó.

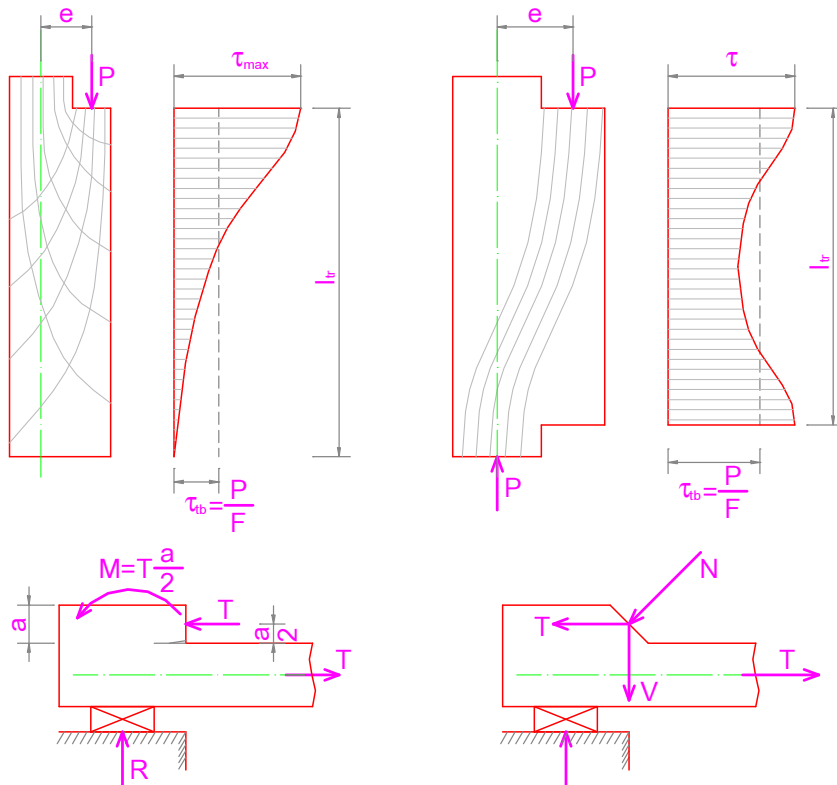


Cường độ trượt ở đây là cường độ trượt trung bình:

$$\tau_{tb} = \frac{T}{F_{\text{trượt}}}$$

Ứng suất trượt thực ra phân bố không đều trên mặt trượt, ứng suất trượt cực đại thực tế lớn hơn nhiều so với ứng suất trung bình.

Tùy theo vị trí của ngoại lực đối với mặt trượt còn phân ra trượt một phía nếu lực T đặt ở một đầu, trượt trung gian hay trượt kẹp nếu lực T đặt ở hai đầu của mặt trượt.



Trị số  $\tau_{tb}$  phụ thuộc vào các điều kiện sau:

+ Tùy theo trượt một phía hay trung gian, trượt trung gian có  $\tau_{tb}$  lớn hơn.

+ Tùy thuộc vào tỉ số  $\frac{l_{tr}}{e}$ ,  $\tau_{tb}$  lớn khi  $\frac{l_{tr}}{e} = 3 \div 4$ . Nếu  $\frac{l_{tr}}{e}$  quá lớn thì ứng suất phân bố không đều, nhỏ quá thì gỗ cũng nhanh bị phá hoại do hiện tượng tách thớ.

+ Có lực ép hay không. Nếu có lực ép khả năng chịu trượt tăng lên nhiều.

- Trượt xiên thớ: cường độ trượt phụ thuộc góc xiên  $\alpha$ . Tương tự như ép mặt xiên thớ, trượt xiên thớ rất ít khi xảy ra.

#### 4. Các nhân tố ảnh hưởng đến cường độ của gỗ

##### a. Ảnh hưởng của độ ẩm

Độ ẩm hấp phụ ảnh hưởng đến cường độ của gỗ. Khi độ ẩm tăng từ 0 đến điểm bão hoà thớ thì R và E giảm. Tăng độ ẩm quá điểm bão hoà thớ thì R không thay đổi nữa. Để có thể so sánh R của gỗ khi ở các độ ẩm khác nhau thì phải chuyển R về độ ẩm thống nhất.

Độ ẩm quy định để lấy  $R^{18}$  là  $W = 18\%$ .

Cường độ ở độ ẩm bất kì được chuyển về cường độ ở độ ẩm 18% theo công thức sau:

$$\sigma_{18} = \sigma_w [1 + \alpha(W - 18)]$$

Trong đó:

$\sigma_{18}$ : cường độ ở độ ẩm tiêu chuẩn.

$\alpha$ : hệ số điều chỉnh độ ẩm, phụ thuộc loại gỗ và loại cường độ.

$\alpha = 0,05$ : nén dọc thớ       $\alpha = 0,035$ : nén ngang thớ

$\alpha = 0,015$ : kéo dọc thớ       $\alpha = 0,04$ : uốn tĩnh

$\alpha = 0,03$ : trượt

##### b. Ảnh hưởng của nhiệt độ

Khi tăng nhiệt độ thì cường độ cũng giảm. Cũng như độ ẩm, với nhiệt độ cũng phải chọn nhiệt độ tiêu chuẩn. Ở đây lấy  $t = 20^\circ\text{C}$ . Cường độ ở nhiệt độ bất kì được đưa về cường độ ở nhiệt độ tiêu chuẩn theo công thức:

$$\sigma_{20} = \sigma_T + \beta(T - 20)$$

Trong đó:

$\sigma_{20}$ : cường độ ở nhiệt độ  $20^\circ\text{C}$  cần tìm.

$\beta$ : hệ số điều chỉnh nhiệt độ.

$\beta = 0,035$ : nén dọc thớ       $\beta = 0,4$ : kéo dọc thớ

$\beta = 0,45$ : uốn       $\beta = 0,04$ : trượt dọc thớ

Khi nhiệt độ lớn làm cho gỗ bị giãn nở, đứt thớ gỗ. Vì thế quy định không sử dụng gỗ khi  $t^\circ > 50^\circ\text{C}$ .

### c. Ảnh hưởng của tật bệnh

Cây gỗ bao giờ cũng có tật bệnh, từ khi mới phát triển đến khi hạ cây. Những tật bệnh ảnh hưởng đến tính năng cơ học của gỗ là: mất cây, thớ nghiêng, khe nứt.

- *Mất cây*: chỗ gốc cành cây đâm từ thân ra, thớ gỗ bị lượn vẹo làm cho chỗ đó cường độ giảm. Mất gỗ đặc biệt có hại đối với cấu kiện chịu kéo và cũng gây ảnh hưởng khá nhiều đến cấu kiện chịu nén và chịu uốn.

- *Thớ nghiêng*: các thớ của cây không nằm theo phương dọc trục thân cây gỗ, khi làm việc trở thành trạng thái chịu lực xiên thớ làm giảm cường độ gỗ.

- *Khe nứt*: khe nứt xuất hiện cả khi cây đang sống và khi hạ cây. Khe nứt làm gỗ mất tính nguyên vẹn, làm giảm khả năng chịu lực. Vết nứt ít ảnh hưởng đến cường độ nén nhưng gây tác hại rất lớn khi chịu kéo ngang thớ và trượt. Ngoài ra vết nứt làm cho hơi ẩm thâm nhập làm cho gỗ dễ bị mục, mối, mọt.

## §6. Phòng mục, phòng mối mọt và phòng hà cho gỗ

### 1. Mục:

Mục là do một loại vi khuẩn thực vật (nấm) sinh trưởng, ăn và phát triển trong gỗ.

Nấm phát triển trong điều kiện độ ẩm 30÷50%, nhiệt độ 20<sup>0</sup>+30<sup>0</sup>C. Độ ẩm dưới 20% nấm sống không nổi, nhiệt độ cao hay thấp hơn nhiệt độ trên làm nấm ngừng sinh trưởng.

Có 2 biện pháp phòng mục:

Khử điều kiện sinh trưởng của nấm như sấy khô gỗ đến độ ẩm nhỏ hơn 18÷20%, che mưa, đặt kết cấu vào chỗ khô ráo, thông thoáng.

Dùng hoá chất.

### 2. Phòng mối, mọt:

Mối, mọt là các loại côn trùng sống trong gỗ, ăn gỗ làm cho gỗ bị phá hoại.

Mối là nguy hiểm nhất.

Các biện pháp phòng mối:

Ngăn không cho mối thâm nhập vào gỗ: đầu cột trong đất được tẩm thuốc, hố chôn phải trộn thuốc.

Diệt tổ mối như cắt nguồn nước, dùng chất độc.

Mọt ít nguy hiểm hơn mối.

Có nhiều biện pháp phòng mọt:

Loại mọt mà sâu con ăn chất bột trong gỗ thì ngâm gỗ trong nước cho chất bột đó trôi đi.

Sơn kín mặt gỗ, bịt các lỗ mạch để mọt không dễ trúng vào.

### 3. Phòng hà:

Hà là một loại sinh vật sống trong vùng nước mặn, nước lợ.

Các biện pháp phòng hà:

Thui cho gỗ cháy sém định kỳ tạo thành lớp than mỏng bọc ngoài.

Bọc gỗ bằng ống bê tông, sành hoặc lớp hỗn hợp xi măng-nhựa đường.

Biện pháp hiệu quả nhất để phòng, trừ và tiêu diệt nấm, mối, mọt, hà là ngâm, tẩm gỗ bằng hoá chất.

### 4. Ngâm, tẩm gỗ bằng hoá chất:

a) Các loại hoá chất: chia thành 2 loại lớn:

\* Thuốc muối vô cơ (sản xuất trong nước):

NaF (natri florua): độc với nấm, không làm biến màu gỗ nhưng dễ bị nước chịu cuốn trôi.

Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> (natri silicat florua): ít tan trong nước, dùng kết hợp với NaF.

CuSO<sub>4</sub> (đồng sunfat): dễ tan trong nước, độc với nấm, côn trùng và cả với người.

\* Thuốc dầu:

- Nhập từ nước ngoài:

Dầu creôzôt: tẩm cho tà vẹt, các công trình giao thông.

Cao NaF gồm: bột NaF, nhựa đường, dầu hoả để phòng mục cho cầu gỗ.

Thuốc đônalit U gồm: NaF, bicromat natri, đinitro fenol để trừ nấm. Nếu thêm đônalit UA thì trừ được cả mối mọt.

Thuốc đuatex và hylotax gồm: DDT, 666 để trừ mối, mọt. Loại hylotax khác (gọi là ahopin) có thêm penta clophenol thì trừ được cả nấm, mốc.

- Sản xuất trong nước:

LN1, LN2 tương tự đônalit dùng phòng mục.

BQG: phòng mối, mọt.

b) Các phương pháp ngâm tẩm:

Quét và phun lên mặt gỗ: thuốc ngấm ít, không sâu chỉ dùng để bảo quản trong thời gian ngắn.

Ngâm gỗ trong bể chứa dung dịch thuốc: dùng cho các loại gỗ có chiều dài không lớn lắm, thuốc ngấm tương đối sâu.

Tẩm: là dùng áp lực cao ép thuốc vào gỗ, thuốc ngấm sâu và nhiều nhưng tốn kém.

## CHƯƠNG II

# TÍNH TOÁN CÁC CẤU KIỆN CƠ BẢN

### §1. Nguyên lý tính toán kết cấu gỗ

Cũng như kết cấu bê tông và kết cấu thép, kết cấu gỗ cũng được tính toán theo phương pháp trạng thái giới hạn.

Trạng thái giới hạn là trạng thái ứng với thời điểm kết cấu bắt đầu không thể tiếp tục sử dụng được nữa.

#### 1. Tính toán theo trạng thái giới hạn thứ nhất

(Trạng thái giới hạn về cường độ, ổn định, mỏi)

Khi tính kết cấu gỗ theo trạng thái giới hạn thứ nhất, ta so sánh nội lực lớn nhất có thể sinh ra trong cấu kiện với khả năng chịu lực giới hạn của cấu kiện, nhằm đảm bảo cho kết cấu không bị phá hoại về mặt cường độ và ổn định. Khả năng chịu lực đó không được nhỏ hơn nội lực lớn nhất trong cấu kiện:

$$N \leq \Phi$$

N: nội lực tính toán sinh ra trong kết cấu, do các tải trọng tính toán được tổ hợp ở trường hợp bất lợi nhất.

$\Phi$ : khả năng chịu lực của kết cấu, là hàm số của chất lượng và tính chất cơ học của vật liệu cũng như của đặc trưng hình học và điều kiện làm việc của kết cấu.

Tải trọng tính toán = tải trọng tiêu chuẩn x hệ số độ tin cậy.

Cường độ tiêu chuẩn: cường độ giới hạn của các mẫu thí nghiệm x  $k_d$

Do gỗ sử dụng có kích thước lớn hơn mẫu thí nghiệm và do ảnh hưởng của kết cấu gỗ có các khuyết tật, do vậy, cường độ của gỗ khi tính toán phải lấy giảm xuống:

$$R^{tt} = R^{tc} x k_1 x k_2 = k x R^{tc}$$

$k = k_1 \cdot k_2 < 1$  gọi là hệ số đồng nhất.

Kết cấu gỗ còn bị ảnh hưởng của hình dạng tiết diện, của hiện tượng tập trung ứng suất tại các lỗ khuyết, của sự phân bố không đều của ứng suất trượt, ... Để kể tới hiện tượng này phải xét thêm hệ số điều kiện làm việc m.

Từ đó trạng thái giới hạn I biểu thị bằng công thức sau:

$$\sum N_i^{tt} x n_i \leq \Phi(S, k R^{tc}, m)$$

$N_i^{tt}$ : nội lực do tải trọng tính toán i sinh ra trong kết cấu.

$n_i$ : hệ số tổ hợp tương ứng với các tải trọng.

S: đặc trưng hình học của tiết diện (F, W, J, ...).

## 2. Tính toán theo trạng thái giới hạn thứ hai

(Trạng thái giới hạn về biến dạng)

$$\Delta \leq f$$

$\Delta$ : biến dạng của kết cấu dưới tác dụng của tải trọng tiêu chuẩn.

$f$ : biến dạng cho phép (theo quy phạm).

Với trạng thái giới hạn II dùng tải trọng tiêu chuẩn vì tải trọng luôn luôn xuất hiện trong điều kiện bình thường. Tải trọng tính toán xuất hiện ít, và nếu có vượt quá biến dạng cho phép cũng không nguy hiểm lắm.

## 3. Tính toán phân tố tiết diện nguyên

Tiết diện của cấu kiện gồm cả thân cây gỗ, có tiết diện tròn, chữ nhật, vuông: tiết diện nguyên.

Tiết diện có thể gồm nhiều thân cây gỗ ghép lại với nhau bằng liên kết chốt, đinh, chêm: gọi là tiết diện tổ hợp liên kết mềm.

Trong các phần tiếp theo ta đi xét trường hợp tính toán cấu kiện gỗ tiết diện nguyên.



## §2. Các số liệu tính toán

BẢNG CƯỜNG ĐỘ TÍNH TOÁN CỦA GỖ VIỆT NAM (KG/cm<sup>2</sup>)

STT	Trạng thái ứng suất	Kí hiệu	Nhóm gỗ	Khi độ ẩm W là	
				15%	18%
1	Nén và ép mặt dọc thớ	$R_n$ $R_{em}$	IV	150	135
			V	155	135
			VI	130	115
			VII	115	110
2	Kéo dọc thớ	$R_k$	IV	115	110
			V	125	120
			VI	100	95
			VII	85	80
3	Uốn	$R_u$	IV	170	150
			V	185	165
			VI	135	120
			VII	120	105
4	Nén ngang thớ và ép mặt ngang thớ (cục bộ/toàn bộ)	$R_n^{90^\circ}$ $R_{em}^{90^\circ}$	IV	25	25
			V	28/25	25/22
			VI	20/20	18/18
			VII	15/15	13/13
5	Trượt dọc thớ	$R_{tr}$	IV	29	25
			V	30	25
			VI	24	21
			VII	22	19

### Chú thích:

(1) Cường độ tính toán của gỗ khi chịu ép mặt xiên thớ một góc  $\alpha$  xác định theo công thức:

$$R_{em}^\alpha = \frac{R_{em}}{1 + \left(\frac{R_{em}}{R_{em}^{90^\circ}} - 1\right) \sin^3 \alpha} \quad (II-4)$$

$R_{em}$ : cường độ ép mặt tính toán dọc thớ.

$R_{em}^{90^\circ}$ : cường độ ép mặt tính toán ngang thớ.

(2) Cường độ tính toán của gỗ khi chịu trượt xiên thớ một góc  $\alpha$  xác định theo công thức:

$$R_{tr}^\alpha = \frac{R_{tr}}{1 + \left(\frac{R_{tr}}{R_{tr}^{90^\circ}} - 1\right) \sin^3 \alpha} \quad (II-5a)$$

$R_{tr}$ : cường độ trượt tính toán dọc thớ.

$R_{tr}^{90}$ : cường độ trượt tính toán ngang thớ.

Thông thường  $R_{tr}^{90} = 1/2 R_{tr}$  do đó công thức (II-5a) viết thành:

$$R_{tr}^{\alpha} = \frac{R_{tr}}{1 + \sin^3 \alpha} \quad (II-5b)$$

- Cường độ tính toán của gỗ lấy trong bảng trên khi tính toán phải nhân với hệ số điều kiện làm việc:

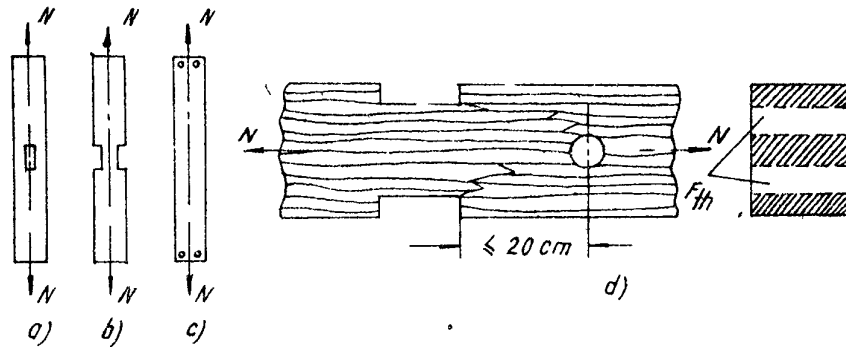
STT	Trạng thái ứng suất	Kí hiệu	Hệ số
1	<i>Uốn ngang:</i>		
	a. Ván và thanh có kích thước một cạnh của tiết diện nhỏ hơn 15 cm	$m_u$	1,0
	b. Thanh có kích thước cạnh của tiết diện $\geq 15$ cm khi tỉ số chiều cao và chiều rộng tiết diện $\frac{h}{b} \leq 3,5$	$m_u$	1,15
	c. Gỗ tròn không có rãnh cắt trong tiết diện tính toán	$m_u$	1,2
	d. Cấu kiện tổ hợp liên kết mềm		
	- Dầm tổ hợp liên kết chốt đỉnh, nhịp $\geq 4$ m, do 2 thanh gỗ ghép lại	$m_u$	0,9
	- Dầm tổ hợp liên kết chốt đỉnh, nhịp $\geq 4$ m, do nhiều thanh gỗ ghép lại	$m_u$	0,8
	- Dầm tổ hợp liên kết chêm, do 2 hay nhiều thanh ghép lại	$m_u$	0,8
2	<i>Kéo:</i>		
	a. Cấu kiện không bị giảm yếu trong tiết diện tính toán	$m_k$	1,0
	b. Cấu kiện có bị giảm yếu trong tiết diện tính toán	$m_k$	0,8
3	Nén và ép mặt	$m_n$	1,0
		$m_{em}$	
4	Trượt	$m_{tr}$	1,0

Ngoài ra, khi cần xét đến các nhân tố tác dụng đồng thời (độ ẩm, nhiệt độ, tải trọng ngắn hạn, cấu kiện cong, ) thì cường độ tính toán và môđun đàn hồi phải nhân thêm với các hệ số điều chỉnh tương ứng.

- Môđun đàn hồi của gỗ lấy  $E = 10^5$  kG/cm<sup>2</sup>.

### §3. Cấu kiện chịu kéo đúng tâm

Cấu kiện chịu kéo đúng tâm khi lực dọc nằm theo trục cấu kiện. Nếu cấu kiện có chỗ giảm yếu thì kéo đúng tâm xảy ra khi các chỗ giảm yếu đối xứng với trục cấu kiện.



Tính theo công thức:

$$\sigma_k = \frac{N}{A_{th}} \leq m_k \cdot R_k \quad (II - 6)$$

N: lực kéo tính toán.

$A_{th} = A_{ng} - A_{gy}$ : diện tích thu hẹp

Khi tính  $A_{gy}$  thì mọi chỗ giảm yếu trên các tiết diện trong khoảng dài 20cm dọc theo trục cấu kiện coi như giảm yếu trên cùng một tiết diện.

Để tránh giảm yếu quá nhiều người ta quy định khi giảm yếu không đối xứng thì  $A_{gy} < 0,4A_{ng}$ , khi giảm yếu đối xứng thì  $A_{gy} < 0,5A_{ng}$ .

Độ mảnh cho phép đối với cấu kiện chính chịu kéo là 150 và đối với thanh giằng là 200.

## §4. Cấu kiện chịu nén đúng tâm

Cấu kiện chịu nén đúng tâm có thể bị phá hoại về cường độ hoặc về độ ổn định do đó phải tính theo cả 2 trường hợp trên.

### 1. Tính theo cường độ

Do gỗ có tính dẻo khi chịu nén, nên khi tính về cường độ không cần xét đến ảnh hưởng của ứng suất tập trung ở tiết diện giảm yếu, chỉ xét đến phần giảm yếu của tiết diện.

$$\sigma_n = \frac{N^{tt}}{F_{th}} \leq R_n m_n$$

$N^{tt}$ : Lực nén tính toán.

$F_{th}$ : diện tích tiết diện đã thu hẹp của cấu kiện.

$R_n$ : cường độ chịu nén tính toán.

$m_n$ : hệ số điều kiện làm việc chịu nén.

### 2. Tính theo ổn định

$$\sigma_n = \frac{N}{\varphi \cdot A_{tt}} \leq m_n \cdot R_n$$

$m_n$ : hệ số điều kiện làm việc, tra bảng II-2.

$R_n$ : cường độ chịu nén của gỗ, tra bảng II-2.

$N$ : lực nén tính toán.

$A_{tt}$ : diện tích tính toán

Khi không có các giảm yếu cục bộ:  $A_{tt} = A_{ng}$

Khi có các giảm yếu cục bộ:

Chỗ giảm yếu không ở bên rìa cấu kiện (hình II-2a): khi  $A_{gy} \leq 25\% A_{ng}$  thì  $A_{tt} = A_{ng}$ , khi  $A_{gy} > 25\% A_{ng}$  thì  $A_{tt} = 4/3 A_{th} = 4/3(A_{ng} - A_{gy})$ .

Chỗ giảm yếu ở bên rìa và đối xứng (hình II-2b):  $A_{tt} = A_{th}$ .

$\varphi$ : hệ số uốn dọc, phụ thuộc vào độ mảnh của cấu kiện, xác định như sau:

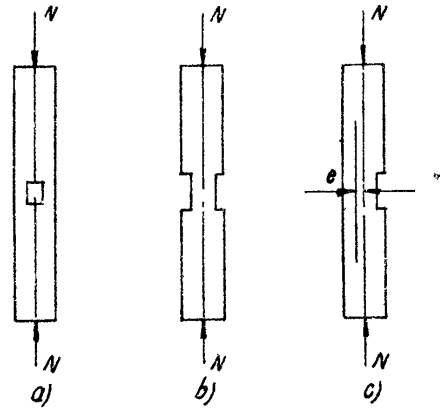
$$= 3100/\lambda^2 \text{ khi } \lambda > 75$$

$$= 1 - 0,8(\lambda/100)^2 \text{ khi } \lambda \leq 75$$

Độ mảnh  $\lambda$  xác định theo công thức:  $\lambda = l_{tt} / r_{min}$

$l_{tt}$ : chiều dài tính toán của cấu kiện lấy theo hình vẽ sau:

+ Khi  $\lambda > 75$ : kết cấu gỗ làm việc trong giai đoạn đàn hồi



$$\varphi = \frac{3100}{\lambda^2}$$

+ Khi  $\lambda \leq 75$ :

$$\varphi = 1 - 0,8 \left( \frac{\lambda}{100} \right)^2$$

Với  $\lambda$  là độ mảnh của thanh chịu nén:

$$\lambda = \frac{l_0}{r_{\min}}$$

$l_0$ : chiều dài tính toán của cấu kiện

Cấu kiện hai đầu khớp:  $l_0 = l$

Cấu kiện một đầu ngàm, một đầu khớp:  $l_0 = 0,8l$

Cấu kiện hai đầu ngàm:  $l_0 = 0,65l$

Cấu kiện một đầu ngàm, một đầu tự do:  $l_0 = 2l$

$r_{\min}$ : bán kính quán tính nhỏ nhất của tiết diện nguyên

Với tiết diện chữ nhật:  $r_{\min} = 0,289b$

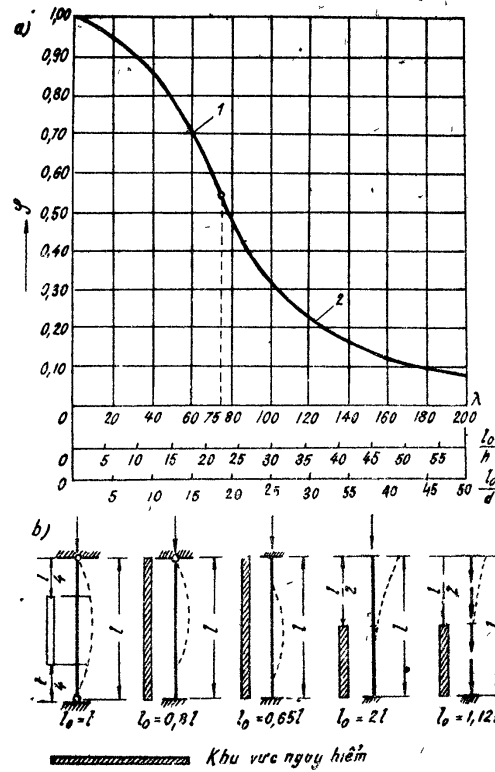
Với tiết diện tròn:  $r_{\min} = 0,25D$

Độ mảnh cho phép của cấu kiện chịu nén:

Cấu kiện chính:  $\lambda \leq 120$

Cấu kiện phụ:  $\lambda \leq 150$

Hệ giằng:  $\lambda \leq 200$



a) Biểu đồ uốn dọc

b) Chiều dài tính toán của thanh chịu nén đúng tâm và khu vực nguy hiểm cần kiểm tra tiết diện theo điều kiện ổn định.

$$r_{\min} = \sqrt{\frac{J_{ng}}{F_{ng}}} : \text{bán kính quán tính nhỏ nhất của tiết diện nguyên}$$

= 0,289b đối với tiết diện chữ nhật.

= 0,25d đối với tiết diện tròn.

Độ mảnh cho phép của cấu kiện chịu nén: cấu kiện chính  $[\lambda] = 120$ , cấu kiện phụ  $[\lambda] = 150$ , thanh giằng  $[\lambda] = 200$ .

Các công thức trên là công thức để kiểm tra tiết diện nhưng trong thực tế hay gặp lại là bài toán thiết kế, chọn tiết diện khi biết nội lực. Nhà bác học Côsécốp đã giải bài toán và đưa ra công thức để tìm tiết diện trong hai trường hợp tiết diện vuông và tròn:

- Trường hợp 1: khi  $\lambda > 75$

$$N = \varphi R_n F = \frac{3100}{\lambda^2} R_n F \Rightarrow F = \frac{N \lambda^2}{3100 R_n}$$

+ Đối với tiết diện tròn:

$$F = \frac{I_o}{15,71} \sqrt{\frac{N}{R_n}}$$

$$D = 1,128 \sqrt{F}$$

+ Đối với tiết diện chữ nhật:

$$F = \frac{I_o}{16} \sqrt{\frac{kN}{R_n}}$$

$$\text{Với } k = \frac{h}{b}; F = kb^2 = hb$$

+ Đối với tiết diện vuông,  $k = 1$ :

$$F = \frac{I_o}{16} \sqrt{\frac{N}{R_n}}$$

$$a = \sqrt{F}$$

- Trường hợp 2: *khi*  $\lambda \leq 75$

$$N = \phi R_n F = \left[ 1 - 0,8 \left( \frac{\lambda}{100} \right)^2 \right] R_n F = [F - 8 \cdot 10^{-5} \lambda^2 F] R_n$$

$$\Rightarrow F = \frac{N}{R_n} + 8 \cdot 10^{-5} \lambda^2 F$$

+ Đối với tiết diện tròn:

$$F = \frac{N}{R_n} + 0,001 I_o^2$$

$$D = 1,128 \sqrt{F}$$

+ Đối với tiết diện chữ nhật:

$$F = \frac{N}{R_n} + 0,001 k I_o^2$$

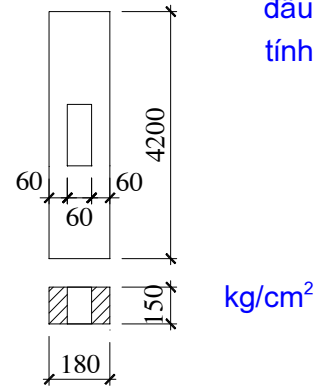
$$\text{Với } F = kb^2$$

+ Đối với tiết diện vuông:

$$F = \frac{N}{R_n} + 0,001 I_o^2$$

$$a = \sqrt{F}$$

**Thí dụ1:** kiểm tra một thanh chịu nén đúng tâm 2 liên kết khớp có kích thước như hình vẽ. Biết lực nén toán  $N^t = 10T$ ;  $R_n = 130 \text{ kg/cm}^2$ ;  $[\lambda] = 150$ .



(a) Kiểm tra về cường độ:

Theo công thức:  $\sigma = N^t/A_{th}$

$$A_{th} = A_{ng} - A_{gy} = 18 \cdot 15 - 6 \cdot 15 = 180 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = N^t/A_{th} = 10 \cdot 1000 / 180 = 55,6 \text{ kg/cm}^2 < R_n = 130$$

$\Rightarrow$  thoả mãn.

(b) Kiểm tra về ổn định:

$$A_{gy} = 6 \cdot 15 = 90$$

$$A_{ng} = 18 \cdot 15 = 270$$

$$A_{gy} / A_{ng} = 90 / 270 = 33\% > 25\%$$

$$\rightarrow A_{tt} = 4/3 A_{th} = 4/3 \cdot (A_{ng} - A_{gy}) = 4/3 \cdot (18 \cdot 15 - 6 \cdot 15) = 240 \text{ cm}^2$$

$$r_{min} = 0,289 \cdot b = 0,89 \cdot 15 = 4,34 \text{ cm}$$

$$l_0 = l = 420 \text{ cm}$$

$$\rightarrow \lambda_{max} = l_0 / r_{min} = 420 / 4,34 = 97 > [\lambda] = 150 \Rightarrow \text{thoả mãn.}$$

$$\varphi = 3100 / \lambda^2 = 3100 / 97^2 = 0,33$$

$\sigma = N^t / (\varphi F_{tt}) = 10000 / (0,33 / 240) = 126 < m_n \cdot R_n = 1 \cdot 130 = 130 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow$  thoả mãn.

**Thí dụ2:** chọn tiết diện một cột gỗ chịu nén đúng tâm trong một kết cấu chịu lực lâu dài biết chiều dài tính toán  $l_{tt} = 5 \text{ m}$ , tải trọng tính toán  $N^t = 10T$ .

**Giải:**

Giả thiết  $\lambda > 75$

(a) Dùng tiết diện tròn: 
$$A = \frac{l_{tt}}{15,75} \sqrt{\frac{N}{R_n}} = \frac{500}{15,75} \sqrt{\frac{10000}{130}} = 278 \text{ cm}^2 ;$$

$$d = 1,135 \sqrt{A} = 1,135 \sqrt{278} = 18,9 \text{ cm.}$$

Chọn gỗ có đường kính 20cm, thử lại độ mảnh  $\lambda_{max} = 500 / 0,25 / 20 = 100 > 75 \Rightarrow$  dùng đúng công thức.

(b) Nếu dùng tiết diện vuông: 
$$A = \frac{l_{tt}}{16} \sqrt{\frac{N}{R_n}} = \frac{500}{16} \sqrt{\frac{10000}{130}} = 282 \text{ cm}^2 ;$$

$$a = \sqrt{A} = \sqrt{282} = 16,8 \text{ cm.}$$

Dùng tiết diện vuông có cạnh 18x18 cm.  $\lambda_{max} = 500 / 0,289 / 18 = 93,7 > 75 \Rightarrow$  dùng đúng công thức.



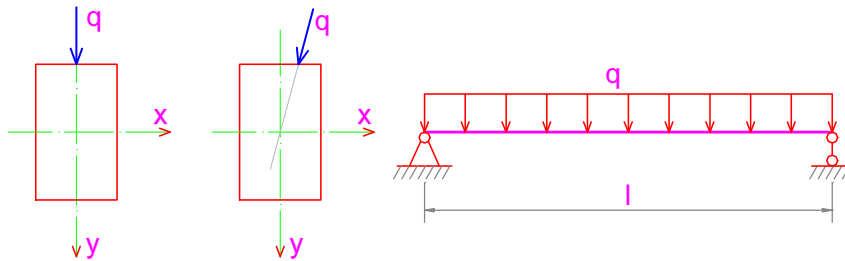
## §5. Cấu kiện chịu uốn

Cấu kiện gỗ chịu uốn được dùng rất rộng rãi làm ván lát sàn, dầm sàn, dầm mái, xà gỗ, dầm cầu, .

Theo phương tác dụng của tải trọng chia thành 2 loại:

Uốn phẳng: khi tải trọng tác dụng trong mặt phẳng của một trục quán tính chính của tiết diện.

Uốn xiên: khi phương tác dụng của tải trọng không nằm trong mặt phẳng của một trục quán tính chính nào.



### 1. Uốn phẳng

a. Tính theo cường độ

$$\sigma = \frac{M^{tt}}{W_{th}} \leq m_u R_u$$

M: mô men uốn tính toán.

$W_{th}$ : mô men chống uốn của tiết diện thu hẹp.

$R_u$ : cường độ chịu uốn tính toán, tra bảng II-1.

$m_u$ : hệ số điều kiện làm việc, tra bảng II-2.

→ Chú ý: nếu tiết diện giảm yếu nhiều nhất không trùng với tiết diện có mô men uốn lớn nhất thì phải kiểm tra thêm cường độ tại tiết diện giảm yếu đó.

Ảnh hưởng do giảm yếu ở vùng chịu kéo ở tiết diện thường gây cho cấu kiện bị gãy tách, nhất là các khe cắt thẳng góc với trục của cấu kiện. Vì vậy, nếu cấu kiện chịu uốn muốn giảm chiều cao dầm phải cắt vát để tránh hiện tượng trên.

Hệ số điều kiện làm việc  $m_u$  được lấy như sau:

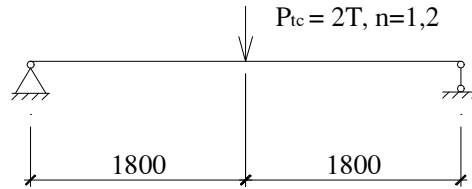
Nếu hai cạnh của tiết diện  $\leq 15$  cm:  $m_u = 1$

Nếu có cạnh  $> 15$  cm;  $\frac{h}{b} \leq 3,5$ :  $m_u = 1,15$

Gỗ tròn không có khe rãnh:  $m_u = 1,2$

Gỗ tròn có khe rãnh lấy như tiết diện chữ nhật.

**Thí dụ:** chọn tiết diện một dầm gỗ, biết: nhịp 3,6 m; tải trọng  $P_{tc} = 2T$ ; hệ số vượt tải  $n = 1,2$ , gỗ có  $R_u = 130 \text{ kg/cm}^2$ ,  $[f/l] = 1/250$ .



**Giải:**

$$M_{\max} = P_{tt} \cdot l/4 = 2000 \cdot 1,2 \cdot 360/4 = 216000 \text{ kgcm.}$$

Dự kiến chọn dầm tiết diện chữ nhật có cạnh  $\geq 15 \text{ cm}$ ,  $h/b \leq 3,5 \rightarrow m_u = 1,15$ .

$$\sigma_n = \frac{M}{W_{th}} \leq m_u \cdot R_u \rightarrow W_{ct} = \frac{M}{m_u \cdot R_u} = \frac{216000}{1,15 \cdot 130} = 1445 \text{ cm}^2$$

$$\frac{f}{l} = \frac{P_{tc} J^2}{48EJ} \leq \left[ \frac{f}{l} \right]$$

$$\rightarrow J_{ct} = \frac{P_{tc} J^2}{48EJ} \cdot \left[ \frac{l}{f} \right] = \frac{2000 \cdot 360^2}{48 \cdot 10^5} \cdot 250 = 13500 \text{ cm}^4$$

Giả thiết  $k = h/b = 1,25 \rightarrow b = 0,8 \cdot h$

$$\rightarrow W = bh^2/6 = 0,8h^3/6$$

$$J = bh^3/12 = 0,8h^4/12$$

Theo điều kiện về cường độ ta có:

$$\frac{0,8 \cdot h^3}{6} = 1445 \rightarrow h = \sqrt[3]{\frac{1445 \cdot 6}{0,8}} = 22,1 \text{ cm} \rightarrow b = 0,8 \cdot 22,1 = 17,7 \text{ cm.}$$

Theo điều kiện về biến dạng ta có:

$$\frac{0,8 \cdot h^4}{12} = 13500 \rightarrow h = \sqrt[4]{\frac{13500 \cdot 12}{0,8}} = 21,2 \text{ cm} \rightarrow b = 0,8 \cdot 21,2 = 16,9 \text{ cm.}$$

Chọn tiết diện  $b \times h = 18 \times 22 \text{ cm}$  có:  $h/b = 22/18 = 1,2 < 3,5 \rightarrow m_u = 1,15$  là đúng.

$$W = b \cdot h^2/6 = 18 \cdot 22^2/6 = 1452 \text{ cm}^3 > W_{ct} = 1445 \text{ cm}^3$$

$$J = b \cdot h^3/12 = 18 \cdot 22^3/12 = 15972 \text{ cm}^4 > J_{ct} = 13500 \text{ cm}^4$$

**b. Tính theo độ cứng**

$$\frac{f}{l} \leq \left[ \frac{f}{l} \right]$$

$$\left[ \frac{f}{l} \right] = \begin{cases} \frac{1}{250} : \text{sàn tầng} \\ \frac{1}{200} : \text{sàn mái} \\ \frac{1}{200} : \text{xà gỗ, vi kèo} \\ \frac{1}{150} : \text{cầu phong, ván mái} \end{cases}$$

### c. Lực cắt khi uốn

Nói chung không cần kiểm tra nhưng khi cấu kiện ngắn ( $l/h \leq 5$ ) mà chịu tải trọng lớn hoặc khi lực tập trung lớn đặt gần gối thì phải kiểm tra theo công thức:

$$\tau = \frac{Q \cdot S_{ng}}{J_{ng} \cdot b} \leq R_{tr} \quad (II-11)$$

Q: lực cắt tính toán.

$S_{ng}$  : mô men tĩnh của phần tiết diện nguyên bị trượt đối với trục trung hoà.

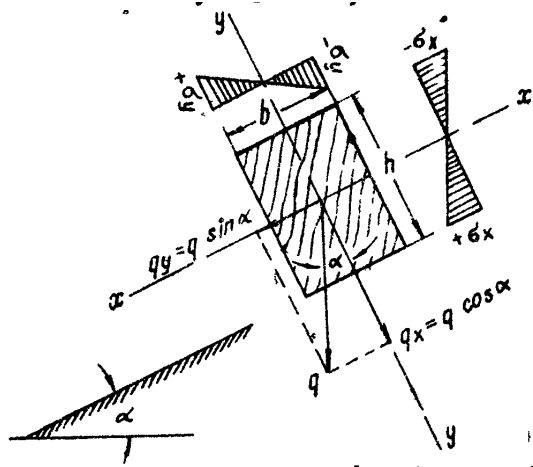
$J_{ng}$  : mô men quán tính tiết diện nguyên.

b: bề rộng tiết diện.

$R_{tr}$ : cường độ tính toán về trượt dọc thớ.

## 2. Uốn xiên

Ví dụ: cấu kiện điển hình là xà gỗ đặt trên kèo nhà.



### a. Tính theo cường độ

Phân tải trọng theo hai phương:

$$q_x = q^{\text{tt}} \cdot \cos \alpha$$

$$q_y = q^{\text{tt}} \cdot \sin \alpha$$

Và tính được mômen theo hai phương (với cấu kiện là dầm đơn giản):

$$M_x = \frac{q^{\text{tt}} \cos \alpha \cdot l^2}{8}$$

$$M_y = \frac{q^{\text{tt}} \sin \alpha \cdot l^2}{8}$$

Kiểm tra theo ứng suất:

$$\sigma = \sigma_x + \sigma_y = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq m_u R_u$$

$$\text{Biến đổi ta được: } \sigma = \frac{M_x}{W_x} \left( 1 + \frac{M_y}{M_x} \cdot \frac{W_x}{W_y} \right) \leq m_u \cdot R_u \quad (\text{a})$$

Nếu tiết diện chữ nhật, nhíp theo 2 trục như nhau thì:

$$\frac{W_x}{W_y} = \frac{b \cdot h^2}{6} \cdot \frac{6}{h \cdot b^2} = \frac{h}{b} = k$$

$$\frac{M_y}{M_x} = \text{tg} \alpha$$

Thay vào công thức (a) ta có:

$$\frac{M_x}{W_x}(1+k.tg\alpha) \leq m_u.R_u \rightarrow W_x \geq \frac{M_x}{m_u.R_u}(1+k.tg\alpha) \quad (b)$$

b. Tính theo độ cứng

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \leq [f]$$

Với dầm đơn giản:

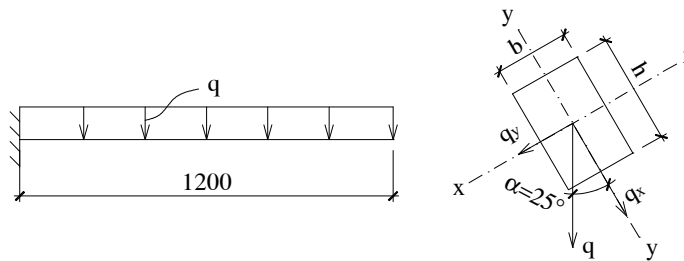
$$f_x = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_y^{tc} l^4}{EJ_y}$$

$$f_y = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_x^{tc} l^4}{EJ_x}$$

Thí dụ: chọn tiết diện xà gỗ chịu lực như hình vẽ biết  $q^{tc} = 130 \text{ kg/m}$ ,  $n = 1,3$ ,  $[f/l] = 1/200$ ,  $R_u = 130 \text{ kg/cm}^2$ .

Giải:

Phân tải trọng theo 2 phương:



$$q_x^{tc} = q^{tc} \cdot \cos\alpha = 130 \cdot \cos 25^\circ = 117,8 \text{ kg/m}$$

$$q_y^{tc} = q^{tc} \cdot \sin\alpha = 130 \cdot \sin 25^\circ = 54,9 \text{ kg/m}$$

$$q_x^{tt} = q_x^{tc} \cdot n = 117,8 \cdot 1,3 = 153 \text{ kg/m}$$

$$q_y^{tt} = q_y^{tc} \cdot n = 54,9 \cdot 1,3 = 71,4 \text{ kg/m}$$

Mô men uốn lớn nhất:

$$M_x = q_x^{tt} \cdot l^2 / 2 = 153 \cdot 1,2^2 / 2 = 110,16 \text{ kgm}$$

$$M_y = q_y^{tt} \cdot l^2 / 2 = 71,4 \cdot 1,2^2 / 2 = 51,4 \text{ kgm}$$

Giả thiết  $k = h/b = 1,2$  và  $tg 25^\circ = 0,466$

Theo điều kiện cường độ ta có:

$$W_x = \frac{M_x(1+k.tg\alpha)}{m_u.R_u} = \frac{11016(1+1,2 \cdot 0,466)}{1 \cdot 130} = 132 \text{ cm}^2$$

$$W_x = b \cdot h^2 / 6 = h^3 / 6k \rightarrow h = \sqrt[3]{6kW} = \sqrt[3]{6 \cdot 1,2 \cdot 132} = 9,8 \text{ cm}$$

$$\rightarrow b = h/k = 9,8/1,2 = 8,2 \text{ cm}$$

Chọn tiết diện bxx = 8x10 cm và kiểm tra lại:

+ Theo điều kiện cường độ:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} = \frac{11016,6}{8 \cdot 10 \cdot 10} + \frac{5140,6}{10 \cdot 8 \cdot 8} = 130,8 > m_u \cdot R_u = 1,130 = 130 \text{ kg/cm}^2$$

nhưng  $(130,8 - 130) / 130 = 0,6\% < 5\% \Rightarrow$  chấp nhận được.

+ Theo điều kiện độ võng:

$$f_x = \frac{q_y^{tc} \cdot l^4}{8 \cdot E \cdot J_y} = \frac{0,549 \cdot 120^4}{8 \cdot 10^5 \cdot 10 \cdot 8^3 / 12} = 0,33 \text{ cm}$$

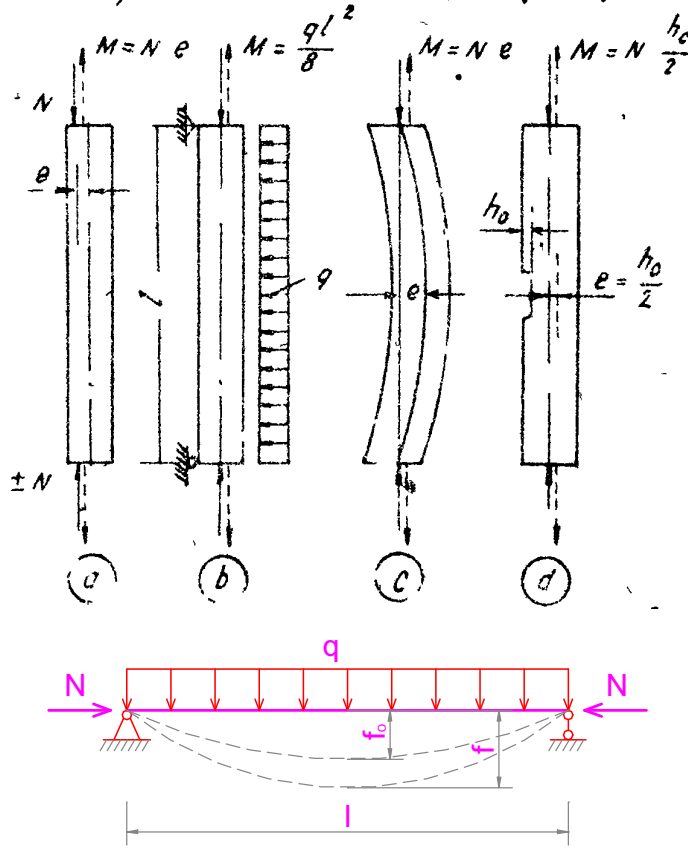
$$f_y = \frac{q_x^{tc} \cdot l^4}{8 \cdot E \cdot J_x} = \frac{1,178 \cdot 120^4}{8 \cdot 10^5 \cdot 8 \cdot 10^3 / 12} = 0,46 \text{ cm}$$

$$\rightarrow \frac{f}{l} = \frac{\sqrt{f_x^2 + f_y^2}}{l} = \frac{\sqrt{0,33^2 + 0,46^2}}{120} = \frac{1}{212} < \frac{1}{200} \Rightarrow \text{thoả mãn.}$$

## §6. Cấu kiện chịu nén - uốn

Trong thực tế chúng ta rất hay gặp cấu kiện chịu nén uốn như: cột chịu nén lệch tâm, trụ cầu, cột chống vừa đỡ mái vừa chịu tải trọng gió . . . Có 4 dạng sơ đồ cấu kiện chịu nén-uốn như hình sau:

1. Lực đặt lệch tâm.
2. Do chịu nén có kèm tải trọng ngang.
3. Do cấu kiện bị cong.
4. Do giảm yếu không đối xứng lại chịu lực nén dọc trục.



Khi tính toán cấu kiện gỗ chịu nén uốn cần kiểm tra:

1. Kiểm tra về bền trong mặt phẳng uốn:

Công thức kiểm tra về bền: 
$$\sigma = \frac{N}{A_{th}} + \frac{M}{W_{th}} + \frac{N \cdot f}{W_{th}} \leq m_n \cdot R_n$$

M: mô men uốn

N: lực nén

$$f = \frac{f_0}{1 - N / N_{th}}$$
 : độ võng do M, N cùng tác dụng gây ra.

$f_0$ : độ võng do tải trọng ngang sinh ra.

Sau khi xác định được  $f$  bằng phương pháp của sức bền vật liệu thay vào ta

được: 
$$\sigma = \frac{N}{A_{th}} + \frac{M}{\xi \cdot W_{th}} \cdot \frac{R_n}{R_u} \leq m_n \cdot R_n$$

$$\xi = 1 - \frac{\lambda^2 \cdot N}{3100 \cdot A_{ng} \cdot R_n} \leq 1$$
: hệ số kể đến hiện tượng tăng mô men uốn do lực dọc.

→ Chú ý: khi thực hành tính toán nếu  $M/W_{ng} \leq 10\%N/A_{ng}$  thì chỉ cần tính như cấu kiện chịu nén đúng tâm.

$\lambda$ : độ mảnh xác định trong mặt phẳng uốn với chiều dài tính toán như đối với cấu kiện chịu nén đúng tâm.

+ Nếu  $\xi = 1$  ( $\lambda = 0$ ): thanh rất cứng, không cần xét đến biến dạng của nó.

+ Nếu  $\xi = 0$

$$\frac{\lambda^2 N}{3100 F_{ng} R_n} = 1 \Rightarrow N = \varphi R_n F_{ng}$$

Như vậy, toàn bộ khả năng chịu lực của cấu kiện là để chịu lực nén, vì vậy, không cho phép có thêm lực uốn tác dụng.

Khi  $\frac{M}{W_{ng}} \leq 10\% \frac{N}{F_{ng}}$  thì không cần xét đến mômen uốn, lúc đó tính cấu kiện

như cấu kiện chịu nén đúng tâm.

\* Kiểm tra ngoài mặt phẳng uốn:

Ngoài mặt phẳng uốn kiểm tra như cấu kiện chịu nén đúng tâm (bỏ qua mômen):

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_y F} \leq m_n R_n$$

Nếu dùng các công thức trên để tính tiết diện thì thường phải mò mẫm thử dần. Người ta đã thiết lập công thức để chọn tiết diện như sau:

a. Nếu  $e = \frac{M}{N} > 25 \text{ cm}$

$$W = \frac{M}{0,85 R_n}$$

b.  $1 \text{ cm} < e < 25 \text{ cm}$  thì:

$$W = \frac{N}{R_n} \left[ 3,3 + 0,35(l-1)^2 + \frac{M}{N} \right]$$

Trong đó  $W$  ( $\text{cm}^3$ ),  $M$  ( $\text{kGm}$ ),  $N$  ( $\text{kG}$ ),  $R_n$  ( $\text{kG/cm}^2$ ),  $l$  ( $\text{m}$ )



c.  $e < 1$  cm: tính như cấu kiện chịu nén đúng tâm

Thí dụ: chọn tiết diện một thanh gỗ chịu nén lệch tâm biết  $l = 3,3$  m, hai đầu liên kết khớp,  $N^t = 12T$  đặt lệch tâm  $e = 3$  cm so với trục cấu kiện.  $R_n = 130$  kg/cm<sup>2</sup>,  $R_u = 150$  kg/cm<sup>2</sup>.

Giải:

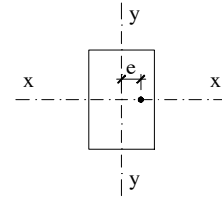
Vì  $1 < e = 3$  cm  $< 25$  cm nên

$$W = \frac{N}{R_n} \left[ 3,3 + 0,35(l-1)^2 + \frac{M}{N} \right] = \frac{12 \cdot 10^3}{130} [3,3 + 0,35(3-1)^2 + 0,03] = 478 \text{ cm}^3$$

Chọn tiết diện chữ nhật 16x18 cm thì  $W_y = 18 \cdot 16^2 / 6 = 768 \text{ cm}^3 > 478 \text{ cm}^3$  (uốn quanh trục y)

Độ mảnh:  $\lambda = l_{tt}/r_{\min} = 330/0,289/16 = 71,4$

Hệ số mô men phụ:



$$\xi = 1 - \frac{71,4^2 \cdot 12 \cdot 10^3}{3100 \cdot 130 \cdot 16 \cdot 18} = 0,47$$

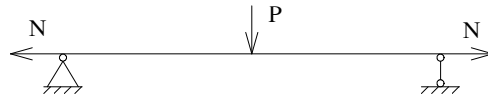
$$\rightarrow \sigma = \frac{N}{A_{th}} + \frac{M}{\xi \cdot W_{th}} \cdot \frac{R_n}{R_u} = \frac{18000}{16 \cdot 18} + \frac{12000}{0,47 \cdot 768} \cdot \frac{130}{150} = 128 \leq m_n \cdot R_n = 1 \cdot 130 = 130 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow$$

thỏa mãn.

Kiểm tra ngoài mặt phẳng uốn:

$\lambda_x = l_{tt}/r_x = 330/0,289/18 = 63,4 < \lambda_y = 71,4 \Rightarrow$  do đó không cần kiểm tra đối với trục x.

## §7. Cấu kiện chịu kéo - uốn



Nguyên nhân gây ra kéo uốn cũng như nén uốn nhưng lực dọc ở đây là lực kéo. Các bước tính toán tương tự trường hợp nén uốn nhưng không kể đến mômen uốn phụ  $N_f$ .

$$\sigma = \frac{N}{F_{th}} + \frac{M}{W_{th}} \frac{R_k}{R_u} \leq R_k$$

M: mômen uốn chỉ do tải trọng ngang hoặc lực dọc tác dụng lệch tâm gây ra.

Các trị số tính toán của  $W_{th}$  và  $F_{th}$  phải tính đối với tiết diện có mômen uốn tính toán.

## LIÊN KẾT TRONG KẾT CẤU GỖ

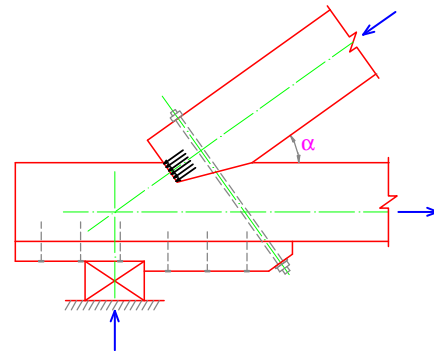
### §1. Khái quát

Do nguồn gốc thiên nhiên và điều kiện cung cấp, vận chuyển mà vật liệu gỗ có kích thước hạn chế. Để tăng chiều dài cấu kiện (mở rộng nhịp), tăng tiết diện (tăng khả năng chịu lực) hoặc để liên kết các cấu kiện thành các kết cấu khác nhau (mở rộng phạm vi sử dụng) ta cần dùng các liên kết. Có 4 hình thức liên kết như sau:

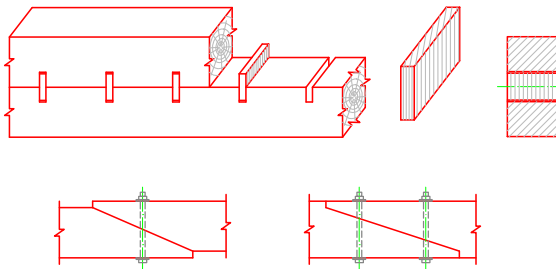
#### a. Liên kết mộng:

Liên kết thường dùng ở các vì kèo mái nhà, đầu trụ cọc của cầu gỗ, .

Liên kết này có khả năng chịu ép mặt nhưng thường gây ra trượt ở các vùng lân cận.



#### b. Liên kết chốt:



Liên kết này thường dùng để nối dài hoặc tăng tiết diện các thanh gỗ như nối dài 2 cánh của dàn vì kèo, nối dài dầm.

Khi làm việc chốt chịu uốn và khi biến dạng thì mặt lỗ chốt xảy ra hiện tượng ép mặt. Do đó, tại liên kết chốt có thể bị phá hoại do uốn và ép mặt.

Đặc điểm: độ dai lớn, chịu lực an toàn, phù hợp với cách chế tạo cơ giới và thủ công.

Liên kết chốt có hai loại:

- + Chốt trụ: bằng thép hoặc gỗ, tre
- + Chốt bản: bằng gỗ

Khi làm việc chốt chịu uốn, cấu kiện chịu ép mặt.

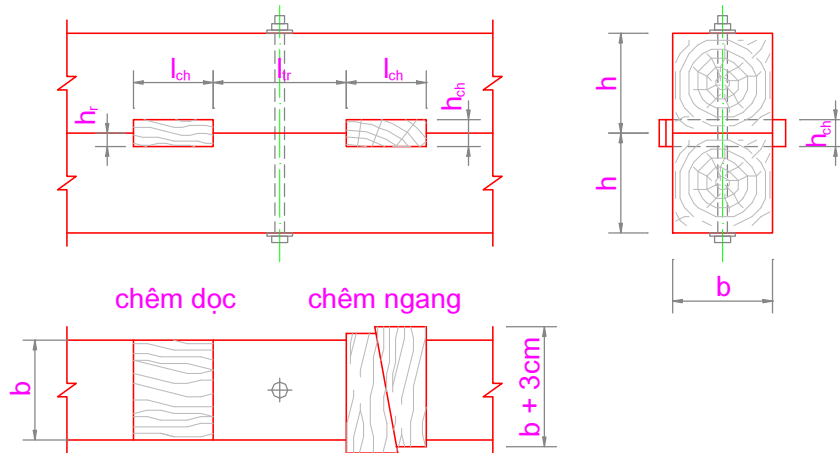
#### c. Liên kết chêm:

Dùng làm tăng tiết diện của thanh như dầm cầu, dầm nhà nhịp lớn.

Chêm thường làm bằng gỗ .

Đặc điểm: như liên kết mộng.

→ **Chú ý:** phân biệt liên kết chêm và liên kết chốt theo cách làm việc: chốt chịu uốn và ép mặt còn chêm chịu trượt và ép mặt.

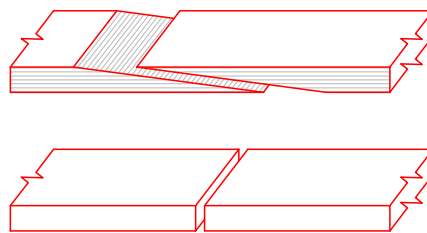


d. Liên kết keo dán:

Dùng keo dán, dán nhiều tấm ván lại với nhau để tăng tiết diện cấu kiện. Bề dày mỗi lớp ván  $1 \div 4$  cm (có thể đến 5 cm). Số lớp ván có thể 5, 7, 10, 20 hoặc nhiều hơn nữa. Dùng để chế tạo các cấu kiện nhịp khá lớn như vòm, khung, dàn. Dùng để chế tạo các cấu kiện nhịp khá lớn như vòm, khung, dàn . . . Đây là loại liên kết có nhiều triển vọng vì nó phù hợp với phương hướng của công nghệ chế biến gỗ.

Liên kết dán phải đủ khả năng chống trượt và chống bong mạch dán.

Đặc điểm: không làm giảm yếu cấu kiện, không dùng kim loại, có thể tạo ra cấu kiện có hình dạng và kích thước bất kỳ.



a) Liên kết kim loại:

Dùng chịu lực kéo xuất hiện trong các cấu kiện gỗ hoặc để liên kết các cấu kiện kim loại trong kết cấu gỗ (các cấu kiện liên kết này thay thế gỗ trong một số trường hợp).

Xét về khả năng chống trượt ta thấy 3 hình thức đầu không đủ làm cho thanh ghép có độ cứng như thanh nguyên có tiết diện tương đương nên gọi là liên kết mềm. Liên kết dán gọi là liên kết cứng. Mức độ mềm hay cứng biểu hiện qua độ dịch chuyển của các phân tử trong cấu kiện khi chịu tác dụng của tải trọng.

## §2. Nguyên tắc chung tính toán liên kết

Ở 4 loại liên kết trên chủ yếu xảy ra 2 hiện tượng trượt và ép mặt. Do đó để đảm bảo khả năng chịu lực của liên kết ta phải kiểm tra theo 2 điều kiện sau:

- Điều kiện chống ép mặt của gỗ:  $N_{em} \leq T = R_{em}^{\alpha} \cdot A_{em}$
- Điều kiện chống trượt của gỗ:  $N_{tr} \leq T = R_{tr(\alpha)}^{TB} \cdot A_{tr}$

Trong đó:

$N_{em}$ : lực nén tính toán tác dụng lên diện tích ép mặt.

T: khả năng chịu lực của liên kết.

$R_{em}^{\alpha}$ : cường độ ép mặt tính toán của gỗ theo phương  $\alpha$ .

$A_{em}$ : diện tích ép mặt.

$N_{tr}$ : lực trượt tính toán tác dụng lên diện tích trượt.

$R_{tr(\alpha)}^{TB}$ : cường độ chịu trượt trung bình của gỗ theo phương  $\alpha$ .

$A_{tr}$ : diện tích trượt.

### §3. Liên kết mộng

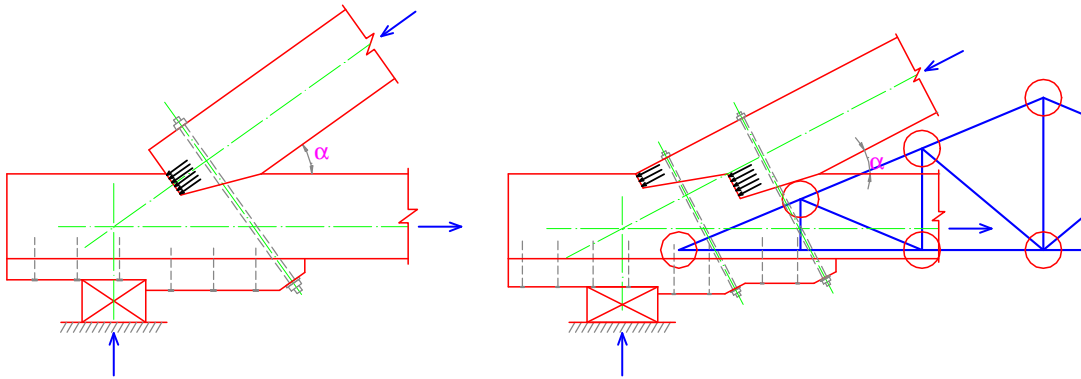
Liên kết mộng là loại liên kết trong đó thanh chịu nén tì đầu vào rãnh cắt của thanh kia do đó nội lực truyền trực tiếp mà không qua một cấu kiện trung gian nào khác. Liên kết mộng chỉ dùng ở thanh chịu nén như nút của dàn gỗ, khung gỗ và phải kết hợp với các liên kết phụ khác như bu lông, vòng đai, đinh đĩa . . .

Có các hình thức liên kết mộng như sau:

- Mộng rãnh: là liên kết mộng trong đó thanh nén tì đầu vào rãnh cắt của thanh kia. Mộng rãnh được cấu tạo theo kiểu 1 răng (như hình III-1) hay 2 răng phụ thuộc vào lực nén và góc nghiêng giữa 2 thanh liên kết.

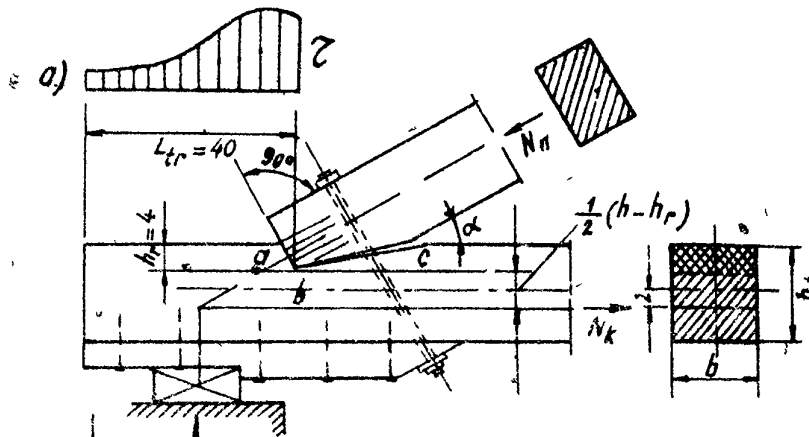
- Mộng tì đầu (hay liên kết tì đầu): 2 thanh nén tì đầu trực tiếp vào nhau hoặc thanh nén tì đầu vào miếng đệm đặt trên thanh kia như nút giữa trên và giữa dưới của vì kèo gỗ tam giác.

- Liên kết vát chéo: 2 thanh nén tì đầu trực tiếp vào nhau nhưng mặt tiếp xúc được cắt vát chéo theo nhiều đoạn thẳng (Hình III-3).



#### 1. Liên kết mộng một răng

Biểu đồ ứng suất trượt



Dùng khi lực nén và góc nghiêng giữa 2 thanh nhỏ.  $N_n \leq 10T$ ,  $\alpha \leq 30^\circ$ .

### Cấu tạo

Chiều sâu rãnh  $h_r \leq h/3$  ( $h$  là chiều cao tiết diện thanh kéo) đối với mắt gối,  $h_r \leq h/4$  đối với mắt trung gian. Điều kiện này đảm bảo tránh giảm yếu nhiều và tránh mặt trượt quá gần lõi cây.

Trục thanh chịu nén (thanh trên) phải vuông góc và đi qua trọng tâm của diện tích ép mặt để ứng suất phân bố đều hơn.

Các lực  $R$ ,  $N_k$ ,  $N_n$  phải hội tụ tại 1 điểm.  $N_k$  nên đi qua trọng tâm của diện tích giảm yếu do rãnh gây ra để ứng suất kéo phân bố đều tại vị trí đó.

Chiều dài mặt trượt  $l_{tr} \leq 10 \cdot h_r$  để tránh sự phá hoại tách do trượt gây ra.

Theo cấu tạo  $l_{tr} \geq 1,5 \cdot h$ . Thông thường chọn  $l_{tr} = (1,5 \div 2) \cdot h$ .

Để đề phòng sự dịch chuyển giữa các thanh của liên kết hoặc hiện tượng phá hoại đột ngột cần gia cố bằng bu lông, đinh đĩa, đai . . . có đường kính  $\geq 12$  mm.

- Chiều dài mặt trượt:

$$l_{tr} \leq 10h_r \text{ (để tránh hiện tượng xiên thớt, phá hoại tách mặt do trượt)}$$

$$l_{tr} \geq 1,5h \text{ (điều kiện cấu tạo)}$$

$$l_{tr} = 1,5 \div 2h \text{ (kinh nghiệm)}$$

- Để đề phòng sự chuyển dịch giữa các thanh cần gia cố thêm bulông, đinh đĩa, đai. Đường kính bulông  $\phi \geq 12$  mm. Bulông an toàn cần đặt thẳng góc với thanh trên, nếu góc giữa hai thanh quá lớn thì bulông có thể đặt thẳng góc với đường phân giác của góc đó.

- Dưới gối dòn, nơi có tiết diện giảm yếu, cần phải gia cố bằng một gỗ táp (gọi là gỗ guốc) đóng đỉnh vào cánh dưới dòn. Kích thước của gỗ guốc xác định theo cấu tạo, bề rộng bằng bề rộng của cánh dưới.

### b. Tính toán

- Điều kiện chống ép mặt:  $N_{em} \leq R_{em}^\alpha \cdot A_{em}$

$N_{em} = N_n$ : lực nén vào thanh cánh trên.

$$A_{em} = b \cdot h_r / \cos \alpha$$

$$R_{em}^\alpha = \frac{R_{em}}{1 + \left( \frac{R_{em}}{R_{em}^{90}} - 1 \right) \cdot \sin^3 \alpha} : \text{cường độ ép mặt của gỗ theo phương } \alpha$$

$$\rightarrow N_{em} \leq R_{em}^\alpha \cdot \frac{b \cdot h_r}{\cos \alpha}$$

$$\rightarrow h_r \geq \frac{N_{em} \cdot \cos \alpha}{b \cdot R_{em}^\alpha}$$

- Điều kiện chống trượt của gỗ:  $N_{tr} \leq R_{tr(\alpha)}^{TB} \cdot A_{tr}$

$$N_{tr} = N_k$$

$A_{tr} = l_{tr} \cdot b$ : diện tích trượt.

$$R_{tr}^{TB} = \frac{R_{tr}}{1 + \beta \frac{l_{tr}}{e}} : \text{cường độ trượt trung bình của gỗ}$$

$R_{tr}$ : cường độ trượt tối đa của gỗ

$\beta = 0,25$ : hệ số dùng để tính trượt.

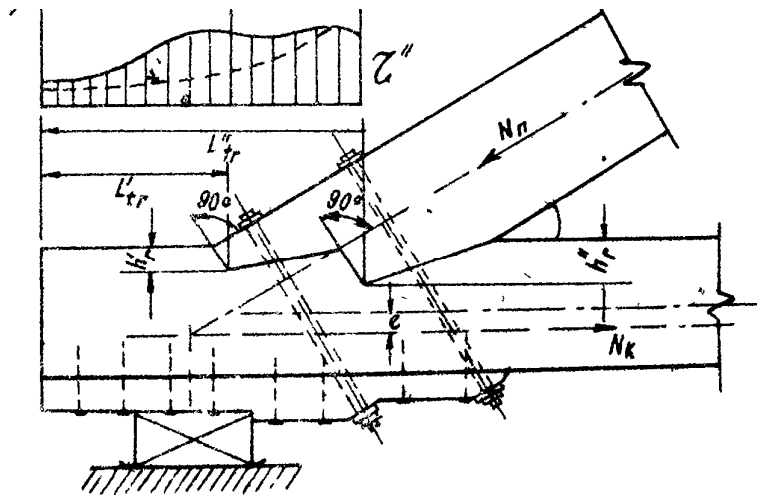
$e = h/2$ : độ lệch tâm của lực trượt

$$\rightarrow N_{tr} \leq \frac{R_{tr}}{1 + \beta \frac{l_{tr}}{e}} \cdot l_{tr} \cdot b$$

$$\rightarrow l_{tr} = \frac{N_{tr}}{R_{tr} \cdot b - N_{tr} \cdot \beta / e}$$

## 2. Liên kết mộng hai răng

### a. Cấu tạo



Đỉnh răng thứ nhất nằm ở biên trên thanh kéo, đỉnh răng thứ 2 nằm vào giao điểm của trục thanh nén và biên trên thanh kéo để ứng suất phân bố đều trên các diện tích ép mặt.

$h_r \geq 2$  cm để tránh hiện tượng tách thớ do trượt.  $h_r \leq h/3$  và  $h_r \geq h_r + 2$  cm để 2 mặt trượt ít ảnh hưởng lẫn nhau.

Các lực hội tụ như mộng 1 răng và lực kéo đi qua trọng tâm tiết diện giảm



yếu.

Để tránh sự phá hoại do tách thớ:  $1,5 h \leq l_{tr} \leq 10.h_r$

$$1,5 h \leq l_{tr} \leq 10.h_r$$

Mỗi răng đều đặt 1 bu lông an toàn.

## b. Tính toán

- Kiểm tra theo ép mặt:

$$N_{em} \leq R_{em(\alpha)} \cdot F_{em}$$

$$F_{em} = F_{em} + F_{em}$$

Mặt khác: 
$$\frac{N'_{em}}{N_{em}} = \frac{F'_{em}}{F_{em}} = \frac{N'_{tr}}{N_{tr}}$$
 (diện tích tỉ lệ với lực tác dụng)

- Kiểm tra theo trượt: tính  $l_{tr}$ ,  $l_{tr}$

$$N_{tr} = N_{tr} \frac{F'_{em}}{F_{em}}$$

$$N_{tr} = N_n \cdot \cos \alpha$$

Do việc chế tạo có thể không chính xác, khi chịu lực răng thứ nhất có thể làm việc nặng nề hơn. Để kể tới thực tế đó người ta nhân khả năng chịu lực của răng thứ nhất với hệ số điều kiện làm việc 0,8 và nhân khả năng chịu lực của răng thứ hai với hệ số điều kiện làm việc 1,15 khi tính  $l_{tr}$  và  $l_{tr}$ :

$$l'_{tr} = \frac{N'_{tr}}{0,8R_{tr}b - \frac{N'_{tr}\beta}{e}} \quad 1,5h \leq l_{tr} \leq 10h_r$$

$$l''_{tr} = \frac{N_{tr}}{1,15R_{tr}b - \frac{N_{tr}\beta}{e}} \quad 1,5h \leq l_{tr} \leq 10h_r$$

Trong công thức không lấy  $N_{tr}$  mà lấy  $N_{tr}$  vì lúc đó coi răng thứ nhất không làm việc, toàn bộ lực trượt truyền vào răng thứ 2.

Giữa 2 chiều dài trượt có quan hệ gần đúng:  $l''_{tr} = l'_{tr} + \frac{h_{tren}}{2 \cdot \sin \alpha}$ , trong đó

$h_{tren}$  là chiều cao tiết diện thanh trên.

Thí dụ 1: tính liên kết mộng 2 răng ở mắt gối dàn vì kèo có lực nén cánh trên  $N_n = 11$  tấn,  $\alpha = 30^\circ$ . Tiết diện các thanh là 20x20 cm. Với gỗ nhóm V, độ ẩm 18% có  $R_n = 135 \text{ kg/cm}^2$ ,  $R_{em}^{90} = 25 \text{ kg/cm}^2$ ,  $R_r = 25 \text{ kg/cm}^2$ .

Giải:

Giả thiết  $h_r = 3 \text{ cm} > 2 \text{ cm}$

$h_r = 6 \text{ cm} < h/3 = 20/3 = 6,6 \text{ cm}$

$h_r - h_r = 6 - 3 = 3 \text{ cm} > 2 \text{ cm}$

Tổng diện tích ép mặt:

$$A_{em} = A_{em} + A_{em} = b(h_r + h_r) / \cos \alpha = 20(3+6) / \cos 30^\circ = 208 \text{ cm}^2$$

$$R_{em}^{30} = \frac{R_{em}}{1 + \left( \frac{R_{em}}{R_{em}^{90}} - 1 \right) \cdot \sin^3 \alpha} = \frac{135}{1 + \left( \frac{135}{25} - 1 \right) \cdot \sin^3 30^\circ} = 87 \text{ kg/cm}^2$$

Kiểm tra ép mặt:

$$N_{em} = 11000 < 87 \cdot 208 = 18096 \text{ Kg} \rightarrow \text{thoả mãn.}$$

Tính  $l_{tr}$  và  $l_{tr}$  :

$$N_{tr}' = N_{tr} \frac{A_{em}'}{A_{em}} = N_n \cdot \cos \alpha \cdot \frac{A_{em}'}{A_{em}} = 11000 \cdot \cos 30^\circ \cdot \frac{3}{3+6} = 3175 \text{ kg}$$

$$\beta = 0,25$$

$$e = h/2 = 20/2 = 10 \text{ cm}$$

$$l_{tr}' = \frac{N_{tr}'}{0,8 \cdot R_{tr} \cdot b - N_{tr}' \cdot \beta / e} = \frac{3175}{0,8 \cdot 25 \cdot 20 - 3175 \cdot 0,25 / 10} = 9,9 \text{ cm}$$

Theo cấu tạo:  $1,5 h = 30 \text{ cm} \leq l_{tr} \leq 10 \cdot h_r = 10 \cdot 3 = 30 \text{ cm}$

Chọn  $l_{tr} = 30 \text{ cm}$ .

$$l_{tr}'' = \frac{N_{tr}}{1,15 \cdot R_{tr} \cdot b - N_{tr} \cdot \beta / e} = \frac{11000 \cdot \cos 30^\circ}{1,15 \cdot 25 \cdot 20 - 11000 \cdot \cos 30^\circ \cdot 0,25 / 10} = 28,3 \text{ cm}$$

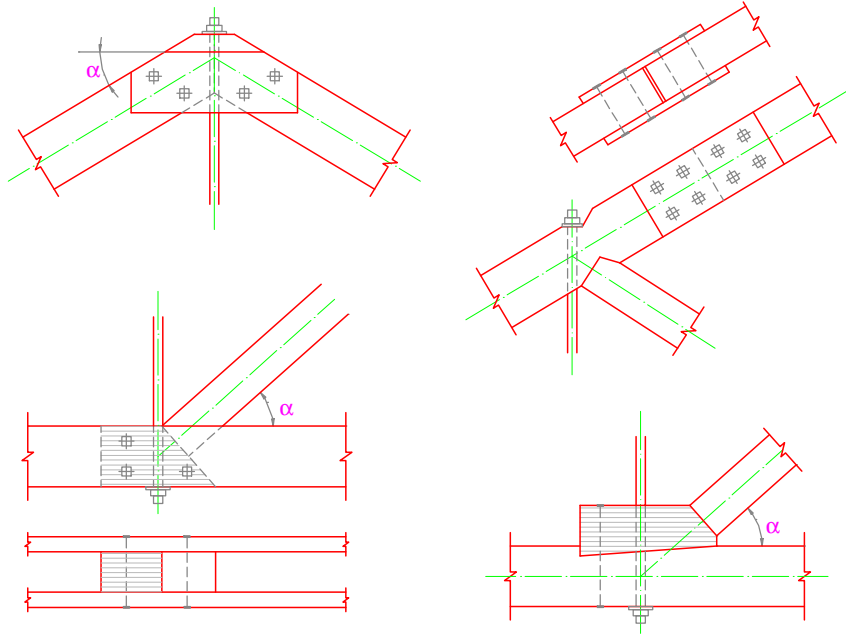
$$l_{tr}'' = l_{tr}' + \frac{h_{tr}^{an}}{2 \cdot \sin \alpha} = 30 + \frac{20}{2 \cdot \sin 30^\circ} = 50 \text{ cm} > 28,3 \text{ cm}$$

Vậy chọn  $l_{tr} = 50 \text{ cm}$ .

Ngoài ra còn cấu tạo thêm 2 bu lông an toàn, gỗ guốc, gỗ gối. Gỗ guốc có bề rộng bằng bề rộng thanh cánh dưới, cao 6÷8 cm. Gỗ gối xác định theo điều kiện chịu uốn, ép mặt do phản lực gối tựa gây ra.

### 3. Một số trường hợp liên kết mộng khác

- Mộng tì đầu: liên kết tạo bởi hai thanh gỗ nhấn mặt tì đầu vào nhau. Thường dùng để liên kết hai thanh chịu nén hoặc một thanh chịu nén với một thanh chịu kéo trong dầm.



Liên kết chỉ kiểm tra theo điều kiện ép mặt:

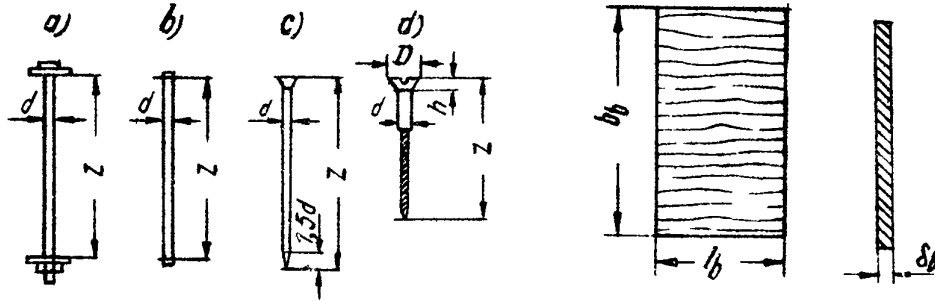
$$N_{em} \leq R_{em(\alpha)} \cdot F_{em}$$

Ngoài ra còn dùng thêm một số bộ phận phụ trợ khác như đinh, đinh đĩa, .

## §4. Liên kết chốt

### 1. Khát quát

Chốt là những thanh tròn hoặc tấm nhỏ xuyên qua các lỗ đục, khoan sẵn của các cấu kiện gỗ. Dùng để nối dài hoặc tăng tiết diện thanh.

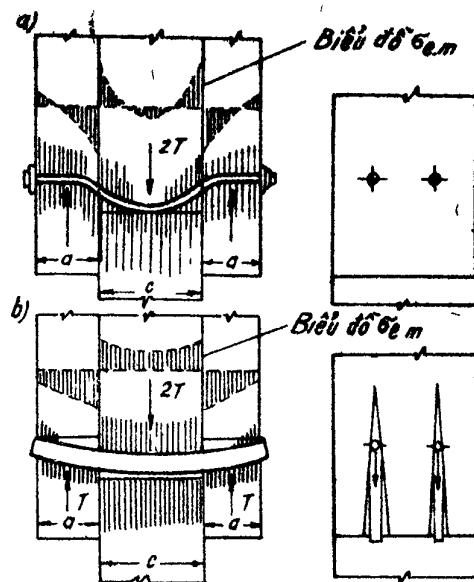


Chốt trụ có thể là thép tròn (bu lông, đinh vít), gỗ tròn có đường kính  $\geq 12$  mm. Đinh cũng là một loại chốt trụ, thường dùng đinh có đường kính bé hơn 6 mm.

Để nghiên cứu trạng thái làm việc của chốt trụ xem chốt như 1 dầm đàn hồi chịu tác dụng của tải trọng về 1 phía hoặc cả 2 phía của chốt. Tải trọng chính là phản lực từ các phân tử gỗ.

Dưới tác dụng của tải trọng chốt bị biến dạng như hình vẽ. Tải trọng tác dụng vào phân tử gỗ gây ép mặt, biểu đồ ứng suất ép mặt có dạng tam giác. Để xét biến dạng của chốt ta vẽ biểu đồ M và Q.

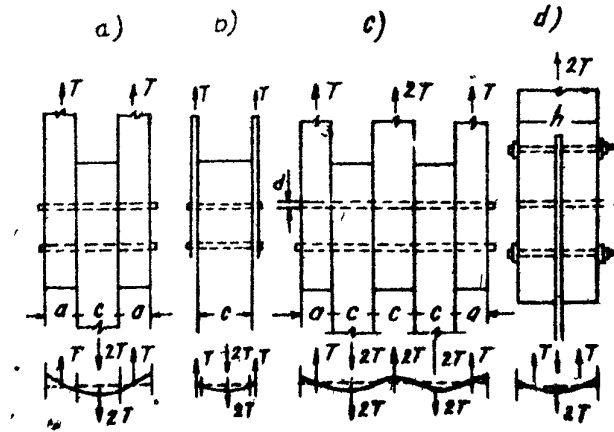
\* Khảo sát sự làm việc của liên kết chốt:



Dưới tác dụng của ngoại lực liên kết chốt bị biến dạng, khi bị biến dạng lực từ chốt tác dụng vào phân tử gỗ, cho nên ở trong liên kết có thể xảy ra sự phá hoại hoặc của chốt bị uốn hoặc phân tử gỗ bị phá hoại do ép mặt.

Điều kiện chịu uốn của gỗ thường biểu thị qua khả năng chống cắt của chốt. Cùng một lúc hiện tượng cắt của chốt xảy ra trên 1 hay nhiều tiết diện của chốt, tùy theo số lượng các phân tử được ghép gọi là các mặt cắt chốt. Hình thức ghép có thể tạo nên liên kết đối xứng hay không đối xứng.

Mặt cắt chốt được xác định tại mặt cắt tiếp xúc giữa hai phân tử liên kết.



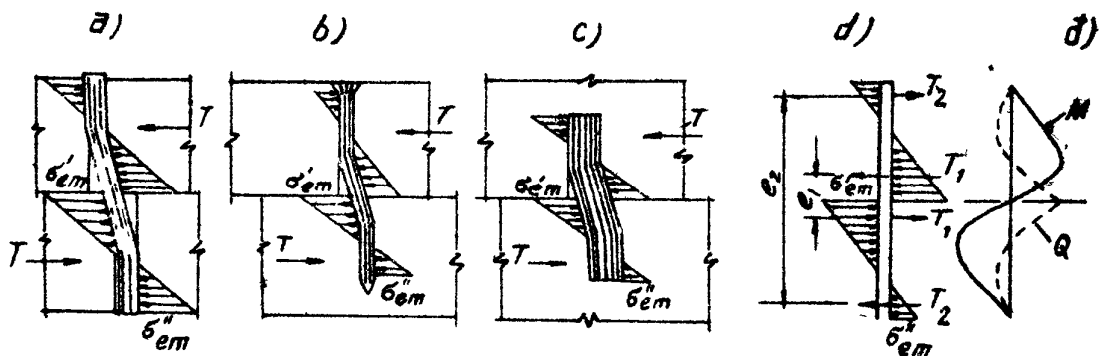
## 2. Tính toán liên kết chốt trụ

### a. Tính chốt trụ

Chốt trụ có thể là thép (bulông, đinh, vít), gỗ, tre, ;  $d \geq 12 \text{ mm}$ .

Như trên vừa phân tích, liên kết chốt có thể bị phá hoại do chốt bị uốn tạo nên khớp dẻo hoặc các phân tử gỗ bị ép mặt. Dựa vào hai khả năng đó của vật liệu ta xác định số lượng mặt cắt cần thiết của liên kết để đủ khả năng chống lại lực trượt. Sau đó, tùy theo số lượng mặt cắt trên một chốt ta tính số chốt cần thiết của liên kết.

Để nghiên cứu trạng thái làm việc của chốt trụ ta xem chốt như một dầm trên nền đàn hồi chịu tác dụng của tải trọng.



Dưới tác dụng của lực cắt T, chốt bị biến dạng như hình vẽ và tác dụng vào phân tố gỗ làm cho phân tố gỗ bị ép mặt, biểu đồ ứng suất có dạng gần đúng là hình tam giác. Để xét biến dạng của chốt ta vẽ biểu đồ M & Q trên cơ sở xem ứng suất ép mặt đó là tải trọng tác dụng lên chốt.

Qua biểu đồ mômen M và lực cắt Q ta thấy rằng tại mặt tiếp xúc giữa hai phân tố (mặt cắt), biểu đồ M = 0 và Q có giá trị lớn nhất. Tuy nhiên, sự phá hoại của chốt thường xảy ra khi hình thành khớp dẻo tại vị trí có M lớn nhất.

Như vậy, ta sẽ tính toán chốt theo hai khả năng: khả năng chịu uốn của chốt và khả năng chịu ép mặt của các phân tố gỗ ở các lỗ chốt.

$$T_{em}^a = k_a ad$$

$$T_{em}^c = k_c cd$$

$$T_u = k_1 d^2 + k_2 a^2 \leq k_3 \cdot d^2$$

$T_{em}^a, T_{em}^c$ : khả năng chịu lực của 1 mặt cắt chốt trụ khi tính theo điều kiện ép mặt ở phân tố biên và phân tố giữa.

$T_u$ : khả năng chịu lực của 1 mặt cắt của chốt trụ khi tính theo điều kiện chịu uốn của chốt.

$k_a, k_c, k_1, k_2, k_3$ : hệ số tính chịu lực của chốt (tra bảng)

a, c: bề dày phân tố biên và phân tố giữa. Nếu hai phân tố có bề dày không bằng nhau thì c là bề dày phân tố lớn, a là bề dày của phân tố nhỏ.

d: đường kính chốt trụ.

Khả năng chịu lực tính toán của chốt trụ

Sơ đồ chịu lực của liên kết	Điều kiện tính toán	Khả năng chịu lực của một mặt cắt chốt		
		Đinh	Chốt thép	Chốt gỗ
Liên kết đối xứng	Ép mặt của phân tố biên $T_{em}^a$	800ad	800ad	500ad
	Ép mặt của phân tố giữa $T_{em}^c$	500cd	500cd	300cd
Liên kết không đối xứng	Ép mặt của phân tố biên $T_{em}^a$	800ad	800ad	500ad
	Ép mặt của phân tố giữa $T_{em}^c$	350cd	350cd	200cd
Liên kết đối xứng và không đối xứng	Uốn thân chốt $T_u$	$2500d^2 + 10a^2 \leq 4000d^2$	$1800d^2 + 20a^2 \leq 2500d^2$	$450d^2 + 20a^2 \leq 650d^2$

Các công thức trên tính cho những liên kết mà lực tác dụng dọc theo thớ gỗ. Nếu lực tác dụng hợp với thớ gỗ 1 góc  $\alpha$  thì các trị số trên nhân với hệ số điều chỉnh  $k_\alpha$  khi tính theo ép mặt và với  $\sqrt{k_\alpha}$  khi tính theo uốn:

$$T_{em}^a = k_\alpha \cdot T_{em}^a; \quad T_{em}^c = k_\alpha \cdot T_{em}^c; \quad T_u = \sqrt{k_\alpha} T_u$$

Góc $\alpha$ (°)	Đối với chốt thép có đường kính (cm)				Đối với chốt gỗ
	1,2	1,6	2,0	2,4	
30	0,95	0,90	0,90	0,90	1,0
60	0,75	0,70	0,65	0,60	0,8
90	0,70	0,60	0,55	0,50	0,7

Với những góc  $\alpha$  không có trong bảng có thể xác định bằng nội suy.

Như vậy, sau khi biết lực  $N$  tác dụng vào liên kết và khả năng chịu lực  $T$  của 1 mặt cắt chốt, ta tính được số mặt cắt  $n_c$  cần thiết theo công thức:

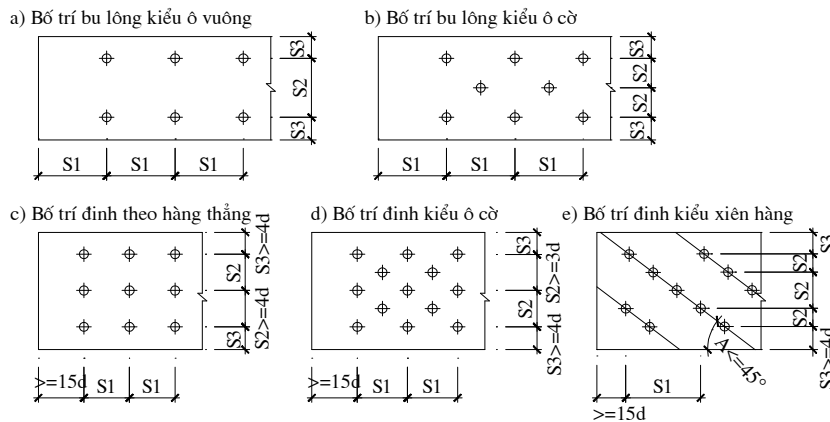
$$n_c = \frac{N}{T_{min}}$$

Tùy theo số lượng mặt cắt tính toán trên 1 chốt ta xác định được số lượng chốt cần thiết:

$$n_{ch} = \frac{N}{nT} = \frac{n_c}{n}$$

### b. Bố trí chốt trụ

Thường bố trí theo kiểu ô vuông, ô cờ hoặc xiên hàng.



Thí dụ: cho 2 thanh gỗ hộp tiết diện 12x18 cm nối dài với nhau bằng 2 bản gỗ ốp 8x18 cm và liên kết với nhau bằng bu lông có đường kính  $d = 18$  m. Kiểm tra khả năng chịu lực của liên kết chịu kéo đó biết gỗ nhóm VI, độ ẩm 18% có  $R_k = 95$  kg/cm<sup>2</sup> và thanh chịu lực kéo  $N = 11$  T.

Giải: đây là liên kết chốt thép đối xứng nên khả năng chịu lực tính theo:

$$T_{em}^a = 80ad = 80.8.1,8 = 1152 \text{ kg}$$

$$T_{em}^c = 50cd = 50.12.1,8 = 1080 \text{ kg}$$

$$T_u = 180d^2 + 2a^2 = 180.1,8^2 + 2.8^2 = 711 \text{ kg} < 250d^2 = 250.1,8^2 = 810 \text{ kg.}$$

Vậy khả năng chịu lực bé nhất là  $T_{min} = \min(T_{em}^a, T_{em}^c, T_u) = \min(1152, 1080, 711) = 711 \text{ kg.}$

$$\text{Số lượng chốt cần thiết là: } n_{ch} = \frac{N}{n.T_{min}} = \frac{11000}{2.711} = 8 \text{ chốt}$$

Số chốt cần cho mỗi nối là 16 chốt.

Kiểm tra giảm yếu của thanh chịu kéo do lỗ chốt gây ra:

$$A_{th} = 12(18-2.1,8) = 172,8 \text{ cm}^2.$$

$$\sigma = \frac{N}{A_{th}} = \frac{11000}{172,8} = 63,6 < m.R_k = 1.95 = 95 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{thoả mãn.}$$

Bố trí các khoảng cách tuân thủ theo bảng sao cho đảm bảo chống tách, chống trượt dọc thớ và ép mặt các lỗ chốt cũng như chịu kéo đứt do tiết diện giảm yếu.

Loại chốt	Khoảng cách S <sub>1</sub>		Khoảng cách S <sub>2</sub>		Khoảng cách S <sub>3</sub>	
	b ≤ 10d	b > 10d	B ≤ 10d	b > 10d	b ≤ 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 ≥ 10d	c = 4d	Bố trí thẳng hàng	Bố trí theo ô cờ	4d	
	15d	25d	4d	3d		

Trong bảng trên, b: bề rộng các phân tử ghép

c: chiều dày phân tử giữa

d: đường kính chốt

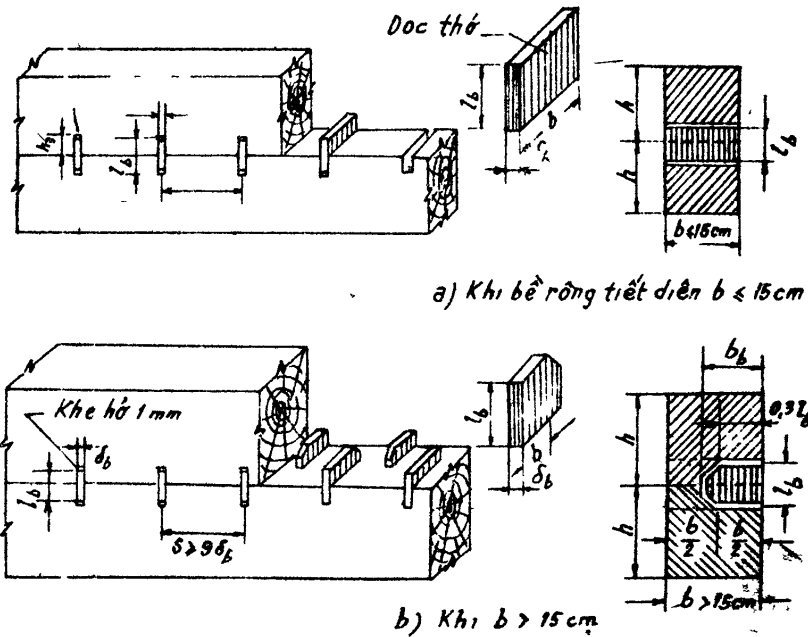
### 3. Tính toán và cấu tạo chốt bản

Chốt bản thường làm bằng gỗ tốt, dẻo, đã được xử lý kỹ. Hình dạng và cấu tạo chốt bản như hình vẽ sau đây.

Chốt bản có tác dụng làm tăng tiết diện theo chiều cao nên thường được



dùng ở cấu kiện chịu uốn (dầm) hoặc cấu kiện chịu nén uốn (thanh cánh trên dàn). Chốt bản có khả năng chống trượt giữa các phân tố gỗ nên phải kiểm tra khả năng chịu lực của chốt bản theo 2 điều kiện:



+ Theo điều kiện ép mặt:

$$T_b = 14b_b l_b$$

+ Theo điều kiện chịu uốn:

$$T_b = 63b_b \delta_b$$

Để 2 điều kiện trên xấp xỉ nhau, thường thường  $l_b = 4,5\delta_b$

- Cấu tạo chốt bản:

+ Chiều sâu rãnh:  $h = \frac{1}{2} l_b + 0,1 \text{ cm}$

+ Khoảng cách 2 chốt:  $s \geq 2l_b = 9\delta_b$ .

#### 4. Liên kết chịu kéo

Liên kết chịu kéo thường là đinh, vít chịu lực nhỏ, đinh đĩa, đai, bản thép, bulông xiết,

- **Đinh, vít:** Đinh, vít bố trí trong liên kết ngoài việc chống trượt như các chốt còn phải chịu lực nhỏ.

Khả năng chịu lực nhỏ do ma sát giữa đinh và gỗ:

$$T_{nh} = R_{nh} \pi d l_1$$

$R_{nh}$ : cường độ tính toán của đinh khi chịu nhỏ

Khi gỗ sấy khô tự nhiên  $R_{nh} = 3 \text{ kG/cm}^2$

Với gỗ tươi  $R_{nh} = 1 \text{ kG/cm}^2$

$d$ : đường kính đinh. Không nên dùng đinh có  $d$  lớn hơn 0,6 cm. Nếu phải dùng đinh lớn thì khi tính toán cũng chỉ lấy  $d = 0,5$  cm.

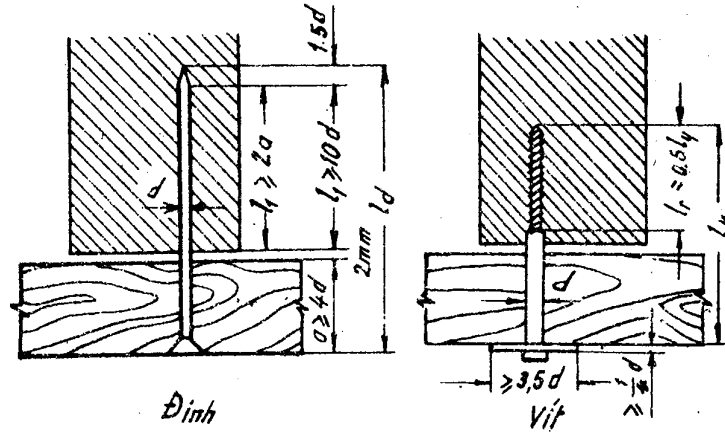
$l_1$ : chiều dài tính toán của phần đinh bị ngàm

$$l_1 \geq 10d$$

$$l_1 \geq 2a \quad (a: \text{bề dày ván, } a \geq 4d)$$

$$l_1 = l_d - (a + 2 \text{ mm})$$

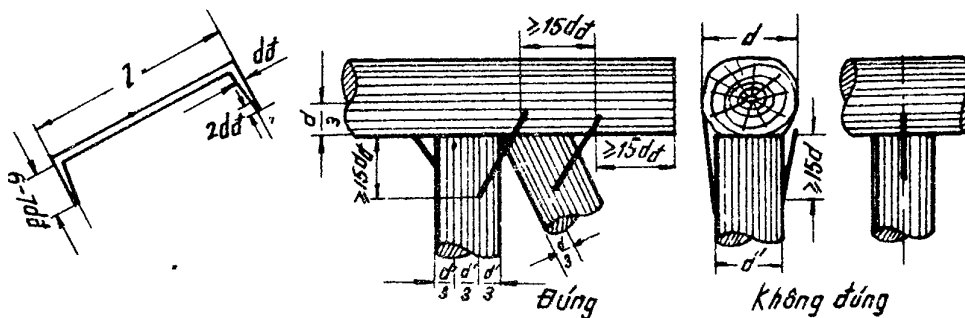
Đinh chịu lực nhỏ cũng bố trí như đinh chịu lực trượt.



Với vít cũng dùng công thức trên nhưng  $R_{nh} = 10 \text{ kg/cm}^2$ . Trong đó,  $d$  là đường kính phần không ren,  $l_1$  là độ dài phần có ren.

Vít nên vặn vào những lỗ đã khoan sẵn có đường kính bé hơn đường kính vít khoảng 1 - 2 mm.

- **Đinh đĩa**: thường đặt theo cấu tạo ở chỗ có liên kết mộng,  $d = 12 \div 18$  mm, chỉ dùng với gỗ hộp hoặc gỗ tròn, không nên dùng với ván.



- **Bulông và thanh căng**: thường dùng trong các thanh căng cửa dàn, dùng trong các liên kết chêm, làm neo, .

Kiểm tra bulông, thanh căng theo công thức:

$$\frac{N}{0,8F_{th}} \leq R_k$$

$R_k$ : cường độ chịu kéo tính toán của thép.

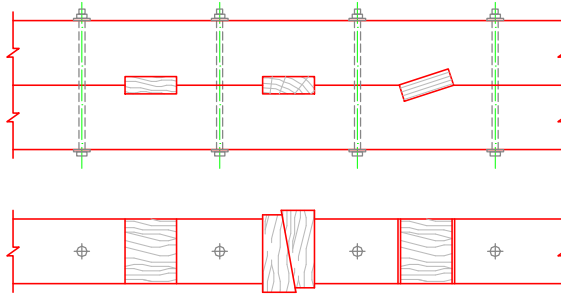
Để tránh hiện tượng ép mặt ở gối cần bố trí rôngđên với cạnh  $a \geq \sqrt{\frac{N}{R_{em}^{90^\circ}}}$ ,

trong đó  $R_{em}^{90^\circ}$  là cường độ tính toán khi gối chịu ép mặt dưới rôngđên (tra bảng). Bề dày rôngđên lấy theo bảng tra.

## §5. Liên kết chêm

Chêm là miếng đệm nhỏ đặt vào khe giữa các thanh gỗ để không cho chúng trượt tương đối với nhau.

Chêm có thể bằng thép hoặc bằng gỗ. Có 3 loại: chêm ngang, chêm dọc và chêm nghiêng.

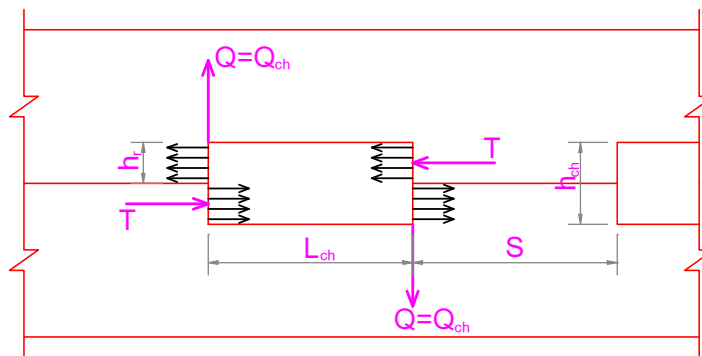
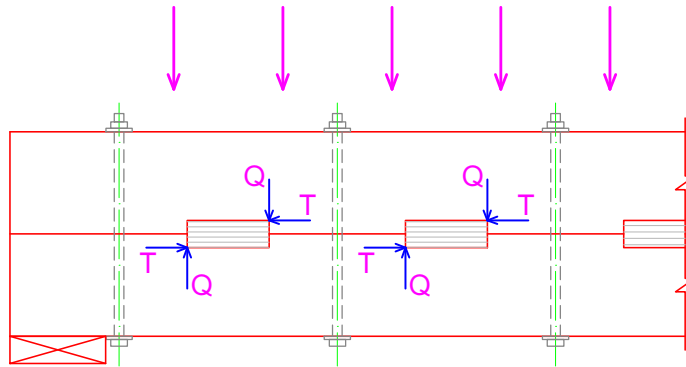


- Chêm dọc: thứ chêm nằm dọc theo thanh gỗ. Chêm dọc chịu lực khoẻ do trượt dọc thớ nhưng khó đảm bảo tì sát vào cả 2 thanh nên dễ bị phá hoại do ứng suất cục bộ.

- Chêm ngang: thứ chêm vuông góc với trục thanh gỗ. Chêm được cấu tạo từ 2 miếng có cạnh vát chéo đóng từ 2 phía nên có thể ép chặt vào gỗ. Đầu chêm thò ra ngoài 2÷3 cm để sau này đóng chặt thêm. Khả năng chịu lực của chêm ngang giảm đi nhiều so với chêm dọc có cùng kích thước.

- Chêm nghiêng: khi thứ chêm tạo với thớ cấu kiện một góc nhỏ nào đó. Chêm có khả năng chống trượt tốt hơn và làm việc theo 1 phương do chỉ có 1 đầu ép vào thanh gỗ.

## 1. Khảo sát sự làm việc của chêm



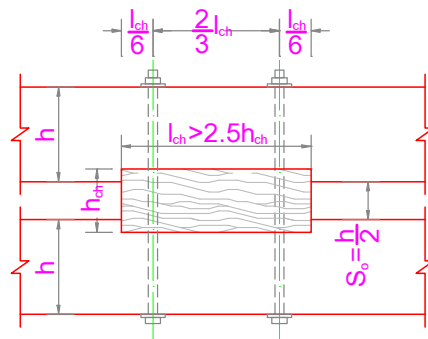
Dưới tác dụng của mômen  $T.h_r$  làm chêm bị xoay và sinh ra phản lực  $Q$ .  $Q$  được xác định bằng phương trình cân bằng mômen:

$$Q \cdot l_{ch} = T \cdot h_r$$

$$\Rightarrow Q = \frac{T h_r}{l_{ch}}$$

Để tránh tách hai phân tố do lực  $Q$  gây ra, người ta cấu tạo thêm các bulông chịu kéo, đường kính bulông  $d \geq 12$  mm.

Muốn tăng độ cứng cấu kiện người ta bố trí chêm cách, khi đó, mỗi chêm cần đặt 2 bulông.



## 2. Tính toán chêm

Qua khảo sát thấy rằng chêm bị trượt và chịu ép mặt, phân tố gỗ chịu trượt.

- Điều kiện chịu ép mặt đầu chêm:

$$T_{em} = R_{em}^{(\alpha)} \cdot F_{em}$$

- Điều kiện chịu trượt của chêm:

$$T_{tr}^{ch} = R_{tr(\alpha)}^{tb} \cdot F_{tr}^{ch}$$

- Điều kiện chịu trượt của phần cấu kiện nằm giữa 2 chêm:

$$T_{tr}^{ck} = R_{tr}^{tb} \cdot F_{tr}^{ck}$$

- Số lượng chêm cần bố trí:

$$n_{ch} = \frac{N}{T_{min}}$$

### 3. Cấu tạo chêm

- Chiều dài chêm:

$$l_{ch} \geq 5h_r$$

- Khoảng cách giữa các chêm:

$$S \geq l_{ch}$$

- Độ sâu rãnh chêm:

+ Gỗ hộp:  $h_r \leq 1/5h$  và  $h_r \geq 2 \text{ cm}$

+ Gỗ tròn:  $h_r \leq 1/4h$  và  $h_r \geq 3 \text{ cm}$

## §6. Liên kết dán

### 1. Khái niệm chung

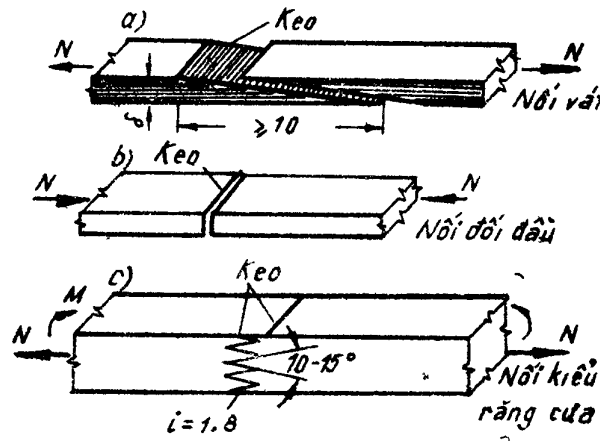
Liên kết keo dán là liên kết cứng, không có tiết diện giảm yếu. Khi tính toán coi như tiết diện nguyên. Gỗ dán dùng trong xây dựng có hai loại chính:

- + Gỗ dán mỏng:  $\delta = 1 \text{ mm/lớp}$
- + Gỗ dán dày:  $\delta = 3 \div 4 \text{ cm/lớp}$

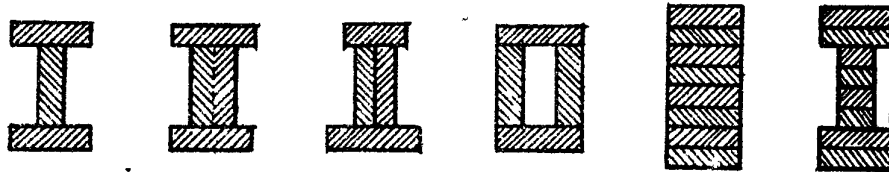
Quá trình dán keo có thể dán nóng hoặc dán nguội tùy theo điều kiện thiết bị, tính chất của keo, .

Độ ẩm trung bình của gỗ dùng để dán nên từ 18 - 20%.

Mối nối sử dụng liên kết dán có thể nối đối đầu, nối vát hoặc nối kiểu răng cưa. Nối đối đầu thường đặt ở miền chịu nén, nối vát có thể đặt ở miền chịu kéo, nối kiểu răng cưa có thể chịu được nén - uốn hoặc kéo - uốn.



Hình dạng của các tiết diện có dùng liên kết dán cũng rất phong phú. Tùy theo chức năng của cấu kiện, có thể có dạng chữ I, chữ nhật, hình hộp, .

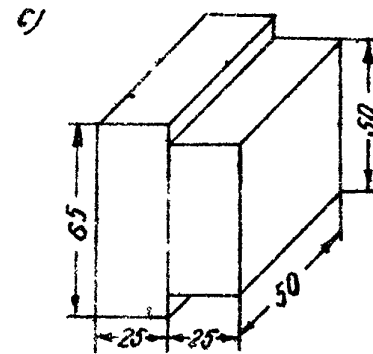
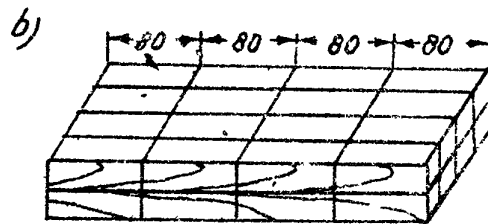
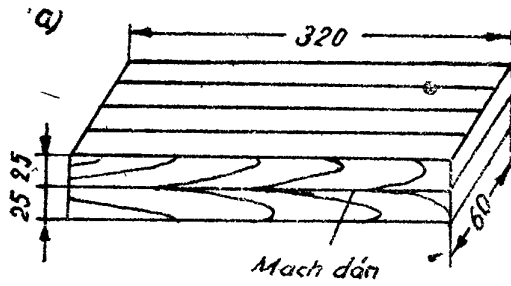


### 2. Các loại keo thường dùng

- + Keo phenol phoocmandêhít: chịu ẩm, chịu nhiệt tốt, cường độ chống trượt tương đối cao.
- + Keo urê phoocmandêhít: chịu ẩm và nhiệt kém hơn.
- + Keo cadêin xi măng: chế tạo từ bột cadêin và xi măng poolăng 400, chịu nước kém.

Một số điểm lưu ý:

- + Thời gian sống của keo nên từ 4 - 6 giờ.
- + Độ nhớt của keo phải thích hợp để thuận tiện cho việc quét keo và dán ép.
- + Tùy theo yêu cầu sử dụng và làm việc của cấu kiện mà xác định cường độ chống trượt thuần túy hoặc trượt khi uốn.





## CHƯƠNG IV

# DÀN GỖ VÀ DÀN THÉP GỖ

### §1. Đại cương về kết cấu dàn

#### 1. Các loại dàn gỗ và phạm vi ứng dụng

Dàn là một kết cấu gỗ rất thông dụng, dùng để vượt qua khẩu độ và chịu tải trọng đặt lên nó. Với các khẩu độ vừa và nhỏ, có thể dùng các loại dầm gỗ tiết diện nguyên hoặc tổ hợp. Nhưng khi khẩu độ hoặc tải trọng lớn, dùng dầm gỗ không còn thích hợp nữa, ta phải sử dụng đến kết cấu dàn.

Về mặt sơ đồ tính toán, dàn là một hệ thanh liên kết khớp với nhau ở các mắt. Các thanh dàn chủ yếu chịu lực dọc trục (kéo hoặc nén đúng tâm), ít bị uốn và cắt nên có thể tận dụng được tiết diện thanh. Do đó, dàn chịu lực khoẻ hơn và có trọng lượng nhỏ hơn so với kết cấu đặc như dầm.

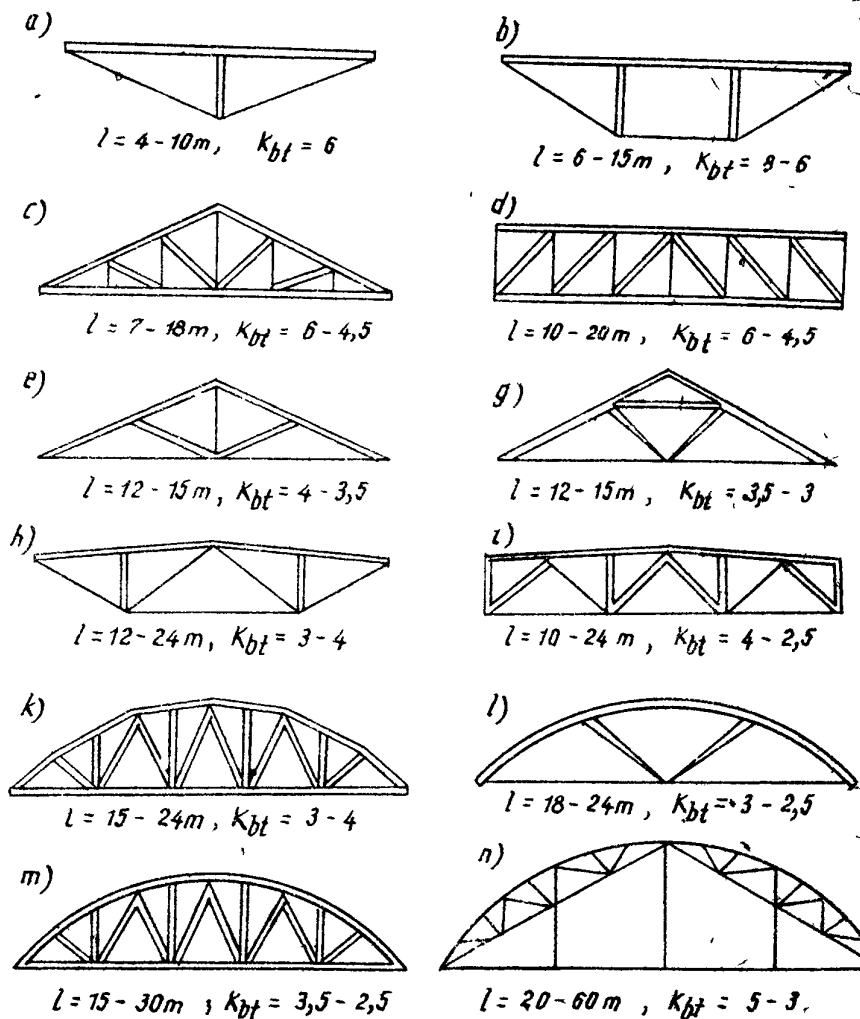
Dàn gỗ thường dùng làm mái nhà dân dụng, công cộng, công nghiệp, dầm cầu, tháp trụ, ván khuôn, dàn giáo, .

Một số cách phân loại dàn:

+ Theo hình dạng dàn: dàn tam giác, dàn hình chữ nhật (hai cánh song song), hình thang hai mái dốc và một mái dốc, hình đa giác, hình cánh cung, .

+ Theo vật liệu dùng làm dàn: có thể toàn bộ bằng gỗ thanh hoặc thép gỗ hỗn hợp, dàn gỗ dán.

+ Theo hình thức liên kết chủ yếu của dàn: dàn mộng, dàn đinh, dàn chêm, dàn chốt, .



Kết cấu dàn đơn giản nhất là kiểu dầm chống dưới có dây căng bằng thép tròn, dùng cho nhịp nhỏ  $4 \div 9$  m. Nếu thanh cánh là tiết diện tổ hợp thì nhịp có thể lên tới 12 m.

Dàn mông là loại dàn phổ biến nhất, nhịp thường là  $7 \div 15$  m, trong đó các thanh nén liên kết với nhau bằng liên kết mông.

Dàn thép gỗ hỗn hợp cũng rất phổ biến với nhiều hình thức khác nhau: dàn tam giác, dàn hình cá, hình thang, , các thanh dàn có thể làm bằng gỗ dán, thanh cánh có thể là tiết diện nguyên hoặc tổ hợp.

Dàn đa giác có thể bằng gỗ hoặc thép gỗ hỗn hợp, các thanh bụng có nội lực nhỏ nên có thể liên kết bằng chốt.

Dàn hình cung có cánh trên cong làm bằng gỗ dán hoặc do nhiều thanh gỗ nhỏ uốn cong đóng đỉnh lại với nhau.

Dàn hình cung và dàn đa giác dùng cho nhịp  $15 \div 30$  m. Khi cần có nhịp lớn, có thể dùng hai dàn cánh cung ghép lại với nhau thành vòm 3 khớp, có thể vượt được nhịp tới 60 m.

## 2. Các loại dàn và sơ đồ dàn

Việc lựa chọn hình thức dàn và sơ đồ dàn phải dựa trên tính toán về mặt kinh tế, về yêu cầu kiến trúc, yêu cầu sử dụng và chế tạo.

- Về yêu cầu sử dụng: cần xét tới yêu cầu về thông hơi, chiếu sáng, không gian sử dụng .

- Về yêu cầu kiến trúc: yêu cầu về hình dạng mái: một mái, hai mái, hình cong,

- Yêu cầu về vật liệu: quyết định về hình dạng và độ dốc của dàn

+ Vật liệu ngói, fibrô xi măng dùng dàn tam giác.

+ Vật liệu tôn, giấy dầu: dàn hình cung, đa giác, độ dốc nhỏ.

- Nhịp dàn cũng ảnh hưởng đến việc lựa chọn dàn:

+ Dàn tam giác dùng hợp lý cho nhịp  $L \leq 18$ m.

+ Dàn hình thang, phù hợp với nhịp  $L = 15 \div 24$  m.

+ Dàn hình cung, đa giác, vòm cong dùng cho nhịp  $L > 15$  m.

- Về điều kiện chế tạo: nếu dàn được chế tạo ở trong xưởng, nên dùng dàn có thanh là gỗ dán hoặc thanh cánh là dầm tổ hợp; nếu chế tạo tại hiện trường thì dùng dàn mỏng hoặc đóng đỉnh.

Ngoài ra, một số nhân tố khác cũng ảnh hưởng đến việc lựa chọn dàn là đặc điểm chất tải, điều kiện độ ẩm, nhiệt độ, tác dụng hoá học. Các nhân tố này cũng phải xét đến khi thiết kế.

## 3. Kích thước chính của dàn

- Khoảng cách giữa các dàn (bước dàn):  $a = 3 \div 4$  m.

- Chiều cao dàn (khoảng cách giữa hai trục cánh ở chính giữa dàn) xác định theo điều kiện độ cứng, điều kiện trọng lượng nhỏ và tùy thuộc vật liệu lợp:

$$+ \text{Dàn tam giác } H = \left(\frac{1}{3} \div \frac{1}{5}\right)L$$

$$\text{Lợp ngói } H = \left(\frac{1}{3} \div \frac{1}{4}\right)L$$

$$\text{Lợp fibrô xi măng } H = \frac{1}{5}L$$

$$+ \text{Dàn hình thang, hình cung, đa giác, } H = \frac{1}{6}L$$

- Chiều dài khoảng mắt và số khoảng mắt phụ thuộc nhịp dàn và sơ đồ dàn. Thông thường khoảng mắt cánh trên là  $1,5 \div 2,5$  m, nếu cấu tạo bằng tiết diện tổ hợp thì có thể  $3 \div 6$  m. Góc giữa thanh xiên và thanh cánh  $30 \div 60^\circ$ .

## §2. Đặc điểm tính toán và cấu tạo của kết cấu dàn

### 1. Tải trong tính toán

- Tĩnh tải và hoạt tải lấy theo quy định:

+ Ngói	60 kG/m <sup>2</sup>
+ Fibrô xi măng	25 - 30 kG/m <sup>2</sup>
+ Tôn	15 ÷ 20 kG/m <sup>2</sup>
+ Trần treo	50 kG/m <sup>2</sup>
+ Hoạt tải	30 kG/m <sup>2</sup>

- Trọng lượng bản thân của dàn:

Trọng lượng bản thân kết cấu dàn được xác định dựa trên cơ sở kinh nghiệm thiết kế có sẵn và được tổng kết thành các hệ số trọng lượng bản thân  $k_{bt}$ .

Hệ số  $k_{bt}$  biểu thị số lượng đơn vị vật liệu gỗ dùng cho kết cấu tính với 1 đơn vị tải trọng trên 1 đơn vị diện tích hoặc 1 đơn vị chiều dài nhịp phủ của kết cấu.

$$k_{bt} = \frac{1000g_{bt}}{l(p + g + g_{bt})}$$

$g_{bt}$ : trọng lượng bản thân của kết cấu (kG/m<sup>2</sup>, kG/m).

$p, g$ : hoạt tải và tĩnh tải tác dụng lên kết cấu (kG/m<sup>2</sup>, kG/m).

$l$ : nhịp kết cấu (m).

Hệ số  $k_{bt}$  được cho tương ứng với từng loại kết cấu. Dùng  $k_{bt}$  để xác định sơ bộ  $g_{bt}$ :

$$g_{bt} = \frac{p + g}{\frac{1000}{k_{bt}l} - 1}$$

Khi thiết kế xong, tính lại  $g_{bt}$  nếu sai khác quá nhiều (>5%) thì phải tính lại.

Để đơn giản, trọng lượng bản thân dàn coi như đặt cùng chỗ với tải trọng ngoài. Nếu không có trần treo thì  $g_{bt}$  đặt toàn bộ vào cánh trên. Nếu có trần treo thì đặt một nửa vào cánh trên và một nửa vào cánh dưới.

Tải trọng đặt lên dàn thông qua các hệ thống xà gỗ, dầm trần truyền vào đúng mắt dàn. Trong trường hợp đặt ngoài mắt dàn phải tính đến mômen uốn cục bộ cho thanh cánh.

### 2. Ảnh hưởng của hình dạng dàn đến nội lực trong các thanh

Về nguyên tắc, dàn làm việc giống như một dầm tổ hợp có chiều cao tương đương. Khi chịu tải trọng phân bố đều, tùy theo hình dạng dàn khác nhau mà nội lực trong các thanh thay đổi:

Trong dàn tam giác và dàn chữ nhật đều có nội lực trong hai thanh cánh lân cận rất khác nhau và nội lực trong các thanh bụng lớn nhưng sự phân phối lại ngược nhau.

+ Với dàn tam giác, nội lực trong thanh cánh phía đầu lớn, càng vào trong càng nhỏ; thanh bụng thì nội lực giảm dần từ gối vào bụng.

+ Dàn chữ nhật: thanh cánh nội lực càng vào trong càng lớn, thanh bụng ngược lại.

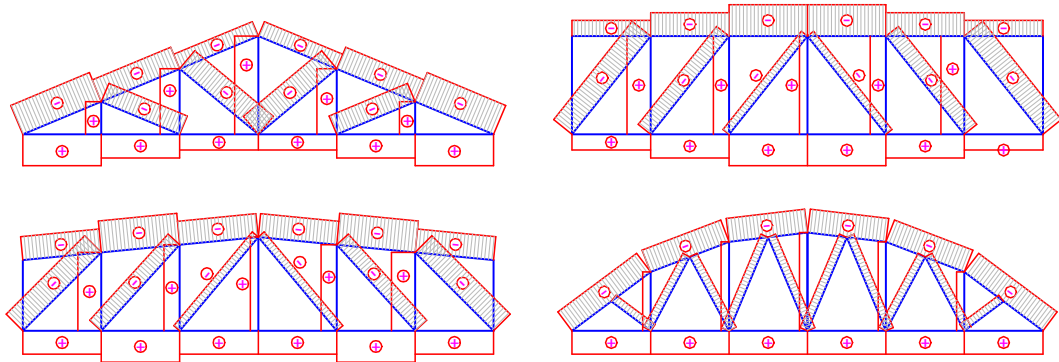
+ Dàn hình thang hai mái dốc: thanh cánh có nội lực lớn nhất là ở khoảng giữa gối và đỉnh, thanh bụng nội lực giảm dần từ gối vào bụng, đồng thời nội lực trong các thanh bụng cũng như hiệu số của nội lực của hai thanh cánh lân cận đều nhỏ hơn so với dàn tam giác và chữ nhật.

+ Dàn hình cung, đa giác: nội lực trong các thanh cánh xấp xỉ như nhau và trong các thanh bụng rất nhỏ.

Dấu của nội lực cũng phụ thuộc hình dạng dàn:

+ Dàn chữ nhật và hình thang: các thanh xiên đi lên chịu nén, thanh đứng chịu kéo.

+ Dàn tam giác: các thanh xiên đi xuống chịu nén, thanh đứng chịu kéo.



Khi tính toán đặt tải nửa nhịp, nội lực các thanh thay đổi cả trị số và dấu. Vì vậy, khi tính toán phải xét tất cả các trường hợp này. Riêng dàn tam giác nội lực lớn nhất khi tải trọng đặt toàn bộ.

### 3. Nội lực trong các thanh dàn

Dàn được coi như một hệ thanh liên kết khớp với nhau tại mắt và chịu tải trọng đặt đúng mắt. Nếu tải trọng không đặt đúng mắt ta vẫn phân tải trọng đó sang hai bên theo nguyên tắc cánh tay đòn và tìm lực dọc trục trong các thanh bằng các phương pháp của cơ học kết cấu (đồ giải Crêmona, giải tích, ...), sau đó sẽ xác định mômen uốn đối với thanh cánh do tải trọng không đúng mắt gây ra.

- Với thanh cánh trên, lực nén trong thanh có ảnh hưởng lớn đến sự tăng trị số mômen, nên để thiên về an toàn ta coi các mắt là khớp và xác định mômen uốn như đối với một dầm đơn giản là khoảng mắt.

- Với thanh cánh dưới, vì tiết diện thường hay có giảm yếu ở chỗ các mắt, phải xét đến mômen xuất hiện ở các mắt, rất nguy hiểm. Vì vậy, để tính mômen uốn do tải trọng đặt ngoài mặt cánh dưới, phải coi cánh dưới làm việc như một dầm liên tục, gối tựa là các mắt, chỗ nối cánh dưới là khớp. Nên tránh việc đặt tải vào giữa khoang mắt cánh dưới gây thêm ứng suất bất lợi.

Khi chọn tiết diện cho các thanh nén và nén uốn, phải chú ý để chiều dài tính toán của chúng trong và ngoài mặt phẳng dàn:

- Thanh bụng: trong và ngoài mặt phẳng dàn đều lấy bằng chiều dài hình học tức là khoảng cách giữa các tâm mắt.

- Thanh cánh:

+ Trong mặt phẳng dàn lấy bằng chiều dài hình học của thanh.

+ Ngoài mặt phẳng dàn lấy bằng khoảng cách giữa các điểm cố kết của xà gồ vào cánh dàn, những điểm này coi như không chuyển vị được ra ngoài mặt phẳng dàn. Nếu dùng các thanh giằng mảnh để cố kết thì chiều dài tính toán ngoài mặt phẳng của thanh lấy bằng khoảng cách giữa các điểm cố kết này tăng thêm 25% do các thanh giằng mảnh nên các mắt có thể chuyển vị được.

Độ mảnh giới hạn của các thanh dàn được quy định:

+ Thanh cánh nén, thanh đứng truyền phản lực tựa,

thanh xiên truyền phản lực tựa  $[\lambda] = 120$

+ Các thanh bụng khác:  $[\lambda] = 150$

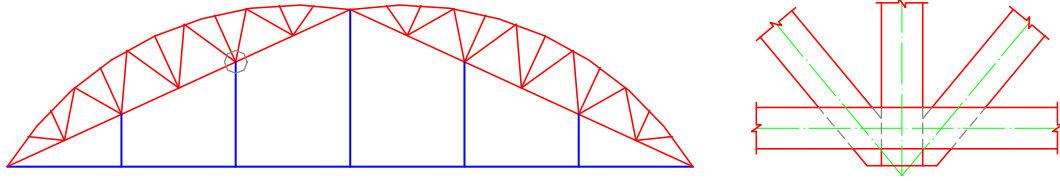
+ Thanh giằng  $[\lambda] = 200$

#### 4. Sự hội tụ các trục thanh dàn

Trục của các thanh dàn tụ vào một mắt phải đồng quy ở một điểm (tâm mắt).

Trục đồng quy của thanh cánh là trục đi qua trọng tâm tiết diện giảm yếu ở mắt chứ không phải là trục hình học, như vậy ứng suất tại tiết diện giảm yếu sẽ được phân bố đều.

Trong một số trường hợp, được phép liên kết lệch tâm các thanh bụng vào thanh cánh: khi nội lực các thanh bụng nhỏ hoặc ở mắt đỉnh của dàn có thanh xiên đi lên vì rất khó cấu tạo cho hội tụ đúng tâm mà nội lực trong các thanh xiên này cũng không lớn. Trong trường hợp này phải kể đến mômen lệch tâm sinh ra tại mắt và hoàn toàn chỉ do thanh cánh chịu. Thanh cánh khi đó sẽ tính chịu nén uốn hoặc kéo uốn.

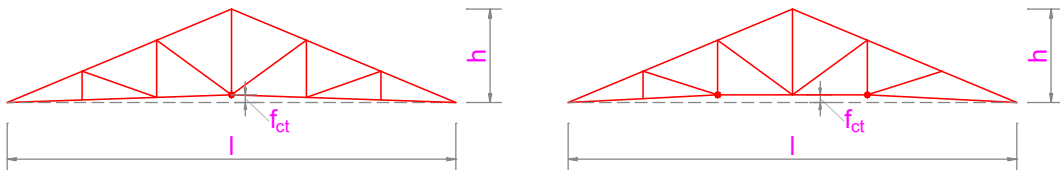


## 5. Biến dạng của dàn và độ võng cấu tạo

Độ võng của dàn là do biến dạng đàn hồi của các thanh và liên kết khi chịu tải trọng. Ngoài ra còn do các biến dạng ban đầu của liên kết chế tạo không chặt, do gối co ngót, do biến dạng dẻo trong thanh và các liên kết. Các biến dạng không đàn hồi này gây ra độ võng không đàn hồi (không khôi phục được) của toàn dàn. Các biến dạng không đàn hồi này cùng với biến dạng đàn hồi đôi khi có thể vượt quá biến dạng cho phép, làm cho các thanh cánh chịu thêm ứng suất lớn rất nguy hiểm, nhất là với các thanh cánh chịu kéo. Vì vậy, để đề phòng sự võng này, người ta phải làm trước độ võng cấu tạo.

Độ võng cấu tạo  $f_{ct}$  không nhỏ hơn  $1/200$  nhịp và được thực hiện bằng cách làm gãy khúc thanh cánh dưới ở giữa nhịp hoặc ở  $1/3$  nhịp tại chỗ nối thanh cánh.

Khi tính toán không cần xét đến sự biến đổi hình học của dàn do độ võng cấu tạo gây ra vì giả thiết rằng khi chịu tải, dàn sẽ trở lại hình dạng thiết kế.





### §3. Dàn mông

#### 1. Đặc điểm của dàn mông

Dàn mông là dàn mà các thanh nén liên kết với nhau hoặc vào thanh kéo bằng mông rãnh. Các thanh dàn làm bằng cây gỗ hộp hoặc tròn, riêng các thanh đứng chịu kéo có thể dùng thép tròn.

**Ưu điểm:** chế tạo đơn giản, sản xuất ngay tại hiện trường, không cần thiết bị máy móc.

**Nhược điểm:** khó chế tạo bằng cơ giới, không sản xuất hàng loạt được, dùng nhiều lao động thủ công và cần thợ lành nghề. Khi nhịp tới 12 - 15 m, dàn cấu tạo phức tạp, nặng nề, do vậy rất ít dùng ở nhịp lớn hơn hoặc bằng 18m.

Dàn mông thường là dàn tam giác, dàn hình thang mái dốc nhỏ hoặc dàn có cánh song song một mái dốc.

Liên kết mông chỉ truyền được lực nén nên các thanh xiên phải hướng sao cho trong thanh có nội lực nén. Như vậy, ở dàn tam giác, thanh xiên phải hướng xuống, ở dàn hình thang hay chữ nhật, thanh xiên phải hướng lên. Tuy nhiên, khi chịu tải nửa nhịp, ở khoảng giữa dàn hình thang và chữ nhật, thanh xiên hướng lên có thể chịu kéo, vì vậy phải cấu tạo thêm thanh xiên hướng xuống ở khoảng này.

Dàn mông được sử dụng tương đối phổ biến trong các mái nhà dân dụng và công nghiệp với các vật liệu lợp như ngói, fibrô ximăng, tôn, có trần hay không có trần.

#### 2. Cấu tạo và tính toán các thanh dàn

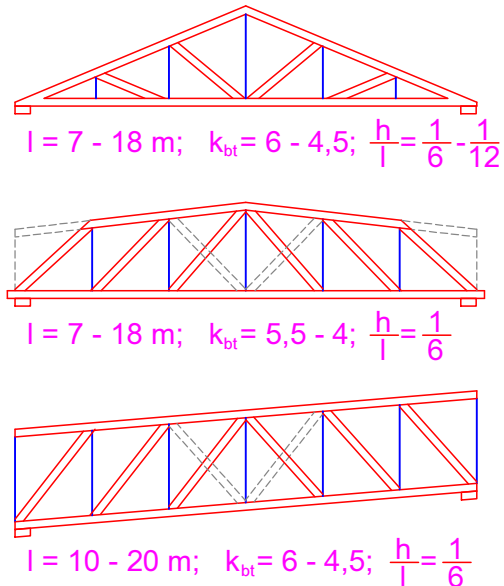
##### a. Cánh trên

##### - Cấu tạo:

Cánh trên làm bằng gỗ hộp, đôi khi bằng gỗ tròn, kích thước tiết diện không nhỏ hơn 10 cm.

Nếu nhịp dàn nhỏ (dưới 8 m), thanh cánh trên có thể là một thanh xiên liên tục từ gối tới đỉnh. Với nhịp dàn lớn thì phải nối nhưng vẫn giữ nguyên tiết diện. Cấu tạo mỗi nối có thể dùng kiểu tì đầu đơn giản, hai bên có bản ghép và

bulông cấu tạo. Vị trí nối nên ở gần mắt, trong phạm vi  $\frac{1}{4} \div \frac{1}{5}$  khoảng mắt.

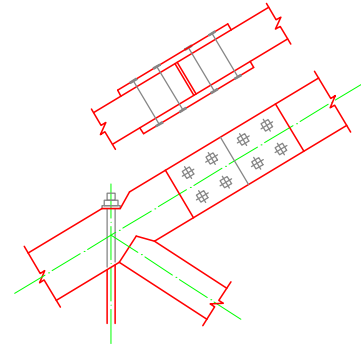


**- Tính toán:**

Tiết diện thanh cánh trên tính về ổn định theo công thức của thanh chịu nén đúng tâm, chiều dài tính toán như đã nói ở bài trước.

Nếu có tải trọng đặt ngoài mặt, gây uốn cục bộ thì phải tính theo công thức của thanh chịu nén uốn.

Ngoài ra còn phải thử lại cường độ ở tiết diện giảm yếu nhất của thanh, tiết diện tại mắt bị giảm yếu do rãnh mộng và bulông xiết.

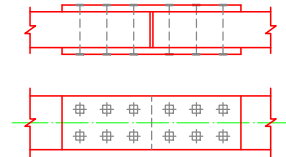


**b. Cánh dưới**

**- Cấu tạo:**

Thanh cánh dưới thường cùng tiết diện với cánh trên nhưng phải chọn loại gỗ tốt hơn.

Thanh cánh dưới thường phải nối, mỗi nối này thường dùng liên kết chốt và bản ghép.



**- Tính toán:**

Thanh cánh dưới được tính theo công thức của thanh chịu kéo đúng tâm.

Các tiết diện cần kiểm tra là:

+ Tiết diện ở mắt đầu dàn bị giảm yếu bởi rãnh mộng, bulông an toàn, gỗ tấp

+ Tiết diện ở chỗ nối.

Khi có mômen uốn do tải trọng đặt ngoài mặt hoặc do các thanh bụng hội tụ lệch tâm thì tính theo công thức của thanh chịu kéo uốn.

**c. Thanh xiên**

Thanh xiên nên có tiết diện hình vuông, cũng có thể là hình chữ nhật có bề dày bằng bề dày thanh cánh còn cạnh kia theo tính toán.

Thanh xiên chịu nén đúng tâm, tiết diện được kiểm tra theo ổn định trong và ngoài mặt phẳng dàn, chiều dài tính toán bằng khoảng cách giữa các tâm mắt.

**d. Thanh đứng**

Thanh đứng thường làm bằng thép tròn, cũng có thể làm bằng gỗ hộp nhưng rất khó liên kết vào thanh cánh và sự phá hoại hay xảy ra ở chỗ liên kết này. Ngoài ra, trong quá trình sử dụng, dàn võng xuống nhiều thì không thể căng dàn thẳng lên.

Thanh đứng bằng thép tròn cấu tạo như thanh căng có ren hai đầu. Tiết diện thanh được chọn theo công thức:

$$F \geq \frac{N}{0,8R_k}$$

### 3. Mắt dàn

#### a. Sự hội tụ của các trục thanh dàn

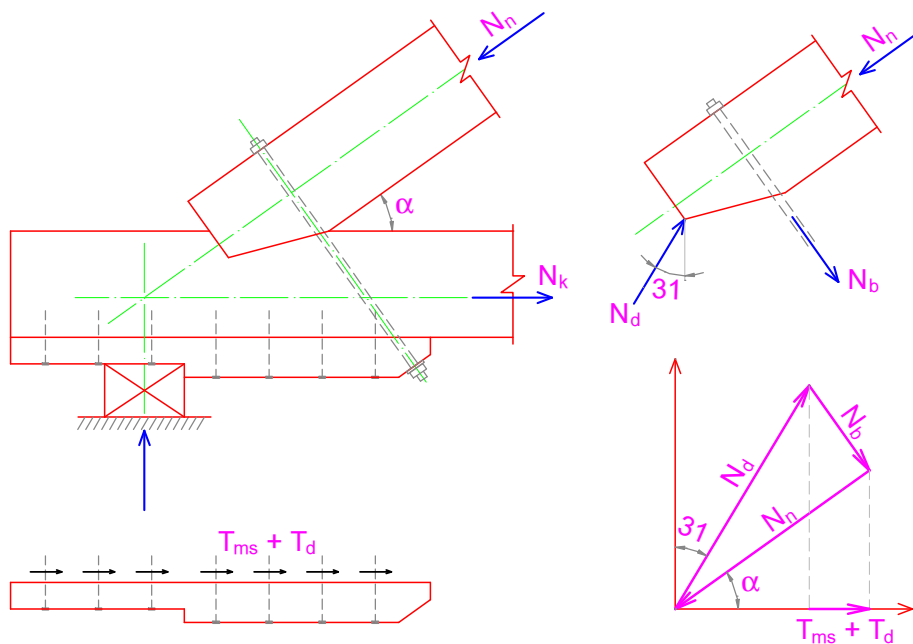
Trục của các thanh (trục của nội lực) phải hội tụ nhau ở một điểm. Tuy nhiên, ở dàn mông, các thanh cánh đều có khoét rãnh nên phải chú ý sao cho tại tiết diện có rãnh (ở mắt) không bị ứng suất lớn do lệch tâm.

Ở mắt gối dàn, điểm hội tụ nằm trên trục đi qua tiết diện giảm yếu của cánh dưới.

Ở mắt trung gian, nói chung các thanh cũng hội tụ theo trục giảm yếu của thanh cánh, hoặc theo trục hình học của tiết diện nguyên.

#### b. Mắt gối dàn

Mắt gối dàn có thể làm theo kiểu rãnh mông 1 răng hoặc 2 răng, mỗi răng có 1 bulông an toàn xiết chặt. Bên dưới cánh dưới có gỗ guốc có tác dụng đỡ đầu bulông an toàn và để cố định vị trí của dàn với gỗ gối. Dàn đặt lên tường hoặc cột qua gỗ gối là một đoạn gỗ ngắn để phân bố phản lực lên tường hoặc cột.



Thiết kế mắt gối dàn gồm tính toán về ép mặt và trượt của liên kết mông, tính bulông an toàn, gỗ guốc, gỗ gối.

#### - Bulông an toàn:

Bulông an toàn có tác dụng xiết hai thanh cánh vào nhau để đảm bảo sự chặt chẽ của dàn và tác dụng bảo hiểm khi phần gỗ đầu dàn bị trượt đi, bulông

sẽ giữ cánh trên trong một thời gian để có thể sửa chữa. Trục của bulông thẳng góc với thanh cánh trên.

Bulông chỉ làm việc khi đầu thanh cánh dưới bị trượt, thanh trên sụp xuống. Lúc đó, đầu thanh trên tì mạnh vào thanh dưới và xuất hiện lực ma sát. Phản lực  $N_d$  của thanh dưới của thanh dưới đối với thanh trên sẽ nghiêng với phương thẳng đứng một góc bằng góc ma sát ( $31^\circ$ ).

Thanh cánh trên cân bằng dưới tác dụng của lực nén  $N$ , phản lực  $N_d$  và lực trong bulông  $N_b$ . Vẽ biểu đồ tam giác lực ta thu được  $N_b$  và tính ra tiết diện bulông:

$$N_b = N_n \operatorname{tg}(90^\circ - \alpha - 31^\circ)$$

- *Gỗ guốc:*

Gỗ guốc có kích thước theo cấu tạo: bề rộng bằng bề rộng thanh cánh dưới, bề dày không nhỏ hơn bề sâu rãnh mộng  $h_r$ , chỗ khác vào gỗ gói không nhỏ hơn 2 cm. Gỗ guốc này được đóng đinh vào thanh cánh dưới.

Gỗ gói chịu toàn bộ lực  $N_b$  trong bulông. Chia  $N_b$  làm hai thành phần, thành phần thẳng đứng ép gỗ tấp vào cánh dưới, thành phần nằm ngang  $T$  do đinh chịu:

$$T = N_b \sin \alpha$$

Cùng với đinh chịu thành phần nằm ngang  $T$ , còn có lực ma sát giữa gỗ tấp và cánh dưới:

$$T = T_d + T_{ms}$$

Với 
$$T_{ms} = \frac{N_n \cos 31^\circ}{\cos(59^\circ - \alpha)} \operatorname{tg} 11^\circ$$

trong đó  $11^\circ$  là góc ma sát (theo thực nghiệm).

$$\Rightarrow T_d = N_b \sin \alpha - T_{ms}$$

Từ  $T_d$  ta tính ra số đinh 1 mặt cắt đóng gỗ guốc vào cánh dưới.

- *Gỗ gói:*

Gỗ gói phải có bề dài, bề rộng đủ để truyền phản lực lên tường, góc truyền lực  $45^\circ$ . Phản lực phân bố của tường bên dưới gỗ gói sẽ uốn nó như một con sò nằm ở chỗ dàn kê lên. Bề dày gỗ gói chọn đủ để chịu mômen uốn đó.

Khi dàn nhịp lớn (15m trở lên) hoặc dàn dùm trong các công trình quan trọng thì mắt gói dàn không dùng mộng rãnh mà dùng kiểu tì đầu và đai thép. Với kiểu liên kết này, mắt dàn làm việc khoẻ hơn và đảm bảo hơn vì cánh trên được ép mặt trên toàn bộ tiết diện và cánh dưới tránh được sự làm việc về trượt rất nguy hiểm.

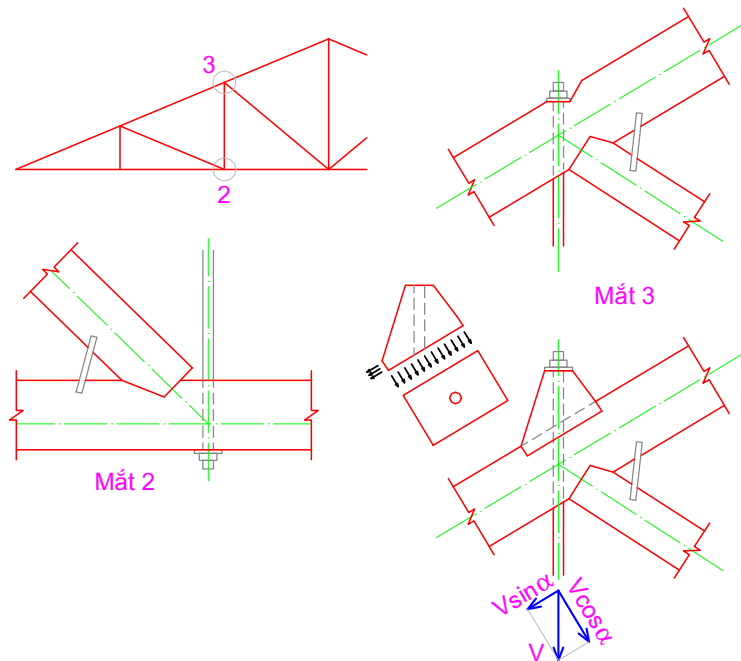
c. Các mắt trung gian

Tại các mắt trung gian, thanh xiên tì vào thanh cánh bằng mộng một răng (không dùng mộng hai răng vì rất khó chế tạo chính xác cho 2 răng đều ép chặt). Trục thanh xiên phải thẳng góc và đi qua tâm của mặt tiếp xúc. Bề sâu rãnh  $h_r \leq \frac{1}{4}h$  với  $h$  là bề cao thanh cánh. Giữa thanh xiên và thanh cánh phải có đỉnh đĩa  $\phi 12 \div 16$  hoặc bulông để giữ chặt thanh xiên vào thanh cánh, khỏi bị trật ra khi dựng lắp và tăng độ chặt chẽ cho toàn dàn.

Thanh đứng thường làm bằng thép tròn xuyên qua các thanh cánh, có êcu bắt chặt hai đầu. Ở mắt trên, để cho miếng đệm dưới êcu được nằm ngang, phải cắt khúc vào thanh cánh trên,  $h_r \leq \frac{1}{5}h_{\text{thanh}}$ . Để tránh giảm yếu nhiều, có thể làm một khối ụ đệm đỡ êcu đồng thời làm con bọ cố định xà gồ.

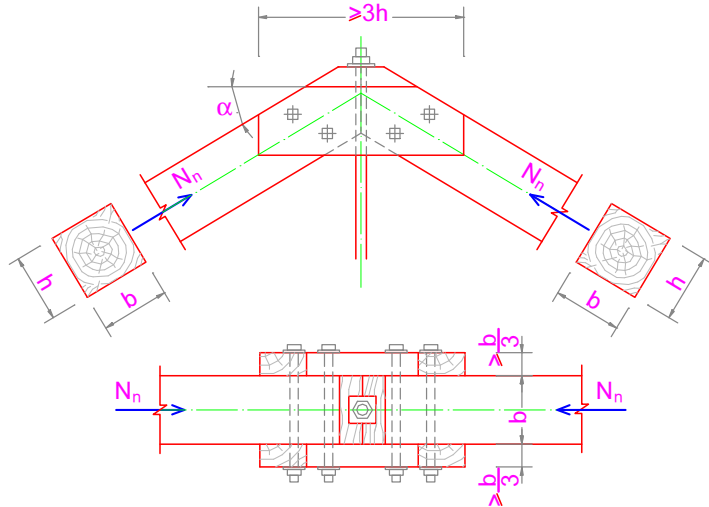
Việc tính toán mắt trung gian gồm có:

- + Tính ép mặt ở rãnh mộng.
- + Tính ép mặt dưới miếng đệm êcu. Nếu dùng miếng ụ đệm thì tính ép mặt ngang thớ và dọc thớ của khối ụ đệm với thanh cánh.



#### d. Mắt đỉnh

Tại mắt đỉnh, hai thanh cánh trên liên kết vào nhau theo kiểu tì đầu trực tiếp, hai bên có hai bản kẹp bằng thép hoặc gỗ và có 4 ÷ 8 bulông xiết  $\phi 12 \div 16$ . Phía trên vát bằng một chút để có mặt phẳng ngang cho miếng đệm êcu, miếng đệm này có thể làm bằng thép góc cho cứng hơn.



Nội dung tính toán mắt đỉnh là tính toán ép mặt của liên kết.

Diện tích ép mặt ở mắt đỉnh, sau khi đã trừ đi phần cắt vát và lỗ cho thanh đứng:

$$F_{em} = (b - d) \left( \frac{h}{\cos \alpha} - \frac{a}{2} \operatorname{tg} \alpha \right)$$

b, h: kích thước tiết diện thanh cánh trên

a: bề dài chỗ vát bằng

d: đường kính lỗ cho thanh đứng

Điều kiện kiểm tra:

$$\sigma = \frac{N_{em}}{F_{em}} = \frac{N_n \cos \alpha}{F_{em}} \leq R_{em}^{\alpha}$$

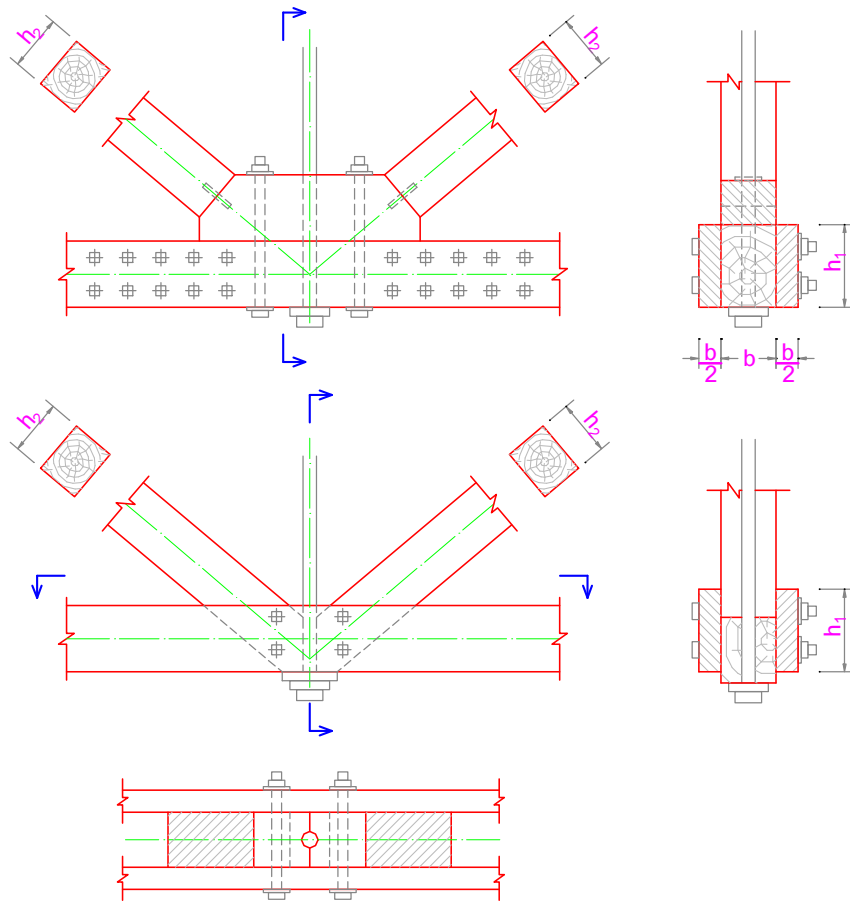
Ở đây dùng  $R_{em}^{\alpha}$  vì lực ép mặt là thành phần ngang của  $N_n$ , chéo với thớ cánh trên một góc  $\alpha$ .

#### e. Mắt giữa dưới

Có hai phương án cấu tạo mắt giữa dưới:

+ Phương án 1: hai thanh xiên tì lên một khối ụ đệm ăn sâu vào cánh dưới không ít hơn 2 cm. Giữa khối đệm và thanh xiên có chốt ngàm  $d = 16 \div 25$  mm, dài  $l = 10 \div 15$  cm. Khối đệm liên kết vào cánh dưới bằng 2 bulông xiết. Nếu có nối thanh cánh vẫn giải quyết bình thường, dùng bản ghép và chốt thép. Phương án này đảm bảo các lực hội tụ, lực truyền đúng tâm, sự làm việc rõ ràng.

+ Phương án 2: hai thanh liên kết luồn vào giữa hai bản ghép và tựa đầu vào nhau theo mặt phẳng thẳng đứng, còn theo phương ngang thì tựa lên miếng đệm êcu của thanh đứng. Giữa thanh xiên và bản ghép có bulông liên kết. Trục thanh xiên hội tụ lệch với tâm mắt nên bản ghép còn chịu thêm mômen uốn.



Nội dung tính toán mặt giữa dưới là tính ép mặt của mộng ti đầu, nhưng cần lưu ý thêm trường hợp tải trọng đặt nửa dàn.

Ví dụ tính toán

## §4. Dàn thép gỗ hỗn hợp

### 1. Đặc điểm và phạm vi ứng dụng

Dàn thép gỗ hỗn hợp là dàn trong đó các thanh chịu nén hay nén uốn đều làm bằng gỗ, thanh chịu kéo làm bằng thép, kể cả thanh cánh dưới.

Một số đặc điểm của dàn thép gỗ hỗn hợp:

+ Số mắt dàn ít, cấu tạo mắt không có liên kết mộng rãnh mà dùng các bộ phận kim loại để liên kết thanh xiên vào thanh cánh. Như vậy tránh giảm yếu cho thanh cánh và sự làm việc về trượt của mộng rãnh. Ngoài ra, khi gỗ co ngót không làm lỏng liên kết và khiến dàn võng nhiều.

+ Do số mắt ít, thanh cánh trên phải to khỏe để chịu uốn do tải trọng đặt không đúng mắt. Để giảm mômen uốn cho cánh trên, các mắt trên thường giải quyết lệch tâm để gây mômen ngược lại.

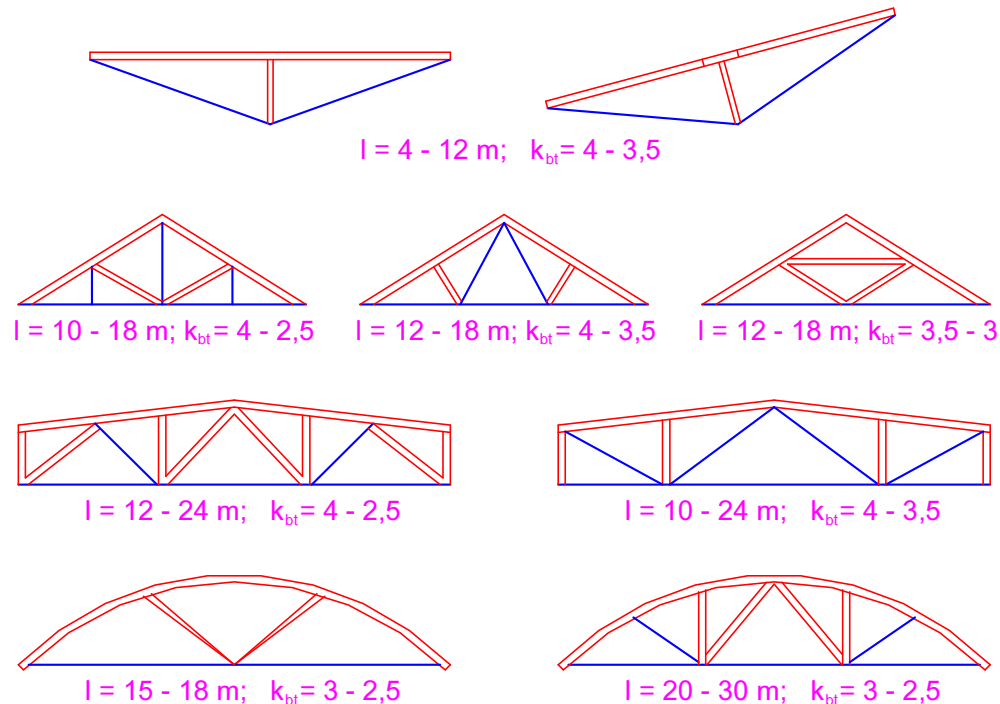
+ Ở các mắt có nhiều thanh kéo tụ vào, hầu hết là dùng các chi tiết bằng thép như ở dàn thép: bản mắt, trục chốt, bulông, và sử dụng nhiều liên kết hàn.

So với các loại dàn khác, dàn thép gỗ hỗn hợp có nhiều ưu điểm:

+ Khả năng chịu lực lớn, liên kết làm việc chắc chắn, đảm bảo, dễ kiểm tra, sửa chữa.

+ Việc chế tạo có thể công xưởng hoá, cơ giới hoá cao độ.

Các hình thức thường sử dụng của dàn thép gỗ hỗn hợp:





## **2. Dàn một mái (dầm chống dưới)**

Dàn một mái thực chất là một dầm có thanh chống và dây căng phía dưới để gia cường. Loại dàn này rất đơn giản nhưng tương đối có hiệu quả, thường sử dụng trong các công trình tạm thời hoặc phụ trợ.

Cánh trên dàn là một thanh gỗ hộp hoặc tròn chạy dài liên tục suốt chiều dài nhịp. Nếu không đủ dài thì nối ở bên trên cột chống giữa, mối nối cấu tạo bằng bản ghép và bulông, coi như là khớp.

Thanh kéo tì vào cột chống giữa qua các bản thép liên kết hàn và đinh đóng.

Mắt gối tựa có thể cấu tạo đúng tâm (khi cánh trên liên tục) hoặc lệch tâm (khi cánh trên phải nối, để làm giảm bớt mômen cho thanh cánh trên).

## **3. Dàn tam giác**

Dàn tam giác có nhiều hình thức cấu tạo, tùy theo điều kiện sử dụng và chế tạo.

Nếu cánh trên là thanh nguyên, khoảng mắt thường không quá  $3 \div 4$  m, hệ thanh bụng giống như dàn móng. Tại các mắt, các thanh nén tì đầu vào các bộ phận bằng thép.

Nếu cánh trên là tiết diện tổ hợp chốt bản hoặc gỗ dán thì chiều dài khoảng mắt có thể  $4,5 \div 6,5$  m, số mắt giảm xuống. Cánh trên của dàn chịu mômen uốn lớn, luôn luôn phải cấu tạo truyền lực lệch tâm ở các mắt trên.

## §5. Các loại dàn khác

Ngoài các loại dàn phổ biến trên, trong thực tế còn áp dụng nhiều loại dàn khác, trong đó có dàn đa giác và dàn hình cung cũng được sử dụng nhiều. Hai loại dàn này thuộc vào loại nhịp lớn, vượt khẩu độ  $15 \div 30$  m. Hình dạng của chúng gần với dạng đường cong áp lực nên chịu lực hợp lý, nội lực trong các thanh cánh không khác nhau nhiều, nội lực trong các thanh bụng rất nhỏ nên liên kết mắt giải quyết dễ dàng.

Tiết diện thanh dàn có thể là gỗ hộp, gỗ tròn, tiết diện tổ hợp hoặc dùng gỗ ván, đóng đinh lại với nhau.

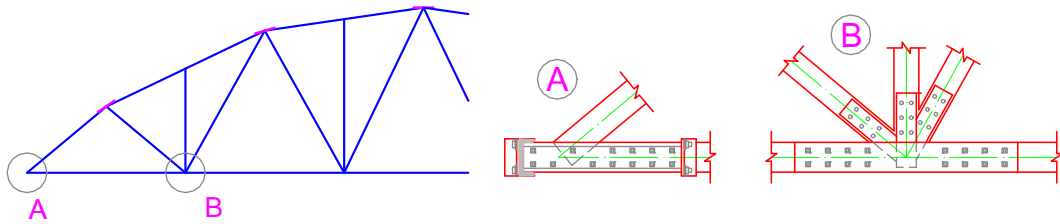
Liên kết thường dùng là liên kết mộng, chốt, đinh.

### 1. Dàn đa giác

Cánh trên của dàn là một hình đa giác ngoại tiếp hay nội tiếp trong đường tròn, toàn bộ thanh do nhiều đoạn gỗ giống nhau hợp lại.

Cánh dưới làm bằng thép hình hoặc bằng gỗ.

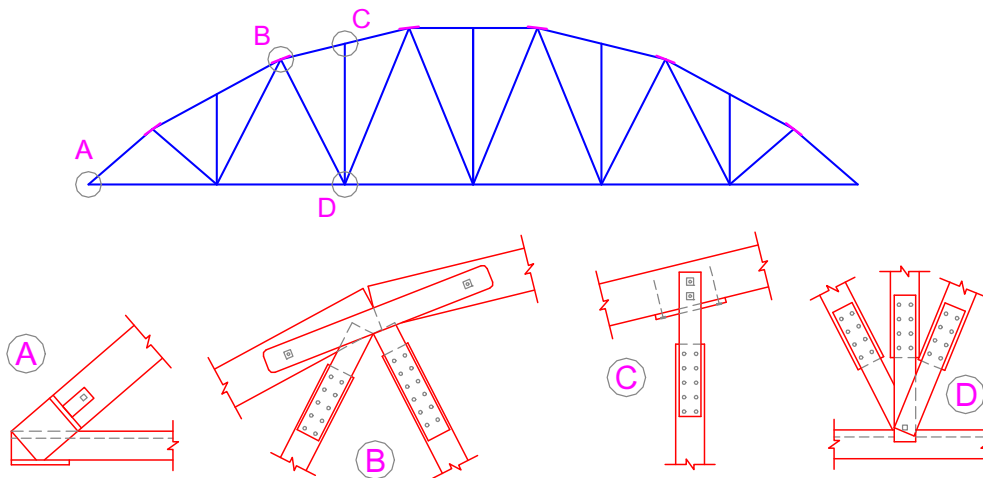
*\* Dàn đa giác toàn bằng gỗ:*



Cánh trên nội tiếp trong đường tròn, chỗ nối trùng với mắt.

Thanh đứng, thanh xiên đều làm bằng gỗ, liên kết vào thanh cánh bằng các bản thép nhỏ, đóng đinh hoặc bắt vít. Các bản thép này liên kết vào thanh cánh bằng một bulông trung tâm.

*\* Dàn đa giác cánh dưới là thép góc*



Góc gãy của cánh trên bố trí ở chỗ mắt có thanh xiên nên thanh đứng chịu nén, thanh xiên chủ yếu chịu kéo.

Các thanh bụng có bề rộng bằng bề rộng thanh cánh, liên kết với thanh cánh bằng hai bản thép ôm phía ngoài. Bản thép một đầu bắt vào thanh bụng bằng đinh hoặc vít, đầu kia liên kết với thanh cánh bằng 1 bulông đặt ở tâm mắt. Ở mắt dưới thì bulông hàn vào cánh thép góc.

Để giảm bớt mômen cục bộ do tải trọng đặt không đúng mắt, các đoạn của cánh trên ở chỗ nối gãy góc thì tì đầu vào nhau với độ lệch tâm, tạo nên mômen ngược dấu. Chỗ nối có hai bản ghép bằng gỗ, hai đầu có bulông xiết, còn bulông tâm mắt đi qua ngay giữa khe nối.

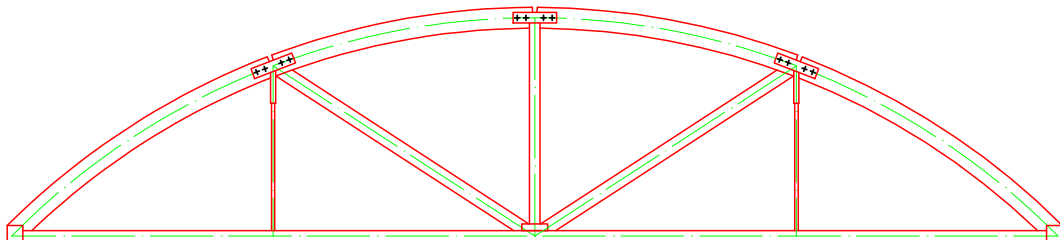
Tính toán dàn dĩa giác theo phương pháp thông thường như đối với các loại dàn khác. Khi tính toán cần lưu ý đến mômen cục bộ trong thanh cánh trên do liên kết thanh bụng lệch tâm.

## 2. Dàn hình cung

Cánh trên của dàn có dạng cung tròn, gắn sát nhất với đường cong áp lực khi chịu tải trọng phân bố đều. Mômen uốn trong thanh cánh và lực dọc trong thanh bụng nhỏ nhất so với các loại dàn khác. Nhịp dàn lớn, có thể tới 30 ÷ 40 m.

Để tạo được độ cong, cánh trên có thể gồm một chồng các thanh gỗ nhỏ uốn cong và đóng đinh vào nhau hoặc dùng các thanh gỗ dán có hình cong.

*\* Dàn hình cung gỗ dán:*



Cánh trên gồm các đoạn gỗ dán cong giống nhau, nối tì đầu với nhau tại các mắt. Mỗi đoạn là một chồng ván keo, tiết diện hình chữ nhật, tỉ số  $\frac{h}{b} \leq 4$ .

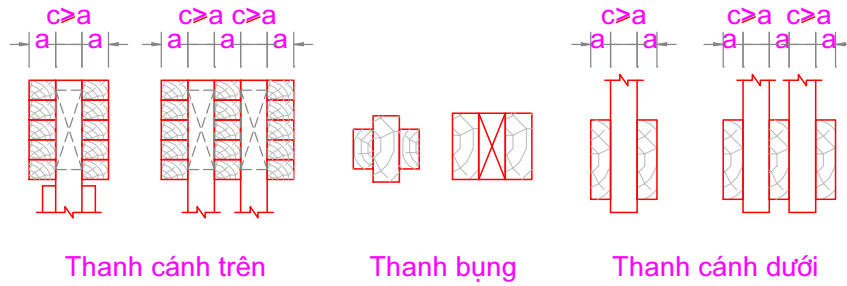
Thanh cánh dưới bằng thép góc.

Mọi mắt dàn đều có các trục hội tụ đúng tâm.

Thanh bụng xiên bằng gỗ liên kết với thanh cánh trên bằng các bản thép, một đầu bản thép đóng đinh hay vặn vít vào thanh bụng, đầu kia vào thanh cánh bằng một bulông tâm mắt. Ở mắt dưới thì thanh bụng bắt bulông vào hai bản mắt đặt đứng, bản mắt này hàn vào thép góc cánh dưới.

Mắt gối tựa kiểu hộp chân đế như ở các dàn thép gỗ khác.

*\* Dàn hình cung đóng đinh:*



Dàn này có hệ thanh bụng tam giác, các mắt bố trí sao cho mọi thanh cánh trên có hình chiếu ngang d dài bằng nhau, trừ khoảng đầu tiên chỉ bằng  $0,65d$  (vì nội lực lớn).

Cánh trên cong gồm 2 hoặc 3 nhánh, mỗi nhánh là một chồng 4 ÷ 5 thanh gỗ nhỏ dày 3 ÷ 4 cm, uốn cong và đóng đinh vào nhau theo phương đứng và phương ngang qua các tấm đệm. Các thanh gỗ nhỏ tì sát đầu nhau ở chỗ nối, vị trí chỗ nối của các thanh phải so le nhau, cách nhau không ít hơn 50 cm và cách mắt không ít hơn  $1/5$  khoảng mắt. Các tấm đệm làm bằng thanh ván nguyên đặt đứng, bề rộng sao cho có thể đóng được 3 hàng đinh ngang với 3 thanh gỗ nhánh. Các tấm đệm này bố trí trong khoảng mắt, không đặt tại tâm mắt.

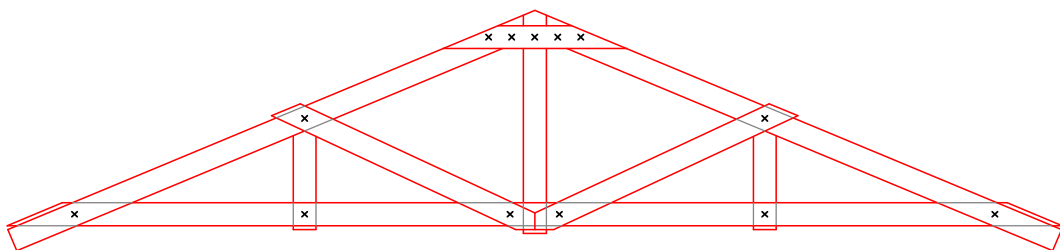
Cánh dưới gồm 2 hoặc 3 tấm ván đặt đứng, trong cùng mặt phẳng của mỗi nhánh. Đầu nối cánh dưới dùng các tấm ghép, tấm đệm và bulông.

Thanh bụng là các tấm ván nguyên 1 hoặc 2 nhánh đâm sâu vào giữa các nhánh của thanh cánh trên và cánh dưới.

Các mắt dàn đều dùng đinh đóng. Ở mắt trên, đinh đóng có thể bố trí gần nhau hơn, còn với thanh bụng và cánh dưới đinh bố trí theo quy định thông thường. Mắt gối tựa dùng kiểu tì đầu và đai thép tròn.

### 3. Dàn gỗ ván

Đây là loại dàn nhẹ dùng cho khẩu độ nhỏ, tải trọng nhỏ. Vật liệu đều là gỗ ván, liên kết bằng đinh hoặc bulông.



Vì kèo sít là một loại dàn gỗ ván được sử dụng khá phổ biến ở nước ta trong những năm 60, dùng cho mái ngói nhà dân dụng, nhịp dưới 9 m. Hệ mái nhà gồm một loạt kèo đặt rất gần nhau (khoảng 0,7 m) bên trên là litô đặt trực tiếp lên cánh trên của dàn. Cánh trên dàn làm nhiệm vụ như hệ thống cầu phông.

Các thanh dàn đều làm bằng ván tiết diện nhỏ, dày  $3 \div 5$  cm, rộng  $8 \div 12$  cm, đặt chồng lên nhau tại mắt và đóng đinh trực tiếp vào nhau.

Sự làm việc của vì kèo sít rất phức tạp, đó là một kết cấu không gian gồm rất nhiều dàn liên kết với nhau bằng một hệ thống litô dày đặc. Tải trọng từ litô truyền xuống đặt vào giữa khoảng mắt, các mắt đều chịu tải trọng lệch tâm, biến dạng của đỉnh rất lớn.

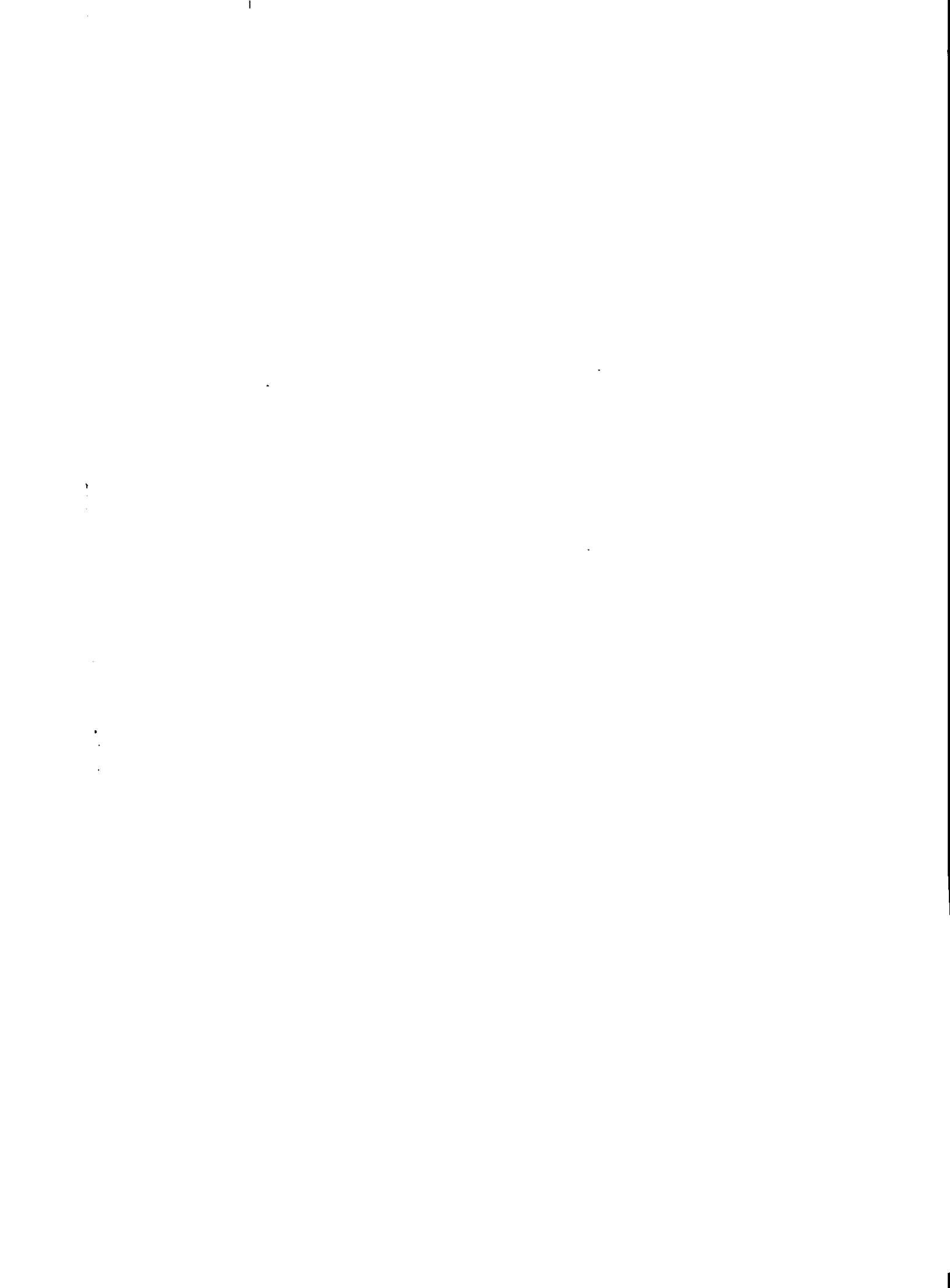
Hiện nay chưa có phương pháp tính toán cho loại dàn này, dù chỉ là gần đúng. Việc áp dụng chỉ dựa trên cơ sở thí nghiệm hiện trường hoặc thông qua kinh nghiệm sử dụng.

CHỦ BIÊN  
NGUYỄN VĂN YÊN

TÍNH TOÁN  
**KẾT CẤU THÉP**

IN LẦN 2 CÓ SỬA

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA  
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH



# MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
<i>Lời nói đầu</i>	
<b>CHƯƠNG I: NGUYÊN TẮC TÍNH TOÁN KẾT CẤU THÉP</b>	
§ 1. Thành lập sơ đồ kết cấu công trình	9
§ 2. Mô hình thực tế và mô hình tính toán	9
§ 3. Các giai đoạn tính toán kết cấu thép	10
§ 4. Nguyên lý tính kết cấu thép theo phương pháp trạng thái giới hạn	11
§ 5. Tải trọng	12
§ 6. Thép xây dựng và cường độ tính toán của thép	13
§ 7. Quy cách thép xây dựng	13
<b>CHƯƠNG II: LIÊN KẾT</b>	
<b>A. LIÊN KẾT HÀN</b>	
§ 8. Nguyên tắc tính liên kết hàn	15
§ 9. Cường độ tính toán đường hàn	15
§ 10. Những công thức cơ bản tính liên kết	16
§ 11. Những yêu cầu cấu tạo đối với đường hàn và liên kết hàn	18
§ 12. Các ví dụ	19
<b>B. LIÊN KẾT ĐINH TÁN VÀ ĐINH BU LÔNG</b>	
§ 13. Nguyên tắc tính liên kết đinh	22
§ 14. Cường độ tính toán và khả năng chịu lực của đinh	22
§ 15. Công thức tính một số trường hợp lực tác dụng lên một đinh	24
§ 16. Cấu tạo đinh và liên kết	24
§ 17. Cấu tạo bu lông neo	26
§ 18. Liên kết bu lông cường độ cao	27
§ 19. Các ví dụ	27
<b>CHƯƠNG III: DẪM</b>	
<b>HỆ DẪM SÀN</b>	
§ 20. Bản sàn	30
§ 21. Tính dầm phụ	31
§ 22. Tính dầm chính	32
§ 23. Chọn tiết diện dầm tổ hợp bản	33



	<b>Trang</b>
§24. Đòi tiết diện dầm hàn	34
§25. Liên kết giữa cánh và bụng dầm	35
§26. Kiểm tra ổn định tổng thể	37
§27. Kiểm tra ổn định cục bộ	37
§28. Tính đầu dầm và nối dầm	38
§29. Ví dụ	
<b>B. ĐẶC ĐIỂM TÍNH HỆ DẦM CẦU TRỤC</b>	
§30. Tính tải trọng	48
§31. Nội lực	49
§32. Chọn tiết diện	49
§33. Kiểm tra tiết diện	50
§34. Tính liên kết giữa cánh và bụng dầm	51
§35. Kiểm tra ổn định tổng thể và ổn định cục bộ	51
§36. Ví dụ	
<b>CHƯƠNG IV : CỘT</b>	
§37. Nguyên tắc tính cột	59
<b>A. CỘT NÉN ĐÚNG TÂM</b>	
§38. Công thức tính và yêu cầu cấu tạo tiết diện cột	59
§39. Trình tự chọn tiết diện cột	63
§40. Tính chân cột	64
§41. Các ví dụ	67
<b>B. CỘT NÉN LỆCH TÂM</b>	
§42. Công thức tính và yêu cầu cấu tạo tiết diện cột đặc	74
§43. Công thức tính và cấu tạo tiết diện cột rỗng	80
§44. Ví dụ	82
§45. Tính chân cột đặc	84
§46. Tính chân cột rỗng	85
<b>CHƯƠNG V : DÀN</b>	
§47. Sơ đồ dàn	86
§48. Xác định tải trọng và nội lực dàn	87
Chiều dài tính toán thanh dàn	92
Độ mảnh giới hạn thanh dàn	92
Bố trí tiết diện thanh dàn hai thép góc	93
Bề dày yêu cầu của bản mắt	94
Chọn tiết diện thanh dàn	94
Ví dụ	

	<i>Trang</i>
§55. Những yêu cầu về cấu tạo dàn	
§56. Cấu tạo và tính toán mắt dàn	96
§57. Mắt nối cánh	97
§58. Mắt nối dàn	98
§59. Mắt gối dàn	101
§60. Ví dụ : Tính kết cấu cầu trục áp tường	104
	105

### **CHƯƠNG VI : KHUNG NHÀ CÔNG NGHIỆP**

§61. Sơ đồ và kích thước kết cấu khung	
§62. Hệ giằng	110
§63. Xác định tải trọng	112
§64. Đặc điểm tính khung	114
§65. Nguyên tắc tổ hợp nội lực tính kết cấu khung	117
§66. Tổ hợp nội lực tính cột	130
§67. Tổ hợp nội lực tính dàn gối khớp lên cột	131
§68. Tổ hợp nội lực tính dàn liên kết cứng với cột	131
§69. Tổ hợp nội lực tính liên kết cứng dàn với cột	131
§70. Chiều dài tính toán cột	132
§71. Ví dụ : Tính cột khung	142
§72. Tính liên kết đầu dàn với cột	143
	152

### **PHỤ LỤC : QUY CÁCH THÉP HÌNH**



## LỜI NÓI ĐẦU

Quyển sách tính toán kết cấu thép gồm có 6 chương. Năm chương đầu giới thiệu nguyên tắc tính toán kết cấu thép, tính liên kết và các cấu kiện cơ bản dầm, cột và dầm. Nội dung này thuộc phần cơ sở kết cấu thép cho các ngành công trình xây dựng. Chương cuối cùng là Khung nhà công nghiệp dùng cho ngành xây dựng công nghiệp và dân dụng.

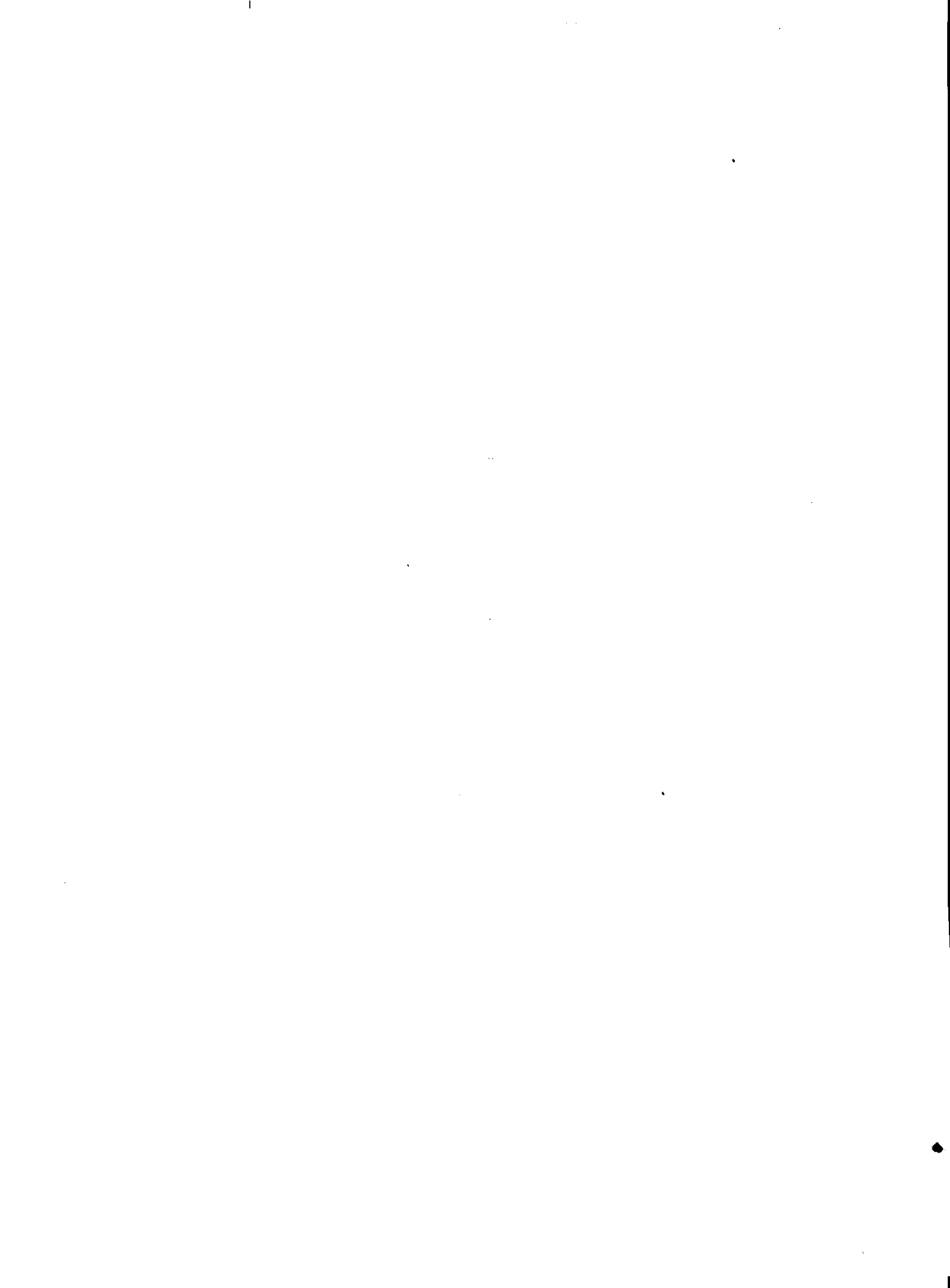
Mục đích của quyển Tính toán kết cấu thép nhằm giới thiệu **CÁCH TÍNH** các loại kết cấu đã nêu trên. Lý thuyết của mỗi vấn đề được trình bày ngắn gọn và tập trung ở những điểm chính.

Biên soạn tài liệu có những người sau :

Nguyễn Văn Yên — chủ biên và viết các chương I, IV, VI; Đỗ Đào Hải — chương III; Nguyễn Minh Thu — chương II và V. Cộng tác hoàn thành có Phạm Văn Tư — chương IV, Đoàn Ngọc Tranh và Hoàng Quang — chương VI, Ngô Vi Long — chương III.

Tác giả chân thành cảm ơn Gs Đỗ Quốc Sam đã đọc và góp ý kiến. Cảm ơn tổ công tác giáo trình trường Đại học Bách Khoa Thành phố Hồ Chí Minh đã góp sức hoàn thành việc xuất bản.

Tác giả



## Chương I

# NGUYÊN TẮC TÍNH TOÁN KẾT CẤU THÉP

### §1. Thành lập sơ đồ kết cấu công trình.

Thành lập sơ đồ kết cấu thép hoặc kết cấu công trình nói chung dựa trên những yếu tố sau :

— Qui mô công trình : gồm có kích thước chính của công trình, điều kiện tác dụng của tải trọng, mục đích và niên hạn sử dụng công trình. Về căn bản qui mô công trình được xác định theo yêu cầu sử dụng và hồ trí công nghệ.

— Điều kiện của nền móng và tác dụng của môi trường.

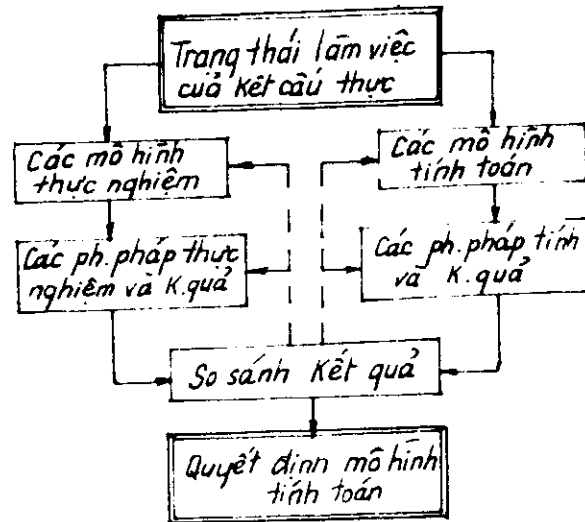
— Tình hình cung cấp vật tư.

Khi thành lập sơ đồ công trình đồng thời dự kiến bố trí tiết diện kết cấu, giải quyết những nút liên kết chính, điều kiện kỹ thuật và khả năng về chế tạo kết cấu, về vận chuyển và dựng lắp công trình. Khi thành lập sơ đồ công trình cần tận dụng các kích thước theo mô đun và thống nhất hóa, tận dụng thiết kế định hình và thiết kế mẫu của cấu kiện và công trình. Đối với công trình cá biệt thì việc thành lập sơ đồ phải qua nhiều phương án so sánh, đòi hỏi nhiều sáng tạo. Theo xu thế hiện đại, sơ đồ kết cấu công trình phải đồng thời thỏa mãn sự làm việc hợp lý về mặt kết cấu và thể hiện phong phú về mặt kiến trúc. Giá thành của công trình về căn bản được quyết định bởi sơ đồ kết cấu công trình.

### §2. Mô hình thực tế của kết cấu công trình và mô hình tính toán.

Mô hình (sơ đồ) tính toán là mô hình đã được lý tưởng hóa dùng để tính toán, phản ánh đầy đủ trạng thái làm việc của kết cấu. Việc quyết định mô hình tính toán bao gồm việc định ra các mô hình và lựa chọn mô hình là khâu rất quan trọng trong tính toán, nó phụ thuộc vào trình độ khoa học kỹ thuật đương thời và nhiệm vụ đặt ra trong tính toán (xem sơ đồ H. 1).

Theo xu hướng hiện nay, mô hình tính cần đạt hai yêu cầu : — Phản ánh được những trạng thái làm việc chủ yếu nhất để khai thác tối đa khả năng chịu lực, đồng thời bảo đảm công trình làm việc an toàn ; — mô hình cần được đơn giản để thuận tiện trong thiết kế. Những ví dụ cụ thể về vấn đề này xem các phương pháp tính về liên kết, sơ đồ tính dàn và khung nhà công nghiệp...



Hình 1.1

### §3. Các giai đoạn tính kết cấu thép.

Trên cơ sở sơ đồ tính đã được xác định, nội dung tính gồm có xác định nội lực, chọn tiết diện của kết cấu, tính các chi tiết và liên kết. Trong một số trường hợp cần xác định chuyên vị, các thông số dao động... Đối với kết cấu thép hoặc kết cấu công trình nói chung, nội dung tính toán thường phải thông qua hai giai đoạn:

— Giả định trước các thông số về hình học, tiết diện, độ cứng của kết cấu, bộ nhập hoặc chi tiết.

— Xác định nội lực và kiểm tra tiết diện đã giả định.

Để thực hiện giai đoạn một phải dùng các kết quả về lý thuyết tối ưu, các bài toán hợp lý, các điều kiện về cấu tạo và sử dụng, các kết quả thực nghiệm và kinh nghiệm, các phương pháp gần đúng. Tổng hợp các kết quả này đã được thể hiện thành các chỉ dẫn và nội dung phương pháp để giả định cho các trường hợp tính toán kết cấu thép.

Nội dung giai đoạn hai là sử dụng các lý thuyết tính kết cấu thép để kiểm tra sự làm việc của kết cấu và chi tiết theo các nhóm trạng thái giới hạn. Đây là giai đoạn quan trọng hơn cả và quyết định trong toàn bộ nội dung tính toán kết cấu thép. Nếu nội dung kiểm tra ở giai đoạn hai không đạt yêu cầu thì điều chỉnh các giả định ở giai đoạn một và tính lại theo giai đoạn hai. Các ví dụ về vấn đề này xem cách tính liên kết, phương pháp chọn tiết diện các loại cấu kiện, các giả định độ cứng tính nội lực khung...

#### § 4. Nguyên lý tính kết cấu thép theo phương pháp trạng thái giới hạn.

Kết cấu thép được tính theo hai nhóm trạng thái giới hạn về khả năng chịu lực và về biến dạng. Nhóm thứ nhất bao gồm các trạng thái giới hạn về bền, ổn định và mỗi khi vượt quá các giới hạn này thì kết cấu không thể tiếp tục sử dụng được nữa hoặc kết cấu bị phá hoại do một trong ba nguyên nhân trên. Các giới hạn của nhóm thứ hai gồm có độ võng, góc xoay, các thông số về dao động ... được qui định nhằm đảm bảo yêu cầu và điều kiện sử dụng công trình một cách bình thường. Vì vậy khi vượt quá trạng thái giới hạn thứ hai thì điều kiện sử dụng của công trình sẽ bị hạn chế, tuy rằng trong nhiều trường hợp kết cấu vẫn còn khả năng chịu lực.

Công thức dùng để xác định các trạng thái giới hạn như sau:

đối với nhóm 1

$$N \leq \phi$$

đối với nhóm 2

$$f \leq f_{gh}$$

Trong đó lực tính toán  $N$  trong kết cấu là nội lực lớn nhất xảy ra trong suốt quá trình sử dụng, xác định theo tải trọng tính toán.

Đại lượng  $\phi = mRFA$  là khả năng chịu lực tối thiểu của kết cấu, phụ thuộc vào cường độ tính toán của vật liệu  $R$ , hệ số điều kiện làm việc của kết cấu  $m$ , đặc trưng hình học của tiết diện  $F$  và hệ số về trạng thái làm việc  $A$  của kết cấu.

Hệ số điều kiện làm việc  $m$  thông thường có giá trị bằng 1. Ở một số trường hợp đặc biệt có  $m < 1$  và được chỉ dẫn cụ thể trong tính toán.

Đặc trưng hình học tiết diện  $F$  là diện tích, mômen chống uốn hoặc mômen quán tính v.v...

Đại lượng  $A$  là các hệ số tương ứng với từng trạng thái làm việc của kết cấu về ổn định, mỏi và bền. Ví dụ  $A$  sẽ là hệ số:

- — Hệ số ổn định của thanh nén đúng tâm, hoặc gọi là hệ số uốn dọc,
- $\varphi_{ll}$  — Hệ số nén lệch tâm khi xét ổn định trong mặt phẳng uốn của thanh chịu nén lệch tâm,
- $\varphi_d$  — Hệ số ổn định của dầm,
- $\gamma$  — Hệ số mỏi, và
- $A = 1$  khi làm việc bền.

Các giá trị  $A$  đều nhỏ hơn hoặc bằng 1.

Đại lượng  $f$  là biến dạng xác định theo tính toán và giá trị  $f_{gh}$  là biến dạng giới hạn lấy theo quy phạm. Vì  $f_{gh}$  qui định theo điều kiện sử dụng bình thường nên  $f$  được tính theo tải trọng tiêu chuẩn.

Chú ý rằng các trạng thái giới hạn cần được kiểm tra cho cả kết cấu và cho từng bộ phận kết cấu (cấu kiện, chi tiết, liên kết). Đối với cả hệ thống kết cấu thì thường kiểm tra về ổn định và chuyển vị. Đối với cấu kiện thì kiểm tra về bền, ổn



định, chuyển vị. Trong nhiều trường hợp, việc tính toán trạng thái giới hạn về ổn định của cả kết cấu sẽ dẫn đến mục đích là xác định chiều dài tính toán để tính ổn định cho cấu kiện. Trong mọi trường hợp, kết cấu và bộ phận cần được kiểm tra theo các trạng thái giới hạn của nhóm một, còn đối với nhóm hai thì chỉ tiến hành kiểm tra khi mà chuyển vị sẽ gây trở ngại cho điều kiện sử dụng của kết cấu.

**§ 5. Tải trọng. Tải trọng tiêu chuẩn và tính toán :**

Tải trọng tiêu chuẩn  $P^{tc}$  là tải trọng tương ứng với điều kiện sử dụng bình thường của kết cấu. Tải trọng tính toán  $P$  là tải trọng lớn nhất có thể xảy ra trong quá trình sử dụng và  $P = P^{tc} \cdot n$ . Hệ số vượt tải  $n$  xét đến sự biến động (độ sai lệch ngẫu nhiên) của giá trị tải trọng so với điều kiện sử dụng bình thường. Đối với tải trọng tác dụng đồng thì khi xác định tải trọng tính toán phải kể thêm hệ số động  $k$ . Các giá trị  $P^{tc}$ ,  $n$ ,  $k$  được giới thiệu trong các trường hợp tính toán cụ thể.

*Phân loại và tổ hợp tải trọng.* Theo tiêu chuẩn «Tải trọng và tác động — TCVN . 2737 . 78» cách phân loại và tổ hợp tải trọng được sắp xếp theo bảng 1.1.

**Bảng 1.1**

*Phân loại và tổ hợp tải trọng*

Phân loại tải trọng			
Thường xuyên	Tạm thời		
	Dài hạn	Ngắn hạn	Đặc biệt
Trọng lượng bản thân của kết cấu, trọng lượng và áp lực đất, lực căng trước, ...	Trọng lượng thiết bị cố định, trọng lượng vật chứa trong nhà kho ...	Áp lực gió, tải trọng cầu trục, tải trọng khi thi công, tác dụng nhiệt, ...	Tác dụng của động đất, nổ và do thiết bị hư hỏng, ...
Tổ hợp tải trọng			
Các loại tổ hợp	Tổ hợp cơ bản		Tổ hợp đặc biệt
	1	2	
Loại tải trọng trong tổ hợp	Tải trọng thường xuyên, dài hạn và 1 tải trọng ngắn hạn	Tải trọng thường xuyên, dài hạn và có 2 ngắn hạn trở lên	Tải trọng thường xuyên, dài hạn, ngắn hạn và một đặc biệt
Hệ số tổ hợp $c$	$c = 1$	$c = 0.9$ . Nhân với các tải trọng ngắn hạn	$c = 0.8$ . Nhân với các tải trọng ngắn hạn

## § 6. Thép xây dựng và cường độ tính toán của thép.

Trên thế giới hiện nay sản xuất rất nhiều loại thép xây dựng. Ở nước ta sử dụng rộng rãi nhất là thép CT3 của Liên Xô và các thép có tính năng cơ học tương đương. Thép CT3 là thép các bon thấp loại cường độ trung bình. Ưu điểm của thép CT3 là bảo đảm tính hàn (sau khi hàn xong không bị nứt) vào bảo đảm tính dẻo. Thép CT3 được dùng làm kết cấu chịu lực cho tất cả các loại công trình xây dựng, thủy lợi, cầu và các loại công trình công nghiệp khác, như: kết cấu nhà dân dụng, nhà công cộng, nhà cao tầng, nhà sản xuất và công nghiệp, kết cấu cửa van, cầu, cần trục, bể chứa dầu mỏ, tháp trụ... Riêng một số loại kết cấu nặng và chịu tác động động lớn như cầu nhịp lớn, dầm cầu trục loại nặng thì dùng thép CT3 có chất lượng cao hơn ký hiệu là M16C hoặc CT3 MOCT.

Cường độ tính toán của thép CT3 có các giá trị sau:

$R = 21 \text{ KN/cm}^2$  — cường độ tính toán chịu kéo, nén và uốn.

$R_c = 13 \text{ KN/cm}^2$  — cường độ tính toán chịu cắt.

$R_{cm} = 32 \text{ KN/cm}^2$  — cường độ tính toán chịu ép mặt.

Các đặc trưng cơ lý của thép có những giá trị sau:

$E = 2,1 \times 10^4 \text{ KN/cm}^2$  — môđun đàn hồi.

$G = 8400 \text{ KN/cm}^2$  — môđun biến dạng trượt.

$M = 0,3$  — hệ số biến dạng ngang (hệ số poisson).

$\alpha = 12 \times 10^{-6}$  — hệ số dẫn nhiệt.

$\gamma = 78,5 \text{ KN/m}^3$  — trọng lượng thể tích.

Trong vài năm gần đây, một số trường hợp trong ngành xây dựng công trình ở nước ta đã đưa vào sử dụng các loại thép tròn đặc và thép hình cỡ nhỏ do các nhà máy luyện và cán thép Thái nguyên, Gia sàng, VICASA Biên hòa sản xuất. Nhưng các chỉ tiêu cơ học và cường độ tính toán của các loại thép này chưa được công bố chính thức dùng để thiết kế.

## § 7. Qui cách thép xây dựng.

Thép dùng trong xây dựng có các loại thép cán hình và thép cán tấm. Hiện nay nước ta đã có tiêu chuẩn của thép hình phổ thông. Qui cách các loại thép tấm và hình khác vẫn sử dụng theo tiêu chuẩn của Liên Xô.

Thép hình phổ thông có các loại: thép góc đều cạnh (TCVN 1656 — 75) và không đều cạnh (TCVN 1657 — 75), thép I (TCVN 1655 — 75) và thép U (TCVN 1654 — 75). Thép hình phổ thông có chiều dài  $L = 4 \sim 13 \text{ m}$ . Qui cách về tiết diện xem các bảng phụ lục.

Ngoài các loại thép hình phổ thông, có các thép hình I cánh rộng bụng mỏng, thép chữ T, thép ống, thép hình thành mỏng, thép đặc tròn và vuông.

Thép tấm có các loại :

Thép tấm dày : có bề dày  $\delta = 40 \sim 160\text{mm}$ . Bề dày lấy cách nhau 1mm khi  $\delta \leq 26$ , lấy 2mm khi  $\delta = 26 \sim 40$  và 10mm khi  $\delta \geq 40\text{mm}$ . Chiều dài tấm  $L = 6\text{m}$ . Tấm dày làm kết cấu bản ; kết cấu đặc như dầm, cột.

Tấm mỏng : có  $\delta = 0,5 \sim 4\text{mm}$  ; bề rộng  $B = 600 \sim 1400\text{mm}$  và  $L$  đến 4m. Tấm mỏng làm tấm lợp và hình dấp.

Tấm phổ thông : có  $\delta = 4 \sim 60\text{mm}$ . Bề dày lấy cách nhau 1mm khi  $\delta \leq 12\text{mm}$ , tiếp theo là 2mm và 5mm. Bề rộng  $B = 160 \sim 1050\text{mm}$  ; Lấy cách nhau 10, 20 và 50mm.  $L = 6 \sim 12\text{m}$ . Tấm phổ thông dùng làm dầm, cột. Tấm có biên phẳng nên ít tốn công chế tạo.

Ngoài 3 loại chính kể trên, còn có một số loại thép cấu tấm như sau :

Tấm cuộn dày đến 10mm, rộng 200 ~ 2300mm. Thường dùng làm kết cấu bê chứa lớn.

Tấm gỗ và lỗ dùng làm sàn công tác và bậc thang. Tấm gỗ có  $\delta = 6,8, 10\text{mm}$  ;  $B = 600 \sim 1400\text{mm}$ .  $L$  đến 6m. Tấm lỗ có  $\delta = 4 \sim 6\text{mm}$  ;  $B = 500 \sim 1400\text{mm}$  và  $L$  đến 6m.

Tấm mạ kẽm và tấm sóng dùng làm tấm lợp. Tấm mạ kẽm có  $\delta = 0,25 \sim 2\text{mm}$  ;  $B = 510 \sim 1500\text{mm}$  ;  $L = 7,1 \sim 2,5\text{m}$ . Tấm sóng có  $\delta = 1 \sim 1,8\text{mm}$  ;  $B = 710 \sim 1000\text{mm}$  ;  $L = 1,42 \sim 2\text{m}$ .

## Chương II

### LIÊN KẾT

#### A. LIÊN KẾT HÀN

##### §8. Nguyên tắc tính liên kết hàn.

*Liên kết hàn đối đầu.* Sự làm việc và trạng thái ứng suất của đường hàn đối đầu được xác định như đối với thép cơ bản. Cường độ tính toán đường hàn đối đầu gồm có kéo, nén và cắt:  $R_k^h, R_n^h, R_c^h$ . Tiết diện tính toán của đường hàn đối đầu gồm có  $l_h$  và  $\delta_h$ . Trong đó  $l_h = l - l_{cm}$  và  $\delta_h = \delta_{min}$ .

$l_h$  — chiều dài tính toán của đường hàn.

$l$  — chiều dài đường hàn.

$\delta_h$  — bề dày tính toán của đường hàn.

$\delta_{min}$  — bề dày nhỏ nhất của các hàn thép.

*Liên kết hàn góc.* Dưới tác dụng lực, đường hàn góc thường xuất hiện cả 3 loại ứng suất kéo hoặc nén, uốn và cắt, nhưng căn bản là ứng suất cắt. Khảo sát bằng thực nghiệm liên kết dùng đường hàn góc đều lúc phá hoại thấy rằng đường hàn góc bị phá hoại theo mặt phân giác của đường hàn. Do kết quả nghiên cứu trên, tính đường hàn góc được qui định như sau. Dưới tác dụng lực bất kỳ (M, N, Q), ở đường hàn góc chỉ xuất hiện một loại ứng suất cắt  $\tau$  (tương ứng với  $\tau_M, \tau_N, \tau_Q$ ). Vì vậy chỉ có một loại cường độ tính toán đường hàn góc là  $R_p^h$ . Ứng suất cắt  $\tau$  phân bố trên tiết diện tính toán là mặt phân giác của đường hàn góc  $l_h$  và  $\delta_h$ .

Trong đó  $l_h$  — xác định như trên.

$$\delta_h = 0,7h_h \text{ (đối với hàn tay)}$$

$h_h$  — chiều dày đường hàn góc.

##### §9. Cường độ tính toán đường hàn.

Cường độ tính toán đường hàn phụ thuộc loại thép (thép cơ bản và que hàn), và phương pháp hàn. Các số liệu cho trong tài liệu này tương ứng với thép CT3, que hàn E42 và phương pháp hàn tay.

Đường hàn đối đầu  $R_h^h = 21 \text{ KN/cm}^2$

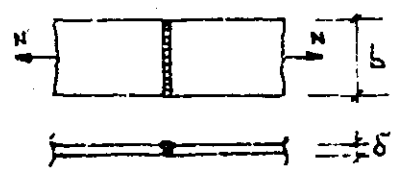

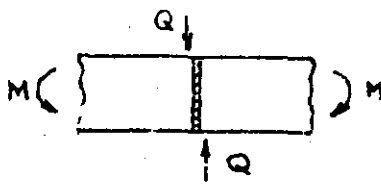
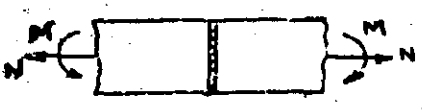

$R_k^h = 18 \text{ KN/cm}^2$

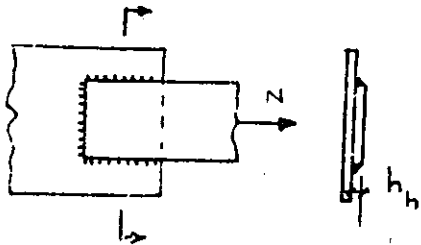
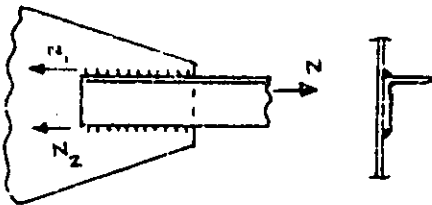
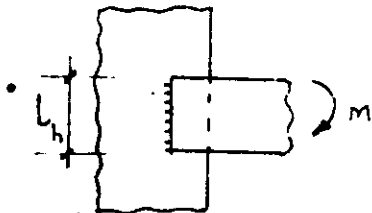
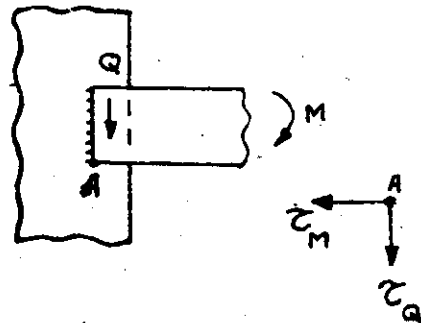
$R_o^h = 13 \text{ KN/cm}^2$

Đường hàn góc  $R_g^h = 15 \text{ KN/cm}^2$ .

§10. Những công thức cơ bản để tính liên kết.

Biểu 2.1

Số thứ	Công thức tính
<p>1.</p> 	<p>Kéo <math>\sigma = \frac{N}{F_h} \leq R_k^h</math></p> <p>Nén <math>\sigma = \frac{N}{F_h} \leq R_o^h</math></p> <p><math>F_h = l_h \cdot \delta_h</math>; <math>l_h = b - 1 \text{ cm}</math>; <math>\delta_h = \delta</math></p>
<p>2.</p> 	<p><math>\sigma = \frac{M}{W_h} = \frac{6M}{\delta_h \cdot l_h^2} \leq R_k^h</math></p>
<p>3.</p> 	<p>Kiểm tra theo 3 điều kiện</p> <p><math>\sigma = \frac{M}{W_h} &lt; R_k^h</math></p> <p><math>\tau = \frac{Q \cdot S_h}{J_h \cdot \delta_h} &lt; R_o^h</math></p> <p><math>\sigma_{td} = \sqrt{\left(\frac{M}{W_h}\right)^2 + 3 \left(\frac{Q}{F_h}\right)^2} &lt; R_k^h</math></p> <p>Trong đó:</p> <p><math>S_h = \frac{\delta_h \cdot l_h^2}{8}</math>; <math>J_h = \frac{\delta_h \cdot l_h^3}{12}</math></p>
<p>4.</p> 	<p><math>\sigma = \frac{M}{W_h} + \frac{N}{F_h} \leq R_k^h</math></p>
<p>5.</p> 	<p><math>\sigma = \frac{N \cdot \sin \alpha}{\delta_h \cdot l_h} \leq R_k^h</math></p> <p><math>\tau = \frac{N \cdot \cos \alpha}{\delta_h \cdot l_h} \leq R_o^h</math></p> <p><math>l_h = \frac{b}{\sin \alpha} - 1 \text{ cm}</math>.</p>

(1)	(2)
<p>6.</p> 	$\tau = \frac{N}{\delta_b \cdot \sum l_h} \leq R_s^h$ $\delta_b = 0,7h_h$
<p>7.</p>  <p> <math>K = \begin{matrix} 0,7 \\ 0,3 \end{matrix} \quad \begin{matrix} 0,65 \\ 0,35 \end{matrix} \quad \begin{matrix} 0,75 \\ 0,25 \end{matrix}</math> </p>	$N_1 = K \cdot N$ $N_2 = (1 - K)N$ <p><math>N_1, N_2</math> — lực tác dụng trên đường hàn sống và mép thép góc.</p>
<p>8.</p> 	$\tau = \frac{M}{W_h} = \frac{6 \cdot M}{\delta_b \cdot l_h^2} \leq R_s^h$
<p>9.</p> 	$\sqrt{\tau_M^2 + \tau_Q^2} \leq R_s^h$ $\tau_M = \frac{M}{W_h}; \tau_Q = \frac{Q}{F_h}$

§ 14. Những yêu cầu cấu tạo đối với đường hàn và liên kết hàn.

Tên gọi	Nội dung																													
1. Chiều dày của đường hàn góc $h_b$	<p><b>Lớn nhất:</b></p> <p>a) Không quá 1,2 lần chiều dày nhỏ nhất của phần tử đem hàn</p> <p>b) Khi hàn dọc theo biên mép (có vát tròn): đối với thép góc có chiều dày cạnh <math>\delta</math>:</p> <table data-bbox="627 537 1123 694"> <tr> <td>Khi <math>\delta \leq 6\text{mm}</math></td> <td><math>h_b \leq \delta - 1</math></td> </tr> <tr> <td>Khi <math>\delta = 7 - 16</math></td> <td><math>h_b \leq \delta - 2</math></td> </tr> <tr> <td>Khi <math>\delta &gt; 16</math></td> <td><math>h_b \leq \delta - 4</math></td> </tr> </table> <p><b>đối với thép chữ I:</b></p> <table data-bbox="627 761 1123 1008"> <tr> <td>Nº 15 - 12</td> <td><math>h_b \leq 4\text{mm}</math></td> </tr> <tr> <td>Nº 14 - 16</td> <td><math>h_b \leq 5\text{mm}</math></td> </tr> <tr> <td>Nº 18 - 27</td> <td><math>h_b \leq 6\text{mm}</math></td> </tr> <tr> <td>Nº 30 - 40</td> <td><math>h_b \leq 8\text{mm}</math></td> </tr> <tr> <td>Nº 45</td> <td><math>h_b \leq 10\text{mm}</math></td> </tr> <tr> <td>Nº 50 - 60</td> <td><math>h_b \leq 12\text{mm}</math></td> </tr> </table> <p><b>đối với thép chữ U</b></p> <table data-bbox="627 1075 1123 1299"> <tr> <td>Nº 5 - 8</td> <td><math>h_b \leq 4\text{mm}</math></td> </tr> <tr> <td>Nº 10 - 14</td> <td><math>h_b \leq 5\text{mm}</math></td> </tr> <tr> <td>Nº 16 - 27</td> <td><math>h_b \leq 6\text{mm}</math></td> </tr> <tr> <td>Nº 30</td> <td><math>h_b \leq 8\text{mm}</math></td> </tr> <tr> <td>Nº 36 - 4</td> <td><math>h_b \leq 10\text{mm}</math></td> </tr> </table> <p><b>Nhỏ nhất:</b></p> <p>a) Nhỏ đủ thỏa mãn những yêu cầu tính toán và cấu tạo.</p> <p>b) Thỏa mãn những số hiệu cho dưới đây</p>		Khi $\delta \leq 6\text{mm}$	$h_b \leq \delta - 1$	Khi $\delta = 7 - 16$	$h_b \leq \delta - 2$	Khi $\delta > 16$	$h_b \leq \delta - 4$	Nº 15 - 12	$h_b \leq 4\text{mm}$	Nº 14 - 16	$h_b \leq 5\text{mm}$	Nº 18 - 27	$h_b \leq 6\text{mm}$	Nº 30 - 40	$h_b \leq 8\text{mm}$	Nº 45	$h_b \leq 10\text{mm}$	Nº 50 - 60	$h_b \leq 12\text{mm}$	Nº 5 - 8	$h_b \leq 4\text{mm}$	Nº 10 - 14	$h_b \leq 5\text{mm}$	Nº 16 - 27	$h_b \leq 6\text{mm}$	Nº 30	$h_b \leq 8\text{mm}$	Nº 36 - 4	$h_b \leq 10\text{mm}$
	Khi $\delta \leq 6\text{mm}$	$h_b \leq \delta - 1$																												
Khi $\delta = 7 - 16$	$h_b \leq \delta - 2$																													
Khi $\delta > 16$	$h_b \leq \delta - 4$																													
Nº 15 - 12	$h_b \leq 4\text{mm}$																													
Nº 14 - 16	$h_b \leq 5\text{mm}$																													
Nº 18 - 27	$h_b \leq 6\text{mm}$																													
Nº 30 - 40	$h_b \leq 8\text{mm}$																													
Nº 45	$h_b \leq 10\text{mm}$																													
Nº 50 - 60	$h_b \leq 12\text{mm}$																													
Nº 5 - 8	$h_b \leq 4\text{mm}$																													
Nº 10 - 14	$h_b \leq 5\text{mm}$																													
Nº 16 - 27	$h_b \leq 6\text{mm}$																													
Nº 30	$h_b \leq 8\text{mm}$																													
Nº 36 - 4	$h_b \leq 10\text{mm}$																													
Chiều dày phần tử dày nhất trong liên kết (mm)	Chiều dày đường hàn $h_b$ đối với thép. (mm)																													
	Thép	Hợp kim thấp																												
	<table data-bbox="611 1612 1073 1836"> <tr> <td>Dưới 10</td> <td>4</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>11 - 20</td> <td>6</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>21 - 30</td> <td>8</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>31 - 50</td> <td>10</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Trên 50</td> <td>12</td> <td>—</td> </tr> </table>	Dưới 10	4	6	11 - 20	6	8	21 - 30	8	10	31 - 50	10	12	Trên 50	12	—														
Dưới 10	4	6																												
11 - 20	6	8																												
21 - 30	8	10																												
31 - 50	10	12																												
Trên 50	12	—																												

(1)	(2)
2. Chiều dài tính toán của đường hàn góc	Không nhỏ thua 40mm và không lớn hơn 60b <sub>t</sub> . Nếu đường hàn truyền lực (lực xuất hiện trên toàn bộ chiều dài đường hàn) thì chiều dài lớn nhất của mỗi bản không hạn chế. Đối với các phần tử của dàn, chiều dài nhỏ nhất khi hàn cạnh là 60mm, khi hàn đầu là toàn chiều dài mặt đầu.
3. Đường hàn đứt quãng	Với tải trọng tĩnh khoảng cách thông thủy giữa các đoạn đường hàn ngắt quãng không được lớn hơn 15δ trong những cấu kiện chịu nén và không lớn hơn 30δ trong những cấu kiện chịu kéo và cấu kiện không chịu lực (δ — chiều dày phần tử mảnh nhất trong liên kết).
4. Mỗi nối bản có chiều dày hoặc chiều rộng khác nhau	Tại mỗi nối kích thước các bản phải giống nhau, do đó đối với bản có chiều dày hoặc chiều rộng lớn hơn phải vát đi với độ nghiêng không quá 1 : 5. Cho phép không vát chiều dày khi chênh lệch chiều dày bản không lớn hơn 4mm và không lớn hơn 1/8 chiều dày bản mảnh nhất.
5. Đường hàn ở các mắt của kết cấu dàn	Hàn các phần tử vào bản mắt theo đường viền. Các phần tử dàn được sắp xếp sao cho khoảng cách giữa các đường hàn trên bản mắt không nhỏ thua 50 mm.
6. Đoạn chồng lên nhau trong liên kết chồng	Không nhỏ thua 5 lần chiều dày của phần tử mảnh nhất trong liên kết.

### §12. Các ví dụ.

**Ví dụ 2.1 :** Tính liên kết hàn theo sơ đồ 1 (bảng 2.1). Lực kéo tính toán  $N=500\text{KN}$ . Tiết diện bản thép  $250 \times 12\text{mm}$ .

Ứng suất trong đường hàn

$$\sigma = \frac{500}{(25 - 1) 1,2} = 17,4 \text{ KN/cm}^2 < R_k^h = 18 \text{ KN/cm}^2.$$

**Ví dụ 2.2 :** Tính liên kết hàn theo sơ đồ 5. Tiết diện bản thép  $b \times \delta = 250 \times 12\text{mm}$ . Lực kéo tính toán  $N = 600\text{KN}$ . Đường hàn đối đầu bố trí xiên 2 : 1 tương ứng với  $\alpha = 83^\circ 26'$ .

Diện tích tính toán của đường hàn

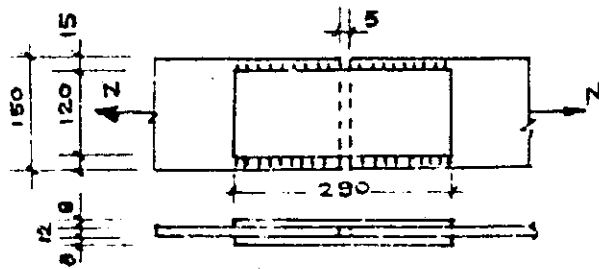
$$F_k = b_h \cdot \delta_h = \delta \left( \frac{b}{\sin \alpha} - 1 \right) = 1,2 \left( \frac{25}{0,894} - 1 \right) = 32,4 \text{ cm}^2.$$

Kiểm tra ứng suất kéo và cắt

$$\sigma = \frac{N \cdot \sin \alpha}{F_k} = \frac{600 \cdot 0,894}{32,4} = 16,6 \text{ KN/cm}^2 < R_k^h = 18 \text{ KN/cm}^2$$

$$\sigma = \frac{N \cdot \cos \alpha}{F_k} = \frac{600 \cdot 0,447}{32,4} = 8,3 \text{ KN/cm}^2 < R_c^h = 13 \text{ KN/cm}^2$$





Hình 2.1

Chiều dày cần thiết của 1 bản ốp

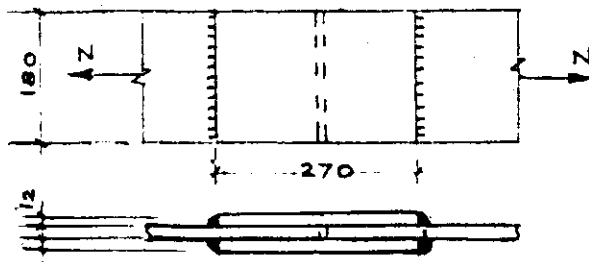
$$\delta_{op} = \frac{17,6}{2 \cdot 12} = 0,73 \text{ cm.}$$

Chọn  $\delta_{op} = 0,8 \text{ cm}$  và chiều cao đường hàn góc  $h_h = 0,8 \text{ cm}$ .

Tổng chiều dài đường hàn ở mỗi phía

$$\Sigma l_h = \frac{N}{\delta_h \cdot R_g^h} = \frac{370}{0,7 \cdot 0,8 \cdot 15} = 44 \text{ cm.}$$

Chiều dài của 1 đường hàn  $(44 : 4) + 1 = 12 \text{ cm}$ .



Hình 2.2

Chiều cao đường hàn cần thiết

$$h_h \geq \frac{N}{0,7 \Sigma l_h R_g^h} = \frac{420}{0,7 \cdot 34 \cdot 15} = 1,18 \text{ cm}$$

chọn  $h_h = \delta_{op} = 1,2 \text{ cm}$ .

Ứng suất trong bản ốp

$$\sigma_{op} = \frac{N}{F_{op}} = \frac{N}{2 \cdot b \cdot \delta_{op}} = \frac{420}{2 \cdot 18 \cdot 1,2} = 9,7 \text{ KN/cm}^2 < R = 21 \text{ KN/cm}^2$$

Ở đây bản ốp thừa nhiều.

**Ví dụ 2.3:** Tính mối nối thép bản  $150 \times 12 \text{ mm}$  chịu kéo  $N = 370 \text{ KN}$ . Dùng 2 bản ốp và đường hàn biên (H.2.1).

Chiều rộng bản ốp  $15 - 2 \times 1,5 = 12 \text{ cm}$ , trong đó  $1,5 \text{ cm}$  là khoảng để hàn ở mỗi bên.

Diện tích tiết diện 2 bản ốp.

$$2F_{op} = \frac{N}{R} = \frac{370}{21} = 17,6 \text{ cm}^2.$$

**Ví dụ 2.4:** Tính mối nối thép bản  $180 \times 12 \text{ mm}$  chịu kéo  $N = 420 \text{ KN}$ . Dùng 2 bản ốp và bố trí đường hàn góc theo 2 cách.

1) Đường hàn đầu (H.2.2).

Tổng chiều dài đường hàn ở mỗi phía mối nối

$$\Sigma l_h = 2(18 - 1) = 34 \text{ cm}$$

2) Đường hàn vòng quanh (H.23)

Cho bản thép  $140 \times 8 \text{ mm}$ ,  $h_h = 8 \text{ mm}$  tính được tổng chiều dài đường hàn cần thiết.

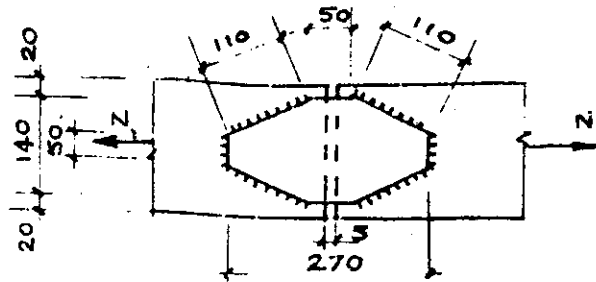
$$l_h = \frac{420}{0,7 \cdot 0,8 \cdot 15} = 50 \text{ cm.}$$

Cho chiều dài đường hàn đầu

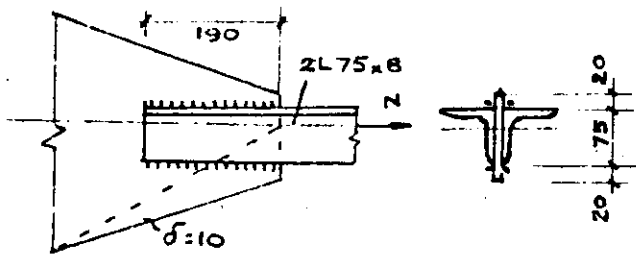
$$l^d = 5 \text{ cm} > l_{\min} = 4 \text{ cm.}$$

Vậy chiều dài cấu tạo của 1 đường hàn xiên là

$$l^x = \frac{1}{2} \left( \frac{50}{2} - 5 \right) + 1 = 11 \text{ cm}$$



Hình 2.3



Hình 2.4

Ví dụ 2.5: Tính liên kết 2 thép góc  $75 \times 8$  vào bản mặt dày  $\delta = 10 \text{ mm}$  (H.2.4). Lực kéo thép góc

$$N = 425 \text{ KN}$$

Chiều cao đường hàn

$$h_h = 0,8 \text{ cm.}$$

Chiều dài đường hàn sống ở mỗi bên cần

$$l_1 = \frac{\sum l_1}{1} = \frac{0,7N}{2 \cdot 0,7 \cdot h_h \cdot R_f^h} = \frac{425}{2 \cdot 0,8 \cdot 15} = 17,7 \text{ cm.}$$

Chiều dài cấu tạo của đường hàn sống

$$l_1 = 17,7 + 1 = 18,7 \approx 19 \text{ cm.}$$

Có thể giảm kích thước bản mặt theo đường đứt nét (vì chiều dài đường hàn mép tính được là  $l_2 = 7,6 + 1 = 8,6 \text{ cm}$ ).

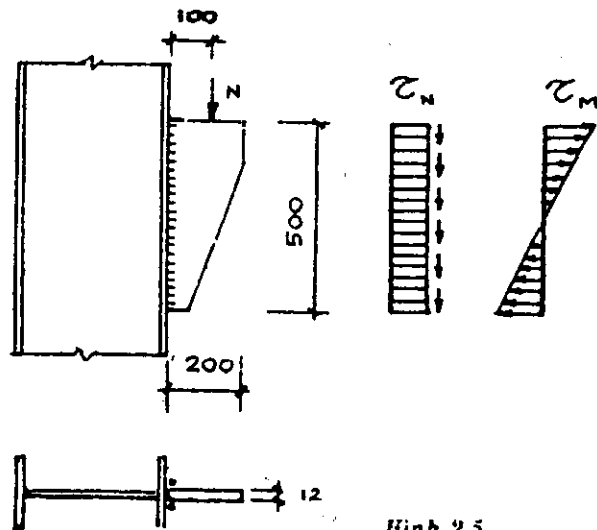
Ví dụ 2.6: Tính liên kết thép bản  $500 \times 12 \text{ mm}$  vào cột chữ I. Dùng đường hàn góc. Lực tập trung  $N = 750 \text{ KN}$  đặt lệch tâm đường hàn một đoạn  $a = 10 \text{ cm}$  (H.2.5).

Cho  $h_h = 1,2 \text{ cm}$ ,  $l_h = (50 - 1) \text{ cm}$

Ứng suất cắt phân bố trên khe hàn

$$\tau_N = \frac{N}{\delta_h \cdot \sum l_h} = \frac{750}{0,7 \cdot 1,2 \cdot 2(50 - 1)} = 9,1 \text{ KN/cm}^2$$

Ứng suất do uốn khe hàn, tính tại biên



Hình 2.5

$$\tau_M = \frac{M}{W_h} = \frac{N \cdot a}{2 \cdot \frac{\delta_h \cdot l_h^2}{6}} = \frac{3 \cdot 750 \cdot 10}{0,7 \cdot 1,2 \cdot (50 - 1)^2} = 12 \text{KN/cm}^2$$

Kiểm tra khe hàn chịu tác dụng đồng thời cắt và uốn

$$\tau_h = \sqrt{\tau_N^2 + \tau_M^2} = \sqrt{9,1^2 + 12^2} = 14,5 \text{KN/cm}^2 < R_c^h = 15.$$

## B. LIÊN KẾT ĐINH TÁN VÀ ĐINH BULÔNG

### §13. Nguyên tắc tính liên kết đinh

Trong liên kết chia ra 3 trường hợp chịu lực của đinh.

Trường hợp 1 — đinh chịu kéo, khi lực tác dụng dọc theo thân đinh.

Trường hợp 2 — đinh vừa chịu ép mặt vừa chịu cắt, khi lực tác dụng thẳng góc với thân đinh.

Trường hợp 3 — đinh đồng thời chịu lực tác dụng của 2 trường hợp 1 và 2.

Ở mỗi trường hợp cần xác định nội lực tác dụng lên thân đinh và yêu cầu giá trị nội lực đó không vượt quá khả năng chịu lực của đinh.

Ở trường hợp 1 khả năng chịu lực của đinh là khả năng chịu kéo. Ở trường hợp 2 là giá trị nhỏ nhất trong 2 khả năng chịu ép mặt và cắt của đinh. Ở trường hợp 3 — gồm 2 trường hợp trên.

Tính liên kết đinh thường thực hiện theo các bước sau đây.

Bước 1: Xác định lực tác dụng trong liên kết, vật liệu thép cơ bản và đinh, loại lỗ khoan hoặc đục (tương ứng lỗ loại B hoặc C); dự kiến hình thức liên kết.

Bước 2: Dự kiến số đinh, cách bố trí đinh và đường kính đinh, xác định nội lực lên 1 đinh và so sánh với khả năng chịu lực của đinh (hoặc ngược lại, lấy khả năng chịu lực của đinh làm cơ sở để tính số lượng đinh rồi bố trí liên kết). Cuối cùng cần kiểm tra khả năng chịu lực của thép cơ bản sau khi đã khoét lỗ đinh.

### §14. Cường độ tính toán và khả năng chịu lực của đinh

Cường độ tính toán của đinh tán  $R^d$ . KN/cm<sup>2</sup>.

Trạng thái chịu lực của đinh	Ký hiệu	Đinh thép CT33, CT34	Thép liên kết CT3
Cắt, B	$R_c^d$	18	—
Cắt, C	$R_c^d$	16	—
Ép mặt, B	$R_{cm}^d$	—	42
Ép mặt, C	$R_{cm}^d$	—	38
Kéo	$R_k^d$	12	—

Khi  $\gamma_3$  liên kết dùng đinh tán đầu chìm hoặc nửa chìm thì cường độ tính toán khi cắt và ép mặt giảm xuống 20% ( $0,8R^d$ ). Không cho phép dùng đinh tán loại này để chịu kéo.

Cường độ tính toán của bulông.  $R^{bl}$  KN/cm<sup>2</sup>

Loại bulông	Trạng thái chịu lực	Ký hiệu	Bulông thép BCT3	Thép liên kết CT3
Bulông tính	Kéo	$R_k^{bl}$	17	
	Cắt, B	$R_c^{bl}$	17	--
	Ép mặt, B	$R_{em}^{bl}$	--	38
Bulông thường và thô: — Liên kết có 1bulông	Kéo	$R_k^{bl}$	17	--
	Cắt	$R_c^{bl}$	15	--
	Ép mặt	$R_{em}^{bl}$	--	38
— Liên kết có nhiều bulông	Kéo	$R_k^{bl}$	17	--
	Cắt	$R_c^{bl}$	13	--
	Ép mặt	$R_{em}^{bl}$	--	34
Bulông neo	Kéo	$R_k^{bl}$	14	--

Khả năng chịu lực của một đinh  $N^{d,bl}$

Trạng thái chịu lực	Đinh tán $N^d$	Bulông $N^{bl}$
Cắt	$N_c^d = n_c \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot R_c^d$	$N_c^{bl} = n_c \cdot \frac{\pi d_0^2}{4} \cdot R_c^{bl}$
Ép mặt	$N_{em}^d = d \cdot \sum \delta \cdot R_{em}^d$	$N_{em}^{bl} = d_0 \sum \delta R_{em}^{bl}$
Kéo	$N_k^d = \frac{\pi d^2}{4} \cdot R_k^d$	$N_k^{bl} = \frac{\pi d_1^2}{4} \cdot R_k^{bl}$

Trong bảng trên:  $d, d_0$  — đường kính lỗ đinh và thân đinh. Khi tính liên kết đinh tán, đường kính thân đinh được phép lấy bằng đường kính lỗ đinh.

$d_1$  — đường kính qua đoạn ren thân đinh ( $d_1 < d_0$ )

$n_c$  — số mặt cắt qua một đinh.

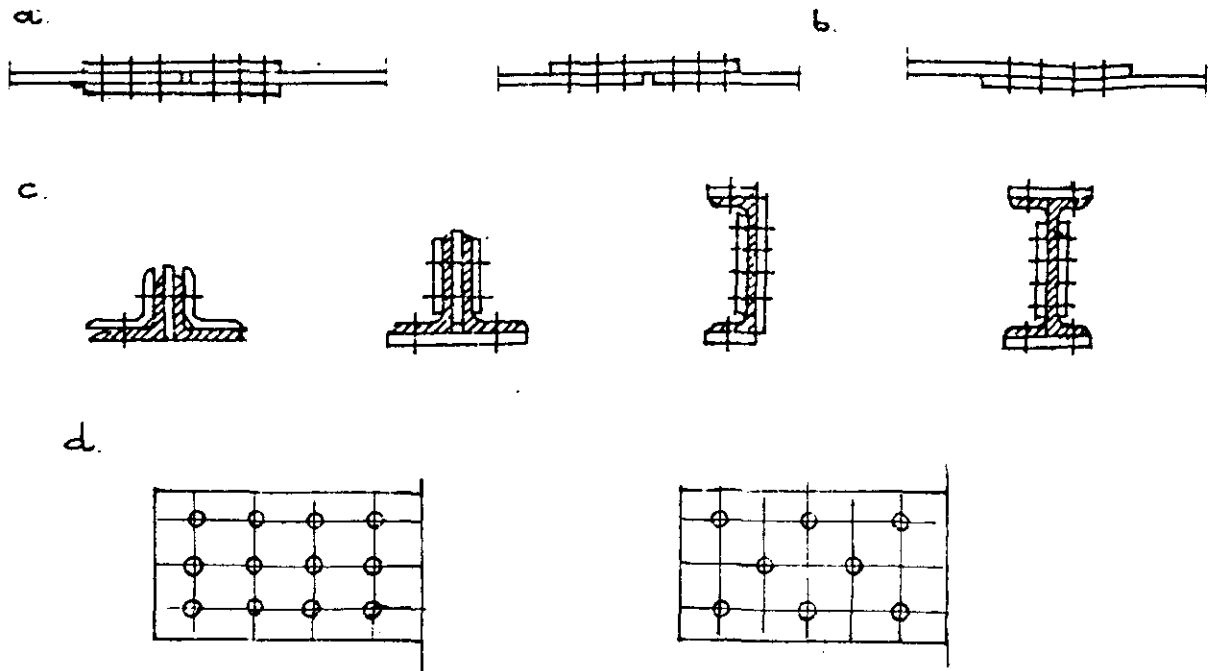
$\sum \delta$  — tổng nhỏ nhất các bề dày của liên kết bị ép mặt về một phía.

§ 15. Công thức tính một số trường hợp lực tác dụng lên một đỉnh

<p>Sơ đồ liên kết</p>	
<p>Tải trọng</p>	<p>Lực lớn nhất <math>N_1</math></p>
<p>Kéo hoặc nén đúng tâm <math>N</math></p>	$N_1 = \frac{N}{n}$ <p><math>n</math> — số đỉnh ở một phía liên kết</p>
<p>Mômen uốn <math>M</math></p>	$N_1 = \frac{M \cdot l_{max}}{K \cdot \sum l_i^2} \text{ (khi } l_1 \geq 3l)$ <p><math>K</math> — số hàng đỉnh ở một phía thẳng góc với trục liên kết.</p> $\sum l_i^2 = l_1^2 + l_2^2 + l_3^2 + \dots$
<p>Kéo hoặc nén lệch tâm (<math>N</math> và <math>M</math>)</p>	$N_1 = \frac{N}{n} + \frac{M \cdot l_{max}}{K \cdot \sum l_i^2}$
<p>Uốn và cắt (<math>M</math> và <math>Q</math>)</p>	$N_1 = \sqrt{\left(\frac{Q}{n}\right)^2 + \left(\frac{M \cdot l_{max}}{K \cdot \sum l_i^2}\right)^2}$

§ 16. Cấu tạo đỉnh và liên kết

1. Các hình thức liên kết. Hình 2.6 giới thiệu một số hình thức liên kết thép bản bố trí đối xứng (H.2.6a), không đối xứng (H.2.6b) và thép hình (H.2.6c). Liên kết không đối xứng (H.2.6b) ít dùng hơn vì trong liên kết sẽ gây ra mômen lệch tâm, lúc đó số đỉnh cần tăng lên 10% so với tính toán đối xứng. Đỉnh có thể bố trí thẳng hàng hoặc xen kẽ (H.2.6d). Trong liên kết phân tố chịu lực số đỉnh không được ít hơn 2. Đối với liên kết đỉnh tán, tổng bề dày các tấm trong liên kết không được quá 5 lần đường kính đỉnh, nếu dùng đỉnh mũ cao thì không quá 7 lần.



Hình 2.6. Các hình thức liên kết  
 a. đối xứng; b. không đối xứng; c. liên kết thép hình; d. bố trí đỉnh

2. Yêu cầu khoảng cách giữa các đỉnh

Phân loại	Khoảng cách
1. Khoảng cách giữa các tâm đỉnh lân cận theo phương bất kỳ.	
— nhỏ nhất	3d
— lớn nhất ở các hàng đỉnh ngoài, khi không có thép góc viền	8δ hay 12δ
— lớn nhất ở các hàng đỉnh ngoài khi có thép góc viền và ở các hàng đỉnh trong khi chịu kéo	16d hay 24δ
— như trên, khi chịu nén	12d hay 18δ
2. Khoảng cách từ tâm đỉnh đến biên phân tử	
— nhỏ nhất, dọc theo lực	2d
— nhỏ nhất, theo phương ngang lực đối với biên cắt	1,5d
— như trên, đối với biên thép cân	1,2d
— lớn nhất	4d hay 8δ

Chú thích: d — đường kính lỗ đỉnh.  
 δ — bề dày của tấm ngoài mỏng nhất.

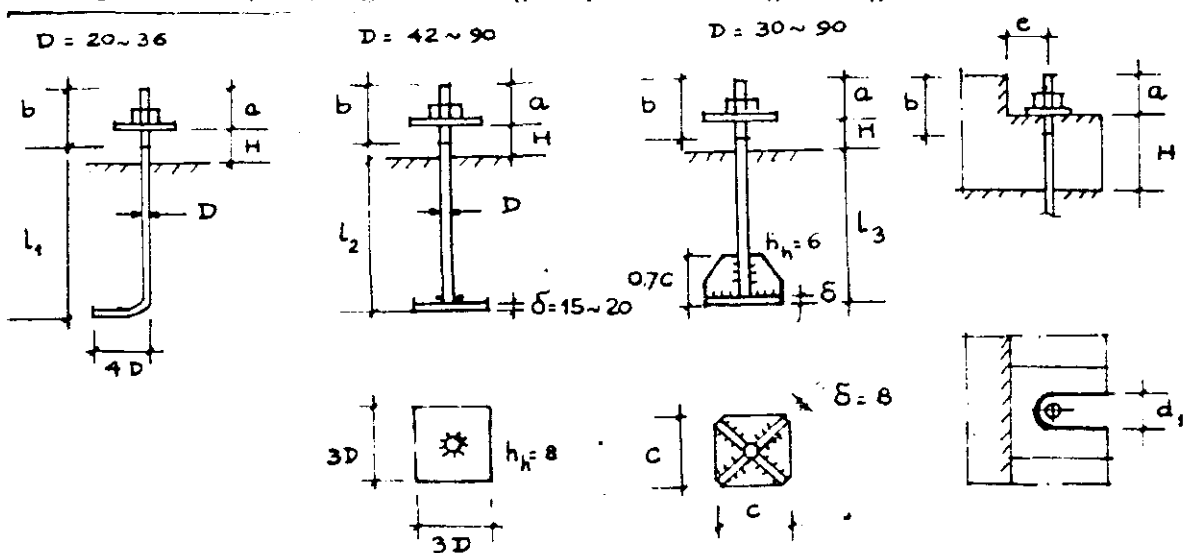
3. Đường kính đỉnh tán (mm).

Lỗ đỉnh d	12	15	17	19	21	23	25	28	31
Thân đỉnh d <sub>0</sub>	12	14	16	18	20	22	24	27	30

Đường kính đỉnh bulông thường và thô (mm)

Thân đỉnh d <sub>0</sub>	12	(14)	16	(18)	20	(22)	24	(27)	30
Qua ren d <sub>1</sub>	9,8	11,5	13,5	14,9	16,9	18,9	20,3	23,3	25,7
Lỗ đỉnh d	15	17	19	21	23	25	(27)	30	33
Chú thích :	Không nên dùng rỗng loại đường kính ghi trong dấu móc.								

§17. Cấu tạo bulông neo. Dùng thép BCT3, Móng bê tông mác 100 ~ 150



D	d	F <sub>min</sub>	N	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	C × δ	a	b	c	d <sub>1</sub>
mm	mm	cm <sup>2</sup>	KN	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
20	16,93	2,25	31,5	700	—	—	—	35	60	30	30
22	18,93	2,81	39,4	800	—	—	—	40	65	30	35
24	20,32	3,24	45,3	850	—	—	—	45	70	30	35
27	23,32	4,27	59,7	1000	—	—	—	50	75	35	40
30	25,71	5,19	72,5	1050	—	500	140 × 20	55	80	40	50
36	31,09	7,58	100	1300	—	600	200 × 20	65	90	45	60
42	36,46	10,45	146	—	1500	700	200 × 20	70	100	50	70
48	41,86	13,75	192	—	1700	800	240 × 25	80	100	60	80
56	49,25	19,02	266	—	2000	1000	240 × 25	100	120	70	90
64	56,64	25,2	352	—	2300	1100	280 × 30	110	130	80	100
72	64,64	32,8	459	—	2600	1300	280 × 30	120	145	90	110
80	72,64	41,4	580	—	2800	1400	350 × 40	140	155	100	120
85	77,64	47,3	652	—	3000	1500	350 × 40	140	170	120	130
90	82,64	53,6	750	—	3200	1600	400 × 40	150	180	130	140

Chú thích : d — đường kính qua ren.  
N — khả năng chịu lực.

§18. Liên kết bulông cường độ cao. Bulông làm bằng thép cường độ cao CT35 (có giới hạn bền  $\sigma_b = 80 \text{ KN/cm}^2$ ) và CT40× (có  $\sigma_b = 120 \text{ KN/cm}^2$ ). Dưới tác dụng của lực căng bulông  $P_b$ , các tấm của liên kết bị ép chặt lên nhau và gây ra lực ma sát để chịu lực trượt  $N$  ngang qua thân đinh.

Vậy mỗi bulông cường độ cao sẽ có khả năng chịu lực trượt  $N^{bc}$  là

$$N^{bc} = P_b \cdot f \cdot m$$

trong đó :

$m = 0,9$  — hệ số điều kiện làm việc, xét đến sự làm việc không đều nhau giữa các đinh trong liên kết.

$f$  — hệ số ma sát giữa 2 tấm trong liên kết có xu hướng trượt lên nhau.

$f = 0,45$  — khi bề mặt tấm được làm sạch bằng cách phun cát (đối với tấm thép CT3).

$f = 0,35$  — khi dùng bàn chải sắt.

$f = 0,25$  — khi bề mặt tấm không làm sạch.

Lực căng bulông  $P_b$  lấy bằng 60% khả năng chịu kéo của bulông

$$P_b = 0,60 \cdot \sigma_b \cdot F_1$$

trong đó:  $F_1$  — diện tích tiết diện qua ren.

Cuối cùng, có :

$$N^{bc} = 0,60 \cdot \sigma_b \cdot F_1 \cdot f \cdot m$$

Yêu cầu kiểm tra liên kết theo điều kiện

$$N \leq N^{bc} \cdot n_t$$

trong đó:  $N$  — ngoại lực trượt (tác dụng thẳng góc thân đinh) lên 1 đinh.

$n_t$  — số mặt ma sát trong liên kết.

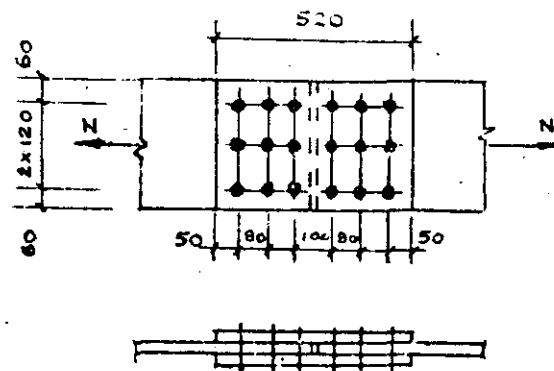
Đường kính lỗ và đinh bulông cường độ cao có qui cách như đối với bulông thường.

### §19. Các ví dụ.

Ví dụ 2.7: Tính liên kết đinh tán 2 bản  $360 \times 20 \text{ mm}$ , có 2 bản ốp, chịu lực kéo đúng tâm  $N = 1200 \text{ KN}$  (H. 2.7). Vật liệu thép CT3; đinh — thép CT2d. Lô đục loại C.

Lấy đường kính đinh  $d = 2,3 \text{ cm}$  và chiều dày bản ốp 1,2 cm. Số lượng mặt cắt  $n_c = 2$ ;  $\Sigma s = 2,0 \text{ cm}$ .

Khả năng chịu lực của 1 đinh theo điều kiện cắt và ép mặt.



Hình 2.7



$$[N]_c^d = n_c \cdot R_c^d \cdot \frac{\pi d^2}{4} = 2 \cdot 16 \cdot \frac{\pi \cdot 2,3^2}{4} = 133 \text{ KN.}$$

$$[N]_{am}^d = R_{em}^d \cdot d \cdot \sum \delta = 38 \cdot 2,3 \cdot 2 = 175 \text{ KN} > [N]_c^d = 133.$$

Số đinh cần thiết:

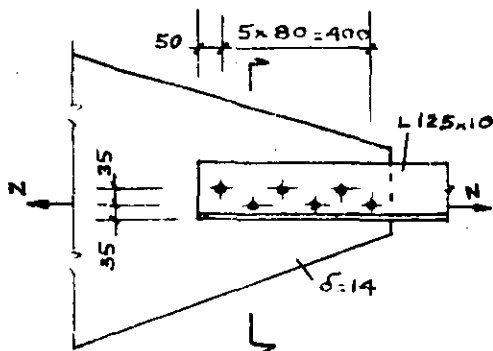
$$n = \frac{N}{[N]_c^d} = \frac{1200}{133} \approx 9 \text{ cái.}$$

Kiểm tra tiết diện bản theo hàng đinh thứ nhất

$$\sigma = \frac{N}{F_{th}} = \frac{N}{(b - kd)\delta} = \frac{1200}{(36 - 3 \cdot 2,3)2} = 20,6 \text{ KN/cm}^2 < R = 21.$$

Bố trí đinh phù hợp với những yêu cầu cấu tạo của liên kết.

**Ví dụ 2.8.** Tính liên kết thép góc L 125 × 10 vào bản mặt dày δ = 14mm. Lực kéo thép góc N = 350KN. Dùng đinh tán đường kính d = 23mm, lỗ đinh nhóm C. Thép CT3. Đinh CT2d.



Hình 2.8

Khả năng chịu cắt của 1 đinh

$$\begin{aligned} [N]_c^d &= n_c \cdot \frac{\pi d^2}{5} \cdot R_c^d = \\ &= 1 \cdot \frac{\pi \cdot 2,3^2}{4} \cdot 16 = 66,4 \text{ KN.} \end{aligned}$$

Khả năng chịu ép mặt của 1 đinh

$$\begin{aligned} [N]_{am}^d &= d \cdot \sum \delta \cdot R_{em}^d = 2,3 \cdot 1 \cdot 38 = \\ &= 87,5 \text{ KN} > [N]_c^d. \end{aligned}$$

Số lượng đinh tính toán

$$n = 1,1 \cdot \frac{N}{[N]_c^d} = 1,1 \cdot \frac{350}{66,4} = 5,8 \text{ cái.}$$

trong đó 1,1 là hệ số kể đến sự bố trí không đối xứng của liên kết làm giảm khả năng chịu lực của đinh.

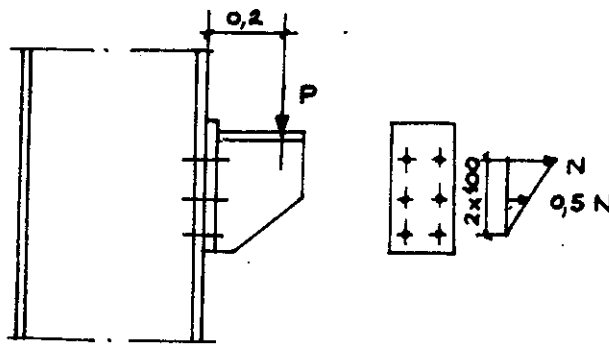
Vậy dùng 6 đinh, bố trí so le như hình vẽ (H. 2.8).

**Ví dụ 2.9.** Xác định đường kính của 6 bulông trong liên kết giá đỡ vào cột (H. 2.9). Lực tác dụng lệch tâm P = 60KN, e = 20cm. Vật liệu kết cấu và bulông là thép CT.3. Bản đế của giá đỡ dày 10mm. Cột chữ I cánh dày 12 mm.

Đường kính bulông theo điều kiện chịu cắt và ép mặt

$$d_c = \sqrt{\frac{4P}{n\pi \cdot R_c^{bl}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 60}{6 \cdot 3,14 \cdot 13}} = 0,99 \text{ cm.}$$

$$d_{em} = \frac{P}{n \cdot \sum \delta \cdot R_{em}^{bl}} = \frac{60}{6 \cdot 1,0 \cdot 34} = 0,29 \text{ cm.}$$



Hình 2-9

Momen  $M = P \cdot e$  gây kéo không đều các bulông. Lực kéo 1 bulông phía trên lớn nhất là :

$$N_i = \frac{M \cdot e_{\max}}{K \cdot \sum e_i^2} = \frac{60 \cdot 0,2 \cdot 0,2}{2(0,1^2 + 0,2^2)} = 24 \text{KN.}$$

Diện tích cần thiết của bulông :

$$F_{th} = \frac{N_i}{R_k^{bi}} = \frac{24}{17} = 1,41 \text{cm}^2$$

Chọn bulông có đường kính  $d = 16 \text{mm} > d_c$ .

Vi dụ 2-10. Tính liên kết (H. 2.10) đỉnh tán chịu  $M = 638 \text{KNm}$ . Đỉnh đường kính  $d = 23 \text{mm}$ . Lỗ khoan.

Xác định lực lớn nhất tác dụng lên một đỉnh ngoài cùng :

$$N_{\max} = \frac{M \cdot l_{\max}}{n \sum l_i^2} = \frac{63800 \cdot 130}{2 \cdot 45500} = 91 \text{KN.}$$

$$l_{\max} = 130 \text{cm.}$$

$$\sum l_i^2 = 10^2(1 + 3^2 + 5^2 + 7^2 + 9^2 + 11^2 + 13^2) = 45500 \text{cm}^2.$$

Khả năng chịu lực nhỏ nhất của một đỉnh theo điều kiện ép mặt :

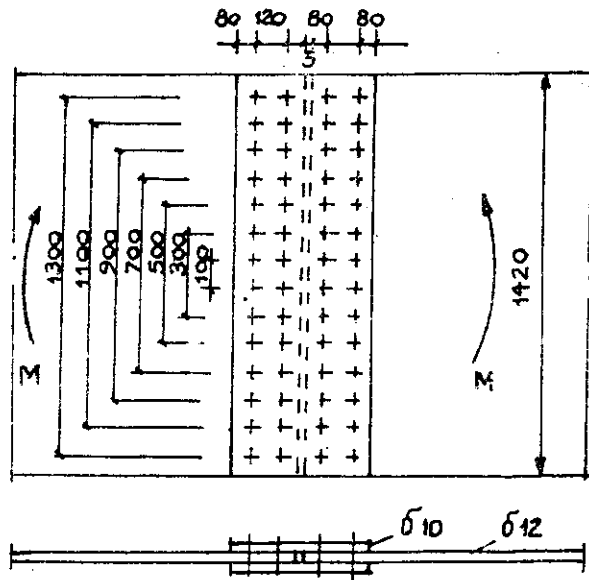
$$[N]_{em}^d > d \cdot \sum \delta \cdot R_{em}^d = 2,3 \cdot 1,2 \cdot 42 = 116 \text{KN.}$$

Vậy liên kết bảo đảm chịu lực.

Kiểm tra điều kiện bền của thép cơ bản sau khi trừ lỗ đỉnh :

$$J = \frac{1,2 \cdot 142^3}{12} - 1,2 \times 2,3 \times \frac{1}{2} \sum l_i^2 = 223539 \text{cm}^4.$$

$$\sigma = \frac{M \cdot h}{J \cdot 2} = \frac{63800 \cdot 142}{2 \cdot 223539} = 20,3 < R = 21 \text{KN/cm}^2.$$



Hình 2-10

## Chương III

### DẪM THÉP

Trong chương này sẽ trình bày 2 phần: tính hệ dầm sàn và tính hệ dầm cầu trục

#### A. HỆ DẪM SÀN

Tính hệ dầm sàn bao gồm: tính bản sàn, tính dầm phụ, tính dầm chính.

##### § 20. Bản sàn.

##### 1. Phân bố tải trọng.

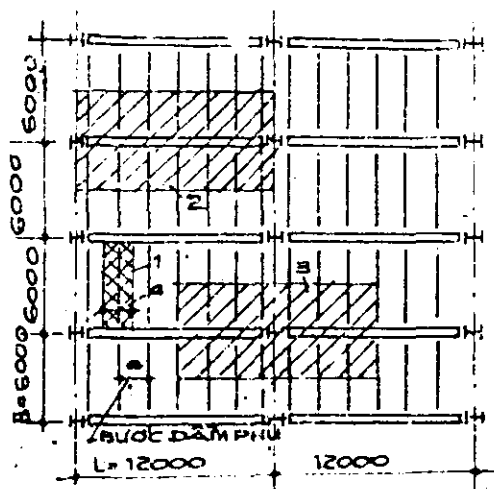
Tác dụng lên sàn thường là tải trọng phân bố đều: tải trọng thường xuyên và tải trọng tạm thời. Tải trọng thường xuyên là trọng lượng bản thân của toàn bộ hệ sàn. Lúc đầu chưa biết chính xác thường căn cứ vào kinh nghiệm thiết kế để giả thiết trước. Do kết cấu thép có trọng lượng bản thân nhỏ, nên sự giả thiết ban đầu này không ảnh hưởng lớn đến kết quả chọn tiết diện. Tùy từng loại sàn mà có tải trọng tạm thời khác nhau, căn cứ vào qui phạm «Tải trọng và tác động» (TCVN 2737 — 78) để quyết định.

Diện tích nhận tải trọng phân bố đều tác dụng lên các kết cấu chịu lực của sàn

được trình bày trên hình 3.1. Tác dụng lên dầm phụ là diện tích 1, lên dầm chính là diện tích 2, lên cột là diện tích 3.

Bản sàn trực tiếp nhận tải trọng tác dụng lên sàn để truyền xuống dầm phụ, vì vậy bản sàn phải đủ cường độ và độ cứng để chịu tải trọng. Bản sàn có thể bằng beton cốt thép hoặc bằng thép.

2. Chọn chiều dày bản sàn. Khi thiết kế có thể sơ bộ chọn chiều dày bản sàn bằng beton cốt thép như các trị số ghi trong bảng 3.1.



Hình 3.1. Phân bố tải trọng lên các kết cấu chịu lực của sàn

Chiều dày bản sàn bằng beton cốt thép

Bảng 3-1.

Nhịp tính toán của bản (m)	Chiều dày bản tính bằng cm khi có tải trọng tiêu chuẩn <sup>2</sup> tính bằng KN/m <sup>2</sup>			
	15 ~ 20	20 ~ 25	25 ~ 30	30 ~ 35
1,5 ~ 2,0	10	12	12	14
2 ~ 2,5	12	12	14	16
2,5 ~ 3	14	14	16	18

Chiều dày bản sàn bằng thép có thể sơ bộ chọn như sau: khi tải trọng tiêu chuẩn tác dụng lên sàn  $\leq 10\text{KN/m}^2$  chọn 6mm, khi  $10 \sim 20\text{KN/m}^2$  chọn 6 ~ 8mm, khi  $> 20\text{KN/m}^2$  chọn 12 -- 14mm.

Khi cần kiểm tra lại độ dày chính xác của bản sàn cần xem thêm giáo trình kết cấu thép tập I và giáo trình beton cốt thép.

§ 21. Tính dầm phụ.

Dầm phụ có nhịp nhỏ nên làm bằng thép định hình có tiết diện I, C. Tiết diện I hay dùng hơn tiết diện C vì nó đối xứng theo cả hai trục ngang và đứng.

1. Chọn tiết diện.

Dầm phụ được tính theo sơ đồ dầm đơn giản nên trị số momen lớn nhất ở giữa dầm rất dễ xác định. Khi dùng sơ đồ dầm liên tục nhiều nhịp phải dùng phương trình 3 mômen để xác định nội lực ở gối và ở nhịp. Dùng mômen lớn nhất để chọn tiết diện dầm.

Khi dầm làm việc trong trạng thái đàn hồi:

$$W_{yc} = \frac{M_{max}}{R} \quad (3-1)$$

Khi dầm làm việc trong trạng thái phát triển biến hình dẻo:

$$W_{yc} = \frac{M_{max}}{1,12R} \quad (3-2)$$

Trong đó  $W_{yc}$  — mômen chống uốn nhỏ nhất để chịu được momen lớn nhất  $M_{max}$  do tải trọng gây ra trong dầm  $R$  — cường độ tính toán của thép.

Có được  $W_{yc}$  tra bảng chọn thép hình thích hợp.

2. Kiểm tra lại tiết diện.

— Tại tiết diện có  $M_{max}$  phải thỏa mãn:

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W_{th}} \leq R \quad (3-3)$$

hoặc

$$\sigma = \frac{M_{max}}{1,12W_{th}} \leq R \quad (3-4)$$

$W_{th}$  — mômen chống uốn của tiết diện dầm đã chọn.

— Tại tiết diện có  $Q_{\max}$  (gỗ: tựa, hoặc nơi có tải trọng tập trung tác dụng lên dầm) phải thỏa mãn

$$\tau = \frac{Q_{\max} S}{J \delta_b} \leq R_c \quad (3-5)$$

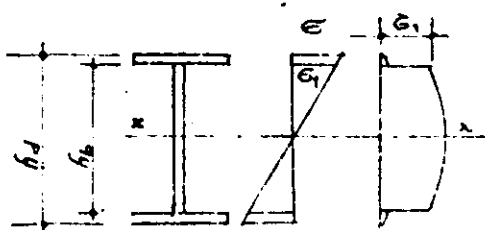
Trong đó:  $Q_{\max}$  — lực cắt lớn nhất.

$S$  — mômen tĩnh của tiết diện

$J$  — mômen quán tính

$\delta_b$  — chiều dày bụng dầm.

— Tại tiết diện có  $M$  và  $Q$  tương đối lớn cần kiểm tra lại ứng suất tương đương:



$$\sigma_d = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} \leq 1,15R. \quad (3-6)$$

$\sigma_1, \tau_1$  — trình bày trên hình (3.2).

— Khi có tải trọng tập trung tác dụng vào cánh trên của dầm cần kiểm tra ứng suất cục bộ:

$$\sigma_{cb} = \frac{P}{z\delta_b} \leq R \quad (3-7)$$

Hình 3.2. Sơ đồ để xác định  $\sigma_1, \tau_1$

Trong đó:  $z$  — chiều dài đoạn phân bố ứng suất tập trung

$$z = b + 2(t + r) \quad (3-8)$$

$b$  — chiều rộng tấm đệm để đặt tải trọng tập trung

$t$  — chiều dày cánh dầm

$r$  — bán kính góc lượn tại nơi giao nhau của bản cánh và bụng dầm.

Dầm phụ không cần kiểm tra ổn định tổng thể và ổn định cục bộ. Bởi vì dầm phụ luôn có bản sàn liên kết ở cánh trên, do vậy trong mọi điều kiện cánh trên của dầm không thể vênh ra ngoài mặt phẳng dầm. Dầm phụ thường làm bằng thép cán nóng nên độ dày của thành bụng và cánh dày hơn những giới hạn về ổn định cục bộ.

### § 22. Tính dầm chính.

Dầm chính có thể là dầm định hình hoặc dầm tổ hợp hàn. Khi kích thước nhịp nhỏ, tải trọng nhỏ nên tận dụng dùng dầm định hình.

Cách tính dầm chính bằng dầm định hình cũng giống như cách tính dầm phụ đã trình bày ở mục trước. Chỉ khác ở chỗ phải xem xét đến ổn định tổng thể.

Các giới hạn để phải xem xét đến ổn định tổng thể của dầm được ghi trong bảng (3-2).

Tỷ số lớn nhất của  $l_0/b$  khi không cần kiểm tra ổn định tổng thể của dầm bằng thép CT3

Bảng 3-2

Kiểu dầm	$\frac{h}{b}$	Giá trị lớn nhất của $l_0/b$ đối với dầm có tỷ số kích thước					
		$h/\delta_c = 100$			$h/\delta_c = 50$		
		Khi tải trọng đặt ở		Khi có cổ kết trung gian đặt ở cánh trên không phụ thuộc nơi đặt tải	Khi tải trọng đặt ở		Khi có cổ kết trung gian đặt ở cánh trên không phụ thuộc nơi đặt tải
		Cánh trên	Cánh dưới		Cánh trên	Cánh dưới	
Hàn	2	18	28	22	19	30	23
	4	16	26	19	18	27	21
	6	15	24	18	16	25	19
Tán	2	21	30	24	30	42	33
	4	18	28	21	25	35	27
	6	16	25	19	21	32	24

Trong đó:  $l_0$  -- Chiều dài tính toán của dầm bằng khoảng cách giữa các điểm cố kết của cánh chịu nén.

$\delta_c, b$  -- Chiều dày và chiều rộng của cánh chịu nén.

$h$  -- Chiều cao tiết diện dầm.

Trường hợp tỷ số  $l_0/b$  lớn hơn những trị số ghi trong bảng (3-2) phải kiểm tra dầm về ổn định tổng thể.

### §23. Chọn tiết diện dầm tổ hợp hàn.

— Chiều cao tiết diện dầm có thể xác định theo công thức kinh nghiệm sau:

$$h = (5,5 \sim 6,5) \sqrt{W_{yc}} \quad (3-9)$$

Trong đó  $W_{yc} = \frac{M_{max}}{R}$  -- mômen quán tính yêu cầu của tiết diện dầm.

— Chiều dày bụng dầm có thể xác định theo công thức kinh nghiệm sau:

$$\delta_b = 7 + 3h \quad (3-10)$$

$h$  -- Chiều cao tiết diện dầm tính bằng m.

$a$  -- Chiều dày bụng dầm tính bằng mm.

— Chiều dày nhỏ nhất của bụng dầm phải đủ để chịu lực cắt  $Q$  lớn nhất ở gối tựa theo điều kiện:

$$\delta_{min} \geq \frac{3}{2} \frac{Q}{hR_c} \quad (3-11)$$

$R_c$  -- Cường độ chịu cắt của thép.

-- Chiều cao có lợi nhất của dầm

$$h_{ln} = k \sqrt{\frac{W_{yc}}{\delta_b}} \quad (3-12)$$

$k = 1,15$  khi tiết diện dầm không dôi.

$k = 1,10$  khi tiết diện dầm thay dôi.

Sau khi có chiều cao lợi nhất của tiết diện  $h_{ln}$  và chiều dày  $\delta_b$  của bụng dầm, tiếp tục chọn tiết diện dầm như sau:

-- Mômen quán tính yêu cầu của tiết diện:

$$J_{yo} = W_{yo} \frac{h}{2} = J_b + J_c \quad (3-13)$$

$J_b, J_c$  -- momen quán tính của bụng và của cánh dầm đối với trục ngang đi qua tiết diện giữa dầm.

-- Mômen quán tính cánh dầm:

$$J_c = 2F_c \left(\frac{h}{2}\right)^2 \quad (3-14)$$

từ đó rút ra được:

$$F_c = \frac{W_{yc}}{h} - \frac{F_b}{6}$$

tiết diện dầm có lợi nhất khi  $2F_c = F_b$  và do vậy:

$$F_c = \frac{3}{4} \frac{W_{yc}}{h} \quad (3-15)$$

Có được diện tích bản cánh sẽ phân phối ra chiều dày và chiều rộng  $a_c$  và  $b_c$ . Khi phân phối cần chú ý đảm bảo: -- điều kiện ổn định cục bộ  $b_c \leq 30 a_c$  (đối với thép CT3) và  $b_c \leq 30 a_c \sqrt{\frac{21}{R}}$  (đối với các loại thép khác). Chiều rộng bản cánh càng lớn càng có lợi về ổn định tổng thể. -- Điều kiện về cấu tạo:  $\delta_b \leq \delta_c \leq 3\delta_b$ .

$\delta_b, \delta_c$  phải tuân theo qui cách thép xây dựng.

-- Kiểm tra tiết diện dầm đã chọn.

Kiểm tra tiết diện dầm về cường độ cũng dùng các công thức (3-3), (3-4), (3-5), (3-6), (3-7) đã dùng ở mục trước. Chỉ khác là các đặc trưng hình học  $W, J, \delta$  đều lấy theo tiết diện thực đã chọn.

#### § 24. Dầm tiết diện dầm hàn.

Dầm đơn giản có momen lớn nhất ở vùng giữa, vùng gần đầu dầm có momen nhỏ. Nếu chọn tiết diện theo momen lớn nhất ở giữa dầm rồi dùng tiết diện đó cho suốt chiều dài dầm sẽ gây lãng phí. Dầm có nhịp  $\leq 30m$  chỉ biến đổi tiết diện tại vị trí cách gối tựa  $1/6$  nhịp.

Tại tiết diện cách gối tựa  $1/6$  nhịp có mômen uốn là  $M_1$ , từ đó tìm được  $W_1$  tương ứng với  $M_1$ , từ  $W_1$  theo công thức (3-15) tìm ra được  $F_1$  là tiết diện bản cánh của dầm chịu được  $M_1$ . Tiết diện mới này có  $\delta_b$ ,  $h$ ,  $\delta_c$  giống tiết diện giữa dầm, chỉ khác chiều rộng bản cánh  $b_1$ . Bề rộng  $b_1$  phải thỏa mãn điều kiện:

$$b_1 \geq \frac{1}{10} h, \quad h_1 \geq 180\text{mm}, \quad h_1 \geq \frac{1}{2} b_c.$$

Dùng công thức (3-3), (3-5) để kiểm tra lại khả năng chịu lực của tiết diện. Nếu tại chỗ dầm tiết diện chịu tải trọng tập trung cần kiểm tra lại ứng suất cục bộ (3-7) và ứng suất tương đương.

$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_{cb}^2 - \sigma_1 \sigma_{cb} + 3\tau_1^2} \leq 1,15R \quad (3-16)$$

$\sigma_1, \tau_1$  — Xác định như đã chỉ dẫn trên hình (3-2).

### § 25. Liên kết giữa cánh và bụng dầm.

Dưới tác dụng của tải trọng cánh và bụng dầm trượt lên nhau, liên kết là để chống lại sự trượt đó. Lực trượt trên 1cm liên kết giữa cánh và bụng dầm là:

$$T = \frac{QS_c}{J} \quad (3-17)$$

Lực trượt  $T$  đó phải nhỏ hơn khả năng chịu lực của 1cm đường hàn liên kết giữa cánh và bụng dầm.

$$\frac{QS_c}{J} \leq 2\beta h R_g^h$$

Do vậy chiều cao đường hàn liên kết giữa cánh và bụng dầm phải thỏa mãn:

$$h_h \geq \frac{QS_c}{2\beta J R_g^h} \quad (3-18)$$

Trong đó:  $Q$  — Lực cắt lớn nhất, có thể xảy ra tại gối tựa

$S_c$  — Mômen tĩnh của cánh dầm đối với trục trung hòa

$J$  — Mômen quán tính của tiết diện dầm.

$R_g^h$  — Cường độ đường hàn góc.

$\beta$  — Hệ số độ cao đường hàn,  $\beta = 0,7$  dùng cho đường hàn góc thường,  $\beta = 1$  dùng cho đường hàn sâu.

### § 26. Kiểm tra ổn định tổng thể.

Trường hợp tỷ số  $l_0/h$  lớn hơn những trị số ghi trong bảng (3-2) phải kiểm tra lại ổn định tổng thể của dầm theo công thức:

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq r_1 R \quad (3-19)$$



$\varphi_d = \frac{\sigma_{th}}{R}$  — hệ số giảm yếu khả năng chịu lực của dầm khi xét đến ổn định tổng thể và được tính theo công thức:

$$\varphi_d = \varphi \frac{J_y}{J_x} \left( \frac{h}{l_0} \right)^2 \times 10^3 \quad (3-20)$$

$\varphi$  — Hệ số tra bảng (3-3) theo  $\alpha$ .

$$\alpha = 8 \left( \frac{l_0 \delta_c}{bh} \right)^2 \left( 1 + \frac{d\delta_b^2}{b\delta_c^2} \right) \quad (3-21)$$

$l_0$  — Khoảng cách giữa 2 điểm cố kết của cánh trên không cho vênh ra ngoài mặt phẳng dầm.

$b, \delta_c$  — Chiều rộng và chiều dày của cánh trên.

$d = 0,5h_b$  ( $h_b$  — Chiều cao bán bụng dầm).

$\delta_b$  — Chiều dày bụng dầm.

$h$  — Chiều cao tiết diện dầm

$J_y, J_x$  — Momen quán tính theo trục  $y$  và  $x$  của dầm.

Khi tính ra  $\varphi_d > 0,85$  phải dùng  $\varphi'_d$  thay cho  $\varphi_d$  trong công thức (3-19).  $\varphi'_d$  tra bảng (3-4)

Trị số  $\varphi$  trong công thức (3-20)

Bảng 3-3

$\alpha$	Đối với dầm không có các ổ kết & nhịp				Khi có các ổ kết trong giữa & cánh trên, không phụ thuộc vào vị trí tải trọng
	Khi tải trọng tập trung đặt ở		Khi tải trọng phân bố đều đặt ở		
	Cánh trên	Cánh dưới	Cánh trên	Cánh dưới	
0,1	1,73	5,00	1,57	3,81	2,17
0,4	1,77	5,03	1,60	3,85	2,20
1,0	1,85	5,11	1,67	3,90	2,27
4	2,21	5,47	1,98	4,23	2,56
8	2,63	5,91	2,35	4,59	2,90
16	3,37	6,65	2,99	5,24	3,50
24	4,03	7,31	3,55	5,79	4,00
32	4,59	7,92	4,04	6,25	4,45
48	5,60	8,88	4,90	7,13	5,23
64	6,52	9,80	5,65	7,92	5,91
80	7,31	10,59	6,30	8,58	6,51
96	8,05	11,29	6,93	9,21	7,07
128	9,40	12,67	8,05	10,29	8,07
160	10,59	13,83	9,04	11,30	8,95
240	13,21	16,36	11,21	13,48	10,86
320	15,31	18,55	13,04	15,29	12,48
400	17,24	20,48	14,57	16,80	13,91

Hệ số  $\varphi_d$

Bảng 3-4

$\varphi_d$	0,85	0,9	0,95	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,55
$\varphi_d$	0,85	0,871	0,89	0,904	0,927	0,948	0,964	0,98	1,00

§ 27. Kiểm tra ổn định cục bộ.

Để đảm bảo ổn định cục bộ chiều rộng cánh dầm phải luôn luôn thỏa mãn điều kiện  $b \leq 30 \delta_c$ .

— Đối với phần bụng dầm gần gối tựa, chủ yếu chịu ứng suất tiếp.

Nếu  $h_b \leq 70 \delta_b$  sẽ bảo đảm ổn định cục bộ, nếu ngược lại sẽ mất ổn định cục bộ.

— Đối với phần bụng ở vùng giữa dầm mất ổn định chủ yếu do ứng suất pháp.

Nếu  $h_b \leq 160 \delta_b$  sẽ đảm bảo ổn định cục bộ, nếu ngược lại sẽ mất ổn định cục bộ.

Các giới hạn này chỉ dùng cho thép CT3.

Khi bản bụng mất ổn định cục bộ cần đặt các sườn cứng và sau đó kiểm tra lại ổn định cục bộ của dầm. (Xem thêm giáo trình kết cấu thép tập I mục 4.2 chương III).

§ 28. Tính đầu dầm và nối dầm.

Đầu dầm là phần trực tiếp chịu phản lực của gối tựa, cần kiểm tra lại theo ép mặt và theo ổn định. Theo ép mặt phải thỏa mãn điều kiện.

$$\sigma_{cm} = \frac{A}{F_{cm}} \leq R_{cm} \quad (3-22)$$

Trong đó: A — Phản lực gối tựa của dầm

$F_{cm}$  — Diện tích trực tiếp chịu ép mặt

$R_{cm}$  — Cường độ chịu ép mặt.

Theo ổn định phải thỏa mãn:

$$\sigma = \frac{A}{\varphi F_d} \leq R \quad (3-23)$$

Trong đó  $F_d$  — Diện tích tiết diện gân đầu dầm, bao gồm diện tích sườn cứng đầu dầm với phần bản bụng cách hai bên sườn cứng đầu dầm một khoảng  $15 \delta_b$ .

$\varphi$  — Hệ số uốn dọc theo phương ngoài mặt phẳng dầm, tra bảng theo độ mảnh  $\lambda$ .

$$\lambda = \frac{h}{r_d} = \frac{h}{\sqrt{\frac{J_d}{F_d}}} \quad (3-24)$$

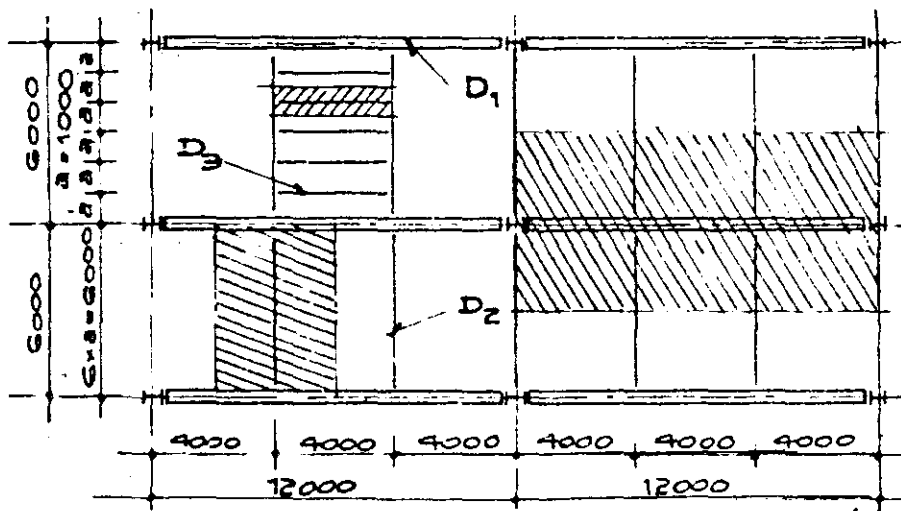
Khi dầm dài quá độ dài của thép bản cần phải nối. Mỗi nối tại vị trí có momen nhỏ hơn  $0,85 M_{max}$  chỉ cần dùng đường hàn đối đầu thẳng góc ở bản bụng cũng như ở bản cánh. Nếu buộc phải nối dầm tại vị trí có momen xấp xỉ với  $M_{max}$  như vùng giữa dầm trong dầm đơn giản thì dùng đường hàn đối đầu thẳng góc đối với bản bụng và xiên góc đối với bản cánh chịu kéo.

§ 29. Ví dụ (3-1) : Tính sàn công tác bằng thép cho một phần xưởng có lưới cột  $6 \times 12\text{m}$ . Hoạt tải tiêu chuẩn phân bố đều tác dụng lên sàn là  $q_0 = 1.600 \text{ daN/m}^2$  hệ số vượt tải  $n = 1,2$ . Độ võng cho phép  $\frac{1}{n_0}$  của bản sàn là  $\frac{1}{150}$ , của dầm phụ  $\frac{1}{n_0} = \frac{1}{250}$ . Dầm thép CT3 có cường độ  $R = 2.100 \text{ daN/cm}^2$ , que hàn E42 hoặc tương đương.

Bài giải

Bố trí hệ dầm như hình 3-3

Nội dung gồm tính bản sàn, dầm phụ dọc  $D_3$ , dầm phụ ngang  $D_2$ , dầm chính  $D_1$ .



Hình 3-3. Bố trí hệ dầm theo ví dụ 3-1.

1) Tính bản sàn.

— Xác định chiều dày bản sàn.

$$\text{Theo công thức: } \frac{l}{\delta} = \frac{4n_0}{15} \left( 1 + \frac{72E_1}{n_0^4 q_0} \right)$$

$$\text{thay } l = 100\text{cm, } n_0 = 150, E_1 = \frac{E}{1 - \mu^2} = 2,3 \times 10^4 \text{ KN/cm}^2$$

$$q_0 = 1600 \text{ daN/m}^2 = 16 \text{ KN/m}^2 = 0,0016 \text{ KN/cm}^2;$$

có :

$$\frac{100}{\delta} = \frac{4 \times 150}{15} \left( 1 + \frac{72 \times 2,3 \times 10^4}{150^4 \times 0,0016} \right) = 122$$

$$\text{tìm được } \delta = \frac{100}{122} = 0,82\text{cm} \quad \text{chọn } \delta = 8\text{mm}$$

— Kiểm tra cường độ và độ võng :

Mômen của dầm đơn giản tương ứng với một dải rộng 1cm cắt từ bản sàn theo chiều dài nhịp bản sàn :

$$M_b = \frac{q l^2}{8} = \frac{0,0016 \times 100^2}{8} = 2 \text{ KN cm}$$

$$I = 100 \text{ cm}, D = \frac{E \delta^3}{12} = 2,3 \times 10^4 \times 0,8^3 = 0,976 \times 10^3 \text{ KN/cm}^2$$

$$\text{thay vào được } f_0 = \frac{M_b l^3}{10 D} = \frac{2 \times 100^3}{10 \times 0,976 \times 10^3} = 2,05 \text{ cm},$$

Tìm giá trị  $\alpha$  theo công thức :

$$\alpha(1 + \alpha)^2 = \frac{3f_0^2}{\delta^2} = \frac{3 \times 2,05^2}{0,8^2} = 19,7 \text{ giải tìm được } \alpha = 2,08$$

Độ võng của bản là :

$$f = \frac{f_0}{1 + \alpha} = \frac{2,05}{3,08} = 0,667 \text{ cm}$$

Độ võng tương đối của bản là :

$$\frac{f}{l} = \frac{0,667}{100} = \frac{1}{150} = \frac{1}{n_s}$$

Lực kéo trong bản được xác định theo công thức :

$$H = n \frac{10 D \alpha}{l^2} = 1,2 \frac{10 \times 0,976 \times 10^3 \times 2,08}{100^2} = 2,44 \text{ KN}$$

Mômen tại điểm giữa nhịp của dải bản rộng 1cm là :

$$M = n \frac{M_b}{1 + \alpha} = 1,2 \frac{2}{1 + 2,08} = 0,78 \text{ KNcm}$$

Ứng suất tại điểm giữa nhịp bản :

$$\begin{aligned} \sigma &= \sigma_H + \sigma_M = \frac{H}{\delta} + \frac{6M}{\delta^2} = \frac{2,44}{0,8} + \frac{6 \times 0,78}{0,8^2} \\ &= 3,04 + 7,22 = 10,26 \text{ KN/cm}^2 < 21 \text{ KN/cm}^2 \end{aligned}$$

— Chiều cao đường hàn liên kết bản vào dầm phụ dọc  $h_h = \frac{N}{0,7 l_h R_s^h}$

$$N = H = 2,44 \text{ KN}, l_h = 1 \text{ cm}, R_s^h = 15 \text{ KN/cm}^2$$

$$h_h = \frac{2,44}{0,7 \times 1 \times 15} = 0,23 \text{ cm để chống rỉ chọn } h_h = 4 \text{ mm.}$$

2) Tính dầm phụ dọc  $D_s$

$$\begin{aligned} \text{Nhịp dầm } l_s &= 4 \text{ m, tải trọng } q_0 = 1600 \text{ daN/m}^2 \times 1 \text{ m} \\ &= 1600 \text{ daN/m} \end{aligned}$$

hệ số vượt tải 1,2.

Trọng lượng bản thân sàn :

$$g_0 = 7850 \text{ daN/m}^2 \times 0,008\text{m} = 62,8 \text{ daN/m}^2$$

hệ số vượt tải  $n = 1,1$ .

— Chọn tiết diện dầm :

$$M = \frac{ql^2}{8} = \frac{16 \times 1,2 \times 4^2}{8} = 38,4 \text{ KNm}$$

$$W_{yc} = \frac{M}{1,12R} = \frac{3840}{1,12 \times 21} = 161 \text{ cm}^3$$

Tra bảng chọn dầm có tiết diện I  $\approx 20$ , có các đặc trưng hình học như sau

$$h = 200\text{mm}, \text{ trọng lượng bản thân } 21 \text{ daN/m}$$

$$J_x = 1840\text{cm}^4, W_x = 184\text{cm}^3, S_x = 104\text{cm}^2, \delta_y = 0,52\text{cm}.$$

— Kiểm tra tiết diện :

Tải trọng tác dụng lên dầm :

$$\text{Hoạt tải tính toán } 1600 \text{ daN/m} \times 1,2 = 1920 \text{ daN/m}$$

$$\text{Trọng lượng bản thân } 62,8 \text{ daN/m}^2 \times 1\text{m} \times 1,1 = 69 \text{ daN/m}$$

$$\text{Trọng lượng dầm } D_3, 21 \text{ daN/m} \times 1,1 = 23 \text{ daN/m}$$
$$\underline{\underline{2012 \text{ daN/m}}}$$

Ứng suất pháp tại tiết diện giữa dầm :

$$M = \frac{ql^2}{8} = \frac{20,12 \times 4^2}{8} = 40,24 \text{ KNm}$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{40 \cdot 2400}{1,12 \times 184} = 1950 \text{ daN/cm}^2 < 2100 \text{ daN/cm}^2$$

Ứng suất tiếp tại tiết diện gối tựa, giữa bụng dầm

$$Q = \frac{q \cdot l}{2} = \frac{20,14 \times 4}{2} = 40,28 \text{ KN}$$

$$\tau = \frac{QS}{I \delta_y} = \frac{40,28 \times 104}{1840 \times 0,52} = 4,38 \text{ KN/cm}^2 < R_c = 15 \text{ KN/cm}^2.$$

Kiểm tra độ võng của dầm :

$$\text{Tải trọng tiêu chuẩn } 1600 + 62,8 + 21 = 1684 \text{ daN/m}$$

$$J = \frac{5}{384} \frac{9l^4}{EJ} = \frac{5}{384} \times \frac{0,1684 \times 400^3}{2,1 \times 10^4 \times 1840} = 1,12 \text{ cm}^4$$

$$\frac{f}{l} = \frac{1,12}{400} = \frac{0,7}{250} < \frac{1}{250} \text{ đạt yêu cầu.}$$

3) Tính dầm phụ ngang  $D_2$ .

Nhịp dầm  $l_2 = 6m$ .

Hoạt tải tiêu chuẩn  $q_0 = 1600 \times 4 = 6400 daN/m$ .

$n = 1,2$  nên hoạt tải tính toán  $q^t = 6400 \times 1,2 = 7680 daN/m$ .

Trọng lượng sàn  $g_0 = 62,8 \times 4 = 251,2 daN/m$ ;  $n = 1,1$ ;

$$g_0^t = 251,2 \times 1,1 = 276 daN/m.$$

Trọng lượng dầm  $D_2$   $g_1 = \frac{21 daN/m \times 4m \times 5 \text{ dầm}}{6m} = 70 daN/m$

$n = 1,1$  nên  $g_1^t = 70 \times 1,1 = 77 daN/m$

$$\text{Cộng: } 8\ 033 daN/m$$

— Chọn tiết diện dầm:

$$M = \frac{80,33 \times 6^2}{8} = 361,485 \text{ KNm}$$

$$W_{yo} = \frac{36148}{21} = 1721 \text{ cm}^3 \text{ tra bảng chọn thép I}\leq 55$$

Có  $h = 550 \text{ mm}$ ,  $\delta_b = 11$ , trọng lượng  $1m$   $92,6 \text{ kg}$ .

$$J_x = 55962 \text{ cm}^4, W_x = 2035 \text{ cm}^3, S_x = 1181 \text{ cm}^3.$$

— Kiểm tra lại tiết diện.

Tải trọng tiêu chuẩn tác dụng lên dầm:

$$6400 + 251,2 + 70 + 92,6 = 6\ 814 daN/m.$$

Tải trọng tính toán

$$8\ 033 + 1,1 \times 92,6 = 8\ 135 daN/m$$

Kiểm tra ứng suất pháp:

$$M = \frac{ql^2}{8} = \frac{81,35 \times 6^2}{8} = 366,075 \text{ KNm}$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{3660750}{2035} = 17,98 \text{ KN/cm}^2 < R = 21 \text{ KN/cm}^2$$

Ứng suất tiếp tại tiết diện gối tựa ở giữa bụng dầm:

$$Q = \frac{ql}{2} = \frac{81,35 \times 6}{2} = 244,05 \text{ KN}$$

$$\tau = \frac{QS}{J\delta_b} = \frac{244,05 \times 1181}{55962 \times 1,1} = 4,43 \text{ KN/cm}^2 < R_s = 15 \text{ KN/cm}^2$$

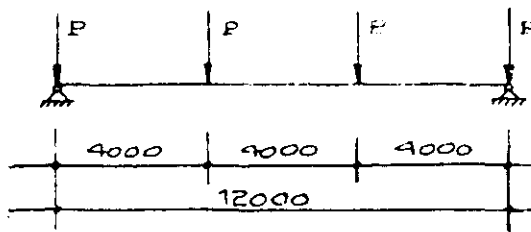
Kiểm tra độ võng của dầm

$$\frac{f}{l} = \frac{Ml}{10EI} = \frac{3660750 \times 600}{10 \times 2,1 \times 10^9 \times 55962} = \frac{1}{533} < \frac{1}{250}$$

Kiểm tra ổn định tổng thể:

Chiều rộng cánh trên của dầm  $b = 180\text{mm}$

Tỷ số  $\frac{l_0}{b} = \frac{100}{18} = 5,5$  quá nhỏ nên bảo đảm ổn định tổng thể.



Hình 3.4

4.) Tính dầm chính  $D_1$ .

Tải trọng tác dụng lên dầm chính là phần lực gối tựa của 2 dầm phụ hai bên truyền xuống (H.3.4).

$$P_{tc} = 2 \frac{6814 \times 6}{2} = 40\,884 \text{ daN}$$

$$P_{tt} = 2 \frac{8033 \times 6}{2} = 48\,198 \text{ daN} = 482 \text{ KN}$$

$$M_{\max} = \frac{Pl}{3} = \frac{482 \times 12}{3} = 1928 \text{ KNm}$$

$$Q_{\max} = P = 482 \text{ KN}$$

— Xác định chiều cao tiết diện dầm

Chiều cao nhỏ nhất của tiết diện dầm.

$$h_{\min} = \frac{ln_0}{4800} \frac{1}{n_1} = \frac{1200 \times 400}{4800} \times \frac{1}{1,2} = \frac{400}{4,8} \approx 83,3 \text{ cm}$$

Mômen quán tính yêu cầu:

$$W_{rc} = \frac{M_{\max}}{R} = \frac{192\,800}{21} = 9\,180 \text{ cm}^3$$

Dùng công thức (3-9) để sơ bộ xác định chiều cao tiết diện dầm.

$$h = 5,5 \sqrt[3]{9180} = 5,5 \times 20,9 = 115 \text{ cm}$$

Theo công thức (3-10) để xác định sơ bộ  $\delta_b$ .

$$\delta_b = 7 + 1,15 \sqrt{3} = 10,45 \text{ mm}$$

Chọn chiều dày bản bụng  $\delta_b = 10 \text{ mm}$ .

Dùng công thức (3-12) để xác định chiều cao có lợi nhất của tiết diện dầm

$$h_{ln} = 1,15 \sqrt{\frac{9180}{1}} = 110 \text{ cm}$$

Chọn chiều cao tiết diện dầm là  $h = 100 \text{ cm}$ .

– Chọn tiết diện đầu.

Theo công thức (3.11) kiểm tra lại chiều dày bụng dầm.

$$\frac{3}{2} \frac{Q}{hR_c} = \frac{3}{2} \cdot \frac{482}{100 \times 15} = 0.48 \text{ cm} < \delta_b = 1 \text{ cm}$$

Dùng công thức (3.15) để xác định diện tích tiết diện cánh dầm.

$$F_c = \frac{3}{4} \frac{W_{yc}}{h} = \frac{3}{4} \frac{9180}{100} = 68.85 \text{ cm}^2$$

Chọn  $\delta_c = 25 \text{ mm}$   $b_c = 360 \text{ mm}$ .

– Kiểm tra tiết diện dầm đã chọn (H.3.5).

Các đặc trưng hình học :

$$F = 95 + 2,5 \times 36 \times 2 = 275 \text{ cm}^2$$

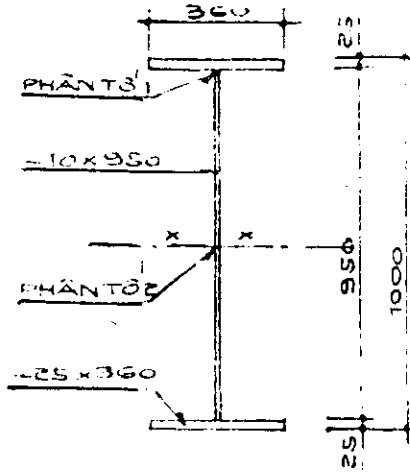
$$J_x = \frac{1 \times 95^3}{12} + 2 \times \left( \frac{97,5}{2} \right)^2 \times 90$$

$$= 71447 + 327781 = 499228 \text{ cm}^4$$

$$W = \frac{25}{100} = \frac{2 \times 499228}{100} = 9984 \text{ cm}^3$$

$$S_c = F_c \times \frac{h_c}{2} = 36 \times 2,5 \times \frac{97,5}{2} = 4387 \text{ cm}^3$$

$$S = S_c + S_b = 4387 + 1 \times 47,5 \times 23,75 = 5515 \text{ cm}^3$$



Hình 3.5

Mômen do trọng lượng bản thân của dầm gây ra tại tiết diện có  $M_{\max}$

Trong lượng 1m dầm.

$$YF = 78,5 \text{ kN/m}^3 \times 1 \text{ m} \times 0,0275 \text{ m}^2 = 2,16 \text{ kN}$$

$$M = 1,1 \times 2,16 \times 6 \times 4 - 1,1 \times 2,16 \times 4 \times 2 = 38 \text{ kNm}$$

Ứng suất pháp :

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{192800 + 3800}{9984} = 19,69 \text{ kN/cm}^2 < R = 21 \text{ kN/cm}^2$$

Ứng suất tiếp :

$$\tau = \frac{QS}{J_{\delta_b}} = \frac{482 \times 5515}{499228 \times 1} = 5,43 \text{ kN/cm}^2 < R_c = 14 \text{ kN/cm}^2$$

Ứng suất trượt dọc tại chỗ cánh liên kết với bụng dầm.

$$\tau_1 = \frac{QS_c}{J_{\delta_b}} = \frac{482 \times 4387}{499228 \times 1} = 4,32 \text{ kN/cm}^2$$



$$\sigma_1 = \sigma \frac{h_b}{h} = 19,69 \times \frac{95}{100} = 18,7 \text{KN/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \sigma_{td} &= \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} = \sqrt{18,7^2 + 3 \times 4,32^2} \\ &= 20,14 \text{KN/cm}^2 < R = 21 \text{KN/cm}^2. \end{aligned}$$

— Thay đổi tiết diện dầm.

Điểm thay đổi tiết diện cách gối tựa  $\frac{l}{6} = 2\text{m}$ .

Tại đó có  $M_1 = P \times 2 = 482 \times 2 = 964 \text{KNm}$ .

$$W_1 = \frac{96400}{21} = 4590 \text{cm}^3$$

$$J_1 = W_1 \frac{h}{2} = 4590 \times \frac{100}{2} = 229500 \text{cm}^4$$

$$J_{c1} = J_1 - J_b = 229500 - 71447 = 158053 \text{cm}^4.$$

$$F_{c1} = \frac{2J_{c1}}{h^2} = \frac{2 \times 158053}{97,5^2} = 33,25 \text{cm}^2$$

Chiều rộng bản cánh  $b_{c1} = \frac{33,25}{2,5} = 13,3 \text{cm}$ . Chọn  $b_{c1} = 180 \text{mm}$

Kiểm tra lại tiết diện đã thay đổi:

$$\begin{aligned} J_1 &= J_b + J_{c1} = 71400 + 2 \times 2,5 \times 18 \times \left(\frac{97,5}{2}\right)^2 \\ &= 285290 \text{cm}^4 \end{aligned}$$

$$S_{1c} = 2,5 \times 18 \times \frac{95}{2} = 2137,5 \text{cm}^3$$

$$M_1 = 964 \text{KNm}, Q_1 = 482 \text{KN}, W_1 = \frac{2J_1}{h} = \frac{2 \times 285290}{100} = 5706 \text{cm}^3$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{96400}{5706} = 16,89 \text{KN/cm}^2 < R = 21 \text{KN/cm}^2$$

Tại chỗ đổi tiết diện dùng đường bán kính đều thẳng góc để nối bản cánh.

Ứng suất tương đương tại chỗ liên kết giữa cánh và bụng dầm:

$$\sigma_1 = \sigma \frac{h_b}{h} = 16,89 \times \frac{95}{100} = 16,04 \text{KN/cm}^2$$

$$\tau_1 = \frac{QS_{1c}}{J_1 \delta_b} = \frac{482 \times 2137}{285290 \times 1} = 3,61 \text{KN/cm}^2$$

$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} = \sqrt{16,04^2 + 3 \times 3,61^2} = 17,21 \text{KN/cm}^2 < R = 21 \text{KN/cm}^2$$

— Tính liên kết giữa cánh và bụng dầm.

Lực trượt trên 1cm dài đường hàn liên kết giữa cánh và bụng dầm

$$T = \tau_{\delta_b} \times 1 \text{cm} = 4,32 \times 1 \times 1 = 4,32 \text{KN/cm}$$

Theo (3-18) ta có  $h_h \geq \frac{T}{2\beta R_g^h} = \frac{4,32}{2 \times 0,7 \times 15} = 0,2 \text{cm}$

Để chống rỉ chọn chiều cao đường hàn liên kết giữa cánh và bụng dầm  $h_h = 4 \text{mm}$ .

— Kiểm tra ổn định tổng thể.

Tỷ số  $\frac{l_b}{b} = \frac{400}{36} = 11$  quá nhỏ nên dầm đảm bảo ổn định tổng thể.

— Kiểm tra ổn định cục bộ (H.3.6).

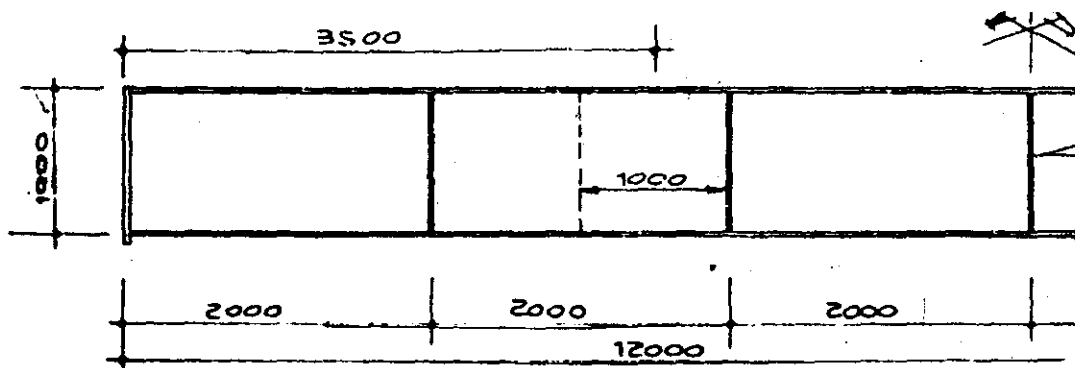
Tỷ số  $\frac{h_b}{\delta_b} = \frac{95}{1} = 95 > 70$  do vậy bản bụng dầm sẽ mất ổn định cục bộ do

ứng suất tiếp ở vùng gần gối tựa. Cần phải đặt các sườn cứng ngang, các sườn cứng này đặt cách nhau 2m, do vậy  $\mu = 2$ .

$$\begin{aligned} \tau_{th} &= \left(12,5 + \frac{9,5}{\mu^2}\right) \left(\frac{100\delta_b}{h}\right)^2 \\ &= \left(12,5 + \frac{9,5}{4}\right) \left(\frac{100 \times 1}{100}\right)^2 = 14,9 \text{KN/cm}^2 \end{aligned}$$

$\tau_{max}$  trong dầm tại tiết diện có  $Q_{max}$  là  $5,43 \text{KN/cm}^2$ , vì  $\tau_{max} < \tau_{th}$  nên bản bụng bảo đảm ổn định khi chịu ứng suất tiếp.

Vì tỷ số  $\frac{h_b}{\delta_b} = 95 < 160$  nên bản bụng sẽ ổn định trong vùng giữa dầm là vùng có ứng suất pháp lớn.



Hình 3.6

Kiểm tra lại ở bản thứ 2 là vùng có ứng suất tiếp và ứng suất pháp đều lớn  
Mômen và lực cắt tại giữa ở bản cần kiểm tra là :

$$M = 482 \times 3,5 = 1687 \text{ KNm.}$$

$$Q = 482 \text{ KN.}$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{168700}{9984} = 16,89 \text{ KN/cm}^2$$

$$\tau = 5,43 \text{ KN/cm}^2$$

$$\sigma_{th} = \frac{A_2}{k_2^2} (\text{T/cm}^2) \text{ trong đó } A_2 = k_0 \cdot 10^4$$

$$k_0 \text{ tra bảng theo } \gamma = c \frac{b_c}{h_b} \left( \frac{\delta_c}{\delta_b} \right)^3$$

$$c = \infty \text{ nên } k_0 = 7,46 \text{ vậy } A_2 = 7,46 \times 10^4$$

$$k_2 = \frac{h_b}{\delta_b} = 95 \text{ do vậy } \sigma_{th} = \frac{7,46 \times 10^4}{95^2} \approx 7,46 \text{ T/cm}^2 \\ = 74,6 \text{ KN/cm}^2$$

$$\tau_{th} = 14,9 \text{ KN/cm}^2$$

Điều kiện để đảm bảo ổn định

$$\sqrt{\left( \frac{\sigma}{\sigma_{th}} \right)^2 + \left( \frac{\tau}{\tau_{th}} \right)^2} \leq 1$$

$$\sqrt{\left( \frac{16,89}{74,6} \right)^2 + \left( \frac{5,43}{14,9} \right)^2} = 0,44 < 1 \text{ bằng bằng ổn định cục bộ dưới tác} \\ \text{dụng đồng thời của mômen và lực cắt.}$$

Kích thước sườn cứng ngang :

$$b_s \geq \frac{h}{30} + 40 = \frac{1000}{30} + 40 = 73 \text{ mm}$$

$$\delta_s \geq \frac{1}{15} b_s \text{ chọn sườn cứng có kích thước :}$$

$$b_s = 80 \text{ mm ; } \delta_s = 8 \text{ mm.}$$

— Tính sườn dầm (H. 3.7)

Theo (3-22) diện tích tiết diện chịu ép mặt là :

$$F_{em} = 1,6 \times 18 = 29 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{em} = \frac{A}{F_{em}} = \frac{482}{29} = 16,62 \text{ KN/cm}^2 \\ < R_{em} = 32 \text{ KN/cm}^2$$

Kiểm tra ổn định theo (3-23) :

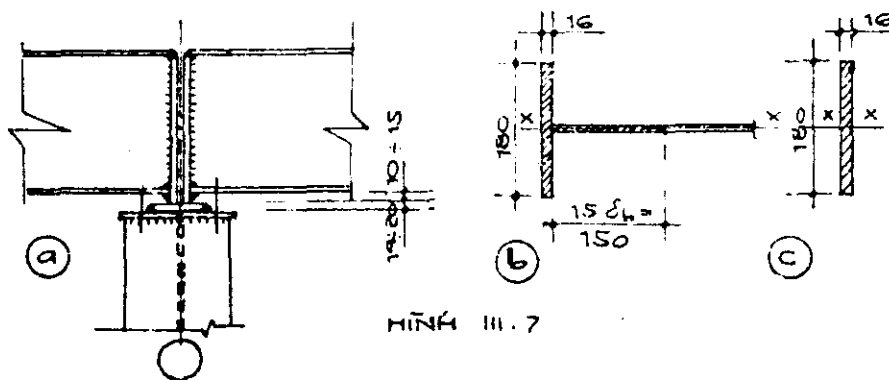
$$J_d = \frac{1,6 \times 18^3}{12} + \frac{15 \times 1^3}{12} = 780 \text{ cm}^4$$

$$F_d = 1,6 \times 18 + 15 \times 1 = 44 \text{ cm}^2$$

$$r_d = \sqrt{\frac{J_d}{F_d}} = \sqrt{\frac{780}{44}} = 4,48 \text{ cm}$$

$$l_0 = 100 \text{ cm} \quad \lambda = \frac{l_0}{r} = \frac{100}{4,48} = 22,4 ; \text{ tra bảng được } \varphi = 0,966$$

$$\sigma = \frac{A}{\varphi F_d} = \frac{482}{0,966 \times 44} = 11,5 \text{ KN/cm}^2 < R = 21 \text{ KN/cm}^2$$



Hình 3.7. a) Cấu tạo đầu dầm

b) Diện tích tiết diện tham gia chịu phân lực gối tựa

c) Diện tích tiết diện chịu ép mặt

— Nối dầm.

Nối tại tiết diện giữa dầm. Tại mối nối có :

$$M = M_{\max} = 192,8 \text{ KNm}, \quad Q = 0.$$

Nối bản bụng dùng đường hàn đối đầu thẳng góc. Ứng suất tại mép bản bụng liên kết với bản cánh là  $18,7 \text{ KN/cm}^2$  vượt hơn cường độ chịu kéo của đường hàn  $R_t^h = 18 \text{ KN/cm}^2$  3%, nằm trong giới hạn cho phép. Hơn nữa ứng suất này sẽ giảm rất nhanh về phía trục trung hòa nên không gây ảnh hưởng gì lớn cho đường hàn.

Nối bản cánh dùng đường hàn xiên góc  $45^\circ$ . Chiều dài đường hàn

$$\sqrt{18^2 + 18^2} = 25,4 \text{ cm}.$$

Ứng suất trong đường hàn xiên góc là :

$$\sigma \times \cos \alpha = 19,69 \times 0,707 = 13,92 \text{ KN/cm}^2 < R_t^h = 14 \text{ KN/cm}^2$$

$$\sigma \times \sin \alpha = 19,69 \times 0,707 = 13,92 \text{ KN/cm}^2 < R_t^h = 18 \text{ KN/cm}^2$$

## B. ĐẶC ĐIỂM TÍNH HỆ DẦM CẦU TRỤC

Hệ dầm cầu trục gồm dầm cầu trục và dầm hãm. Hệ dầm cầu trục trực tiếp nhận tải trọng từ cầu trục để truyền vào khung ngang, cho nên nó chịu lực động và di động của cầu trục.

Tính hệ dầm cầu trục về nguyên tắc cũng giống như hệ dầm sàn. Trong phần này chỉ trình bày những đặc điểm khi tính dầm cầu trục và dầm hãm.

### § 30. Tính tải trọng

Tác dụng vào dầm cầu trục có 3 loại tải trọng. Tải trọng cầu trục, hoạt tải do người, dụng cụ mang lên đặt trên dầm hãm trong khi sửa chữa cầu trục, trọng lượng bản thân dầm cầu trục.

Tải trọng do cầu trục gây ra gồm tải trọng đứng và tải trọng ngang.

— Tải trọng đứng được tính theo công thức:

$$P = 1,1 \times 1,2 \times P_{\max} \quad (3-25)$$

Trong đó: 1,1 là hệ số động lực.

1,2 là hệ số vượt tải (đối với cầu trục có sức nâng  $< 5T$  thì hệ số vượt tải  $n = 1,3$ )

$P_{\max}$  — Áp lực bánh xe cầu trục tác dụng vào dầm (tra trong các bảng về cầu trục).

— Tải trọng ngang được tính theo công thức:

$$T = \alpha n T_c = \alpha n \frac{1}{10} (Q + g) \frac{2}{4} = \alpha n \frac{Q + g}{20} \quad (3-26)$$

Trong đó:  $\alpha$  — Hệ số kể đến sự tăng tải trọng ngang của cầu trục có chế độ làm việc nặng và lấy theo bảng (3-5)

Hệ số  $\alpha$

Bảng 3-5

Loại cầu trục	Hệ số $\alpha$ khi tính	
	Cánh trên của dầm cầu trục và dầm hãm	Liên kết dầm hãm vào đầu cầu trục và vào cột
cầu trục móc mềm có sức nâng tính bằng KN		
50 — 100	2,5	5
150 — 200	2	4
300 — 1500	1,5	3
1750 — 2750	1,3	2,8
3000 — 3500	1,1	2,2
Cầu trục móc cứng	1,5	3

$n$  — Hệ số vượt tải.

$Q$  — Sức nặng lớn nhất của cầu trục.

$g$  — Trọng lượng xe con mang móc cầu của cầu trục, khi không có trong các bảng cho sẵn có thể tính bằng  $0,3Q$ .

$\frac{1}{10}$  — Hệ số ma sát giữa bánh xe và ray.

$\frac{z}{4}$  — Tỷ lệ giữa số bánh xe bị hãm trên tổng số bánh xe của xe con.

— Tải trọng do người, dụng cụ mang lên để sửa chữa cầu trục được lấy là  $200daN/m^2$  hệ số vượt tải  $n = 1,2$

— Trọng lượng bản thân dầm cầu trục và dầm hãm lúc đầu chưa biết chính xác nên được xác định theo các hệ số  $\beta_1, \beta_2$ . Các hệ số này lấy theo bảng (3-6)

Hệ số  $\beta_1, \beta_2$

Bảng 3.6

Nhịp dầm cầu trục (m)	6	12	18 và lớn hơn
$\beta_1$ dùng cho mômen M	1,03	1,05	1,08
$\beta_2$ dùng cho lực cắt Q	1,02	1,04	1,07

Dùng hệ số này để nhân với các trị số nội lực M, Q do cầu trục gây ra. Ví dụ như đối với dầm cầu trục nhịp 6m, nội lực do trọng lượng bản thân của dầm gây ra đối với mômen uốn là 3% của toàn thể momen do cầu trục gây ra và 2% đối với lực cắt.

### § 31. Nội lực

Tải trọng của bánh xe cầu trục tác dụng vào dầm là tải trọng di động, do vậy để xác định nội lực trong dầm cần vẽ đường ảnh hưởng của mômen và đường ảnh hưởng của lực cắt. Thường vẽ đối với các tiết diện cách nhau 1/10 nhịp. Sau đó dùng phương pháp sắp xe để tìm hình bao nội lực của dầm (xem giáo trình cơ học kết cấu).

Trong trường hợp này có thể dùng định lý Ba-rê để xác định vị trí các tải trọng gây ra nội lực mômen lớn nhất trong dầm. Nội dung định lý đó như sau: mômen lớn nhất trong dầm đơn giản chịu tác dụng của hệ lực di động sẽ xuất hiện tại nơi đặt lực tập trung khi lực này nằm ở vị trí đối xứng với hợp lực của tất cả các lực tác dụng lên dầm qua trục đối xứng của dầm.

Khi tính dầm cầu trục bao giờ cũng tính với hai cầu trục mang sức nặng lớn nhất đứng sát vào nhau.

### § 32. Chọn tiết diện

— Tính mômen chống uốn yêu cầu:

$$W_{xc} = \frac{M_{max}}{mR - (150 + 250)} \quad (3-26)$$

Trong đó:  $M_{\max}$  — mômen uốn lớn nhất trong dầm;  $150 \div 250 \text{ daN/cm}^2$  kể đến tác dụng của lực hãm ngang vào dầm;  $m = 0,9$  — hệ số điều kiện làm việc  
 — Xác định chiều dày bụng dầm theo điều kiện ứng suất cục bộ.

Ứng suất cục bộ tác dụng vào bản bụng dầm cầu trục được tính theo công thức:

$$\sigma_{cb} = \frac{n_1 P_1}{\delta z} \quad (3-27)$$

Trong đó:  $P_1$  — trị số lực tập trung không kể đến hệ số động lực nhưng có kể đến hệ số vượt tải.

$n_1$  — hệ số dùng cho cầu trục có chế độ làm việc nặng. Lấy như sau: cầu trục móc cứng là 1,5; cầu trục móc mềm chạy điện 1,3; cầu trục móc mềm quay tay 1,1.

$\delta$  — chiều dày dụng dầm.

$z$  — chiều dài phân bố ứng suất tập trung dọc theo bản bụng.

$$z = C \sqrt{\frac{J_c}{\delta}} \quad (3-28)$$

$C$  — hệ số lấy theo: dầm hàn 3,25; dầm tôn 3,75.

$J_c$  — tổng mômen quán tính cánh và ray dầm đối với trục trung hòa của mỗi phân ổ. Khi  $\sigma_{cb}$  đạt đến giới hạn cường độ thì:

$$\delta_{\min} = \frac{n_1 P_1}{3,25 R} \sqrt{\frac{n_1 P_1}{3,25 R J_c}} \text{ cm} \quad (3-29)$$

— Chiều cao có lợi nhất của dầm được xác định theo công thức (3-12) hoặc theo:

$$h_{\text{ta}} = \sqrt[3]{\frac{3}{2} k_b W_{rc}} \quad (3-30)$$

Trong đó  $k_b = \frac{h_b}{\delta_b}$  — độ mảnh bản bụng dầm.

— Dùng công thức (3-15) để xác định diện tích tiết diện bản cánh.

### § 33. Kiểm tra tiết diện.

Đối với cánh trên:

$$\sigma = \frac{M}{W_x} + \frac{M_T}{W_T} \leq R \quad (3-31)$$

Đối với cánh dưới:

$$\sigma = \frac{M}{W_x} \leq R \quad (3-32)$$

Trong đó:  $M$  — mômen lớn nhất do tất cả các tải trọng đứng gây ra trong dầm.

$M_T$  — mômen do lực hãm ngang.

$W_x^u, W_x^d$  — momen chống uốn phần tiết diện trên và phần tiết diện dưới của dầm.

$W_T$  — momen chống uốn của dầm hãm.

Kiểm tra độ võng theo công thức :

$$f = \frac{M^u l^3}{10EJ} \quad (3-33)$$

Yêu cầu độ võng này không vượt quá các độ võng giới hạn đã qui định.

### § 34. Tính liên kết giữa cánh và bụng dầm.

Ứng suất tiếp của đường hàn góc liên kết giữa cánh và bụng dầm :

$$\tau = \sqrt{\tau_h^2 + \sigma_{cb}^2} = \frac{1}{2\beta h_h} \sqrt{\left(\frac{QS_c}{J}\right)^2 + \left(\frac{n_1 P_1}{z}\right)^2} \leq R_g^h \quad (3-34)$$

từ đó rút ra :

$$h_h \geq \frac{1}{2\beta R_g^h} \sqrt{\left(\frac{QS_c}{J}\right)^2 + \left(\frac{n_1 P_1}{z}\right)^2} \quad (3-35)$$

### § 35. Kiểm tra ổn định tổng thể và ổn định cục bộ.

Khi có dầm hãm thì không cần kiểm tra ổn định tổng thể. Khi không có dầm hãm thì kiểm tra ổn định tổng thể theo công thức (3-19).

Kiểm tra ổn định cục bộ xem giáo trình kết cấu thép.

§ 36. Ví dụ (3-2). Tính dầm cầu trục và dầm hãm của nhà xưởng có cầu trục sức nâng 300/50 KN (30/5 tấn), chế độ làm việc trung bình, nhịp cầu trục  $l_c = 19,5m$ , nhịp của nhà  $l = 21m$ , hoạt tải trên dầm hãm  $200 daN/m^2$ , hệ số vượt tải  $n = 1,2$ ; hệ số động lực  $n = 1,1$ . Dùng thép CT3, que hàn E42.

*Bài giải :*

1) Tải trọng tác dụng lên dầm :

Số liệu về cầu trục :  $P_{max} = 300 KN$

Trọng lượng xe con :  $g = 120 KN$

Số liệu ray KP70 :  $J_T = 1082 cm^4$

— Tải trọng tạm thời trên dầm hãm  $p = 200 daN/m^2$  qui về tải trọng phân bố đều trên dầm cầu trục.

$$q = 0,5m \times 200 daN/m^2 \times 1,2 = 120 daN/m$$

(lấy bề rộng dầm hãm là 1m)

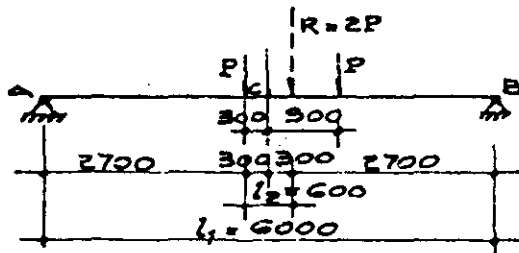
— Áp lực đứng của 1 bánh xe :

$$P = n \times n_d \times P_{max} = 1,2 \times 1,1 \times 300 = 396 KN.$$



– Lực hãm ngang của 1 bánh xe :

$$T = \frac{Q + g}{2 \times 20} n = \frac{300 + 120}{2 \times 20} \times 1,2 = 12,6 \text{ KN}$$



Hình 3.8. Vị trí để xác định nội lực bất lợi nhất của dầm dùng cho ví dụ (3-2).

2) Xác định nội lực.

$$R_A = \frac{R \times 2,7}{6} = \frac{2 \times 396 \times 2,7}{6} = 356,4 \text{ KN}$$

Vị trí gây ra nội lực bất lợi nhất như hình 3.8.

$$M_c = M_{\max} = R_A \times 2,7 = R_A \times 2,7 = 962,3 \text{ KNm (chỉ do áp lực bánh xe gây ra)}$$

$$Q_c = 356,4 \text{ KN,}$$

$$Q_B = Q_{\max} = 435,6 \text{ KN.}$$

$$\text{Tại C: } M_q = q \left( \frac{l_1^2 - l_2^2}{8} \right) = 1,2 \left( \frac{6^2 - 0,6^2}{8} \right) = 5,346 \text{ KNm}$$

$$Q_c^q = \frac{ql_2}{2} = \frac{1,2 \times 0,6}{2} = 0,36 \text{ KN}$$

$$Q_{\max}^q = \frac{ql}{2} = \frac{1,2 \times 6}{2} = 3,6 \text{ KN}$$

Vậy

$$M_{\max}'' = 962,3 + 5,346 = 967,6 \text{ KNm}$$

$$Q_c'' = 356,4 + 0,36 = 356,8 \text{ KN}$$

$$Q_{\max}'' = 435,6 + 3,6 = 439,2 \text{ KN}$$

Khi kể đến trọng lượng bản thân của dầm cầu trục nhân hệ số 1,03 với mômen, hệ số 1,02 với lực cắt (theo bảng 3-6).

$$M_{\max}''' = 1,03 \times 967,6 = 996,6 \text{ KNm.}$$

$$Q_c''' = 1,02 \times 356,8 = 363,9 \text{ KN.}$$

$$Q_{\max}''' = 1,02 \times 439,2 = 447,98 \text{ KN.}$$

Đối với lực hãm ngang :

$$M_T = M_{\max} \frac{T}{P} = 30,62 \text{ KNm.}$$

$$Q_T^c = 8,59 \text{ KN.}$$

$$Q_T^{\max} = 13,86 \text{ KN.}$$



*[The following text is illegible due to severe horizontal line artifacts and redactions.]*

— Vị trí trục trung hòa :

$$z = \frac{30 \times 2 \times 49 - 20 \times 2 \times 49}{30 \times 2 + 96 \times 0,8 + 20 \times 2} = 5,54 \text{cm}$$

— Mômen quán tính :

Tiết diện nguyên :

$$J_{ng} = \frac{0,8 \times 93^3}{12} + 0,8 \times 96 \times 5,54^2 + 30 \times 2 \times (49 - 5,54)^2 + 20 \times 2 \times (49 + 5,54)^2 = 293 \ 650 \text{cm}^4$$

Tiết diện đã thu hẹp sau khi đã trừ lỗ bulông do cần liên kết với ray cầu trục

$$J_{th} = J_{ng} - J_{lv} = 293 \ 650 - 2 \times 2 \times 2,3 \times (49 - 5,54)^2 = 276 \ 273 \text{cm}^4$$

— Mômen chống uốn

Tiết diện nguyên :

$$W_{ng}^{tr} = \frac{293 \ 650}{50 - 5,54} = 6 \ 605 \text{cm}^3$$

$$W_{ng}^d = \frac{293 \ 650}{50 + 5,54} = 5 \ 287 \text{cm}^3$$

Tiết diện thu hẹp :

$$W_{th}^{tr} = \frac{276 \ 273}{50 - 5,54} = 6 \ 214 \text{cm}^3$$

$$W_{th}^d = \frac{276 \ 273}{50 + 5,54} = 4 \ 974 \text{cm}^3$$

— Mômen tĩnh của nửa tiết diện :

$$S_x = 30 \times 2 \times (49 - 5,54) + \left( \frac{48 - 5,54}{2} \right) 0,8 = 3329 \text{cm}^3$$

— Đặc trưng hình học của dầm hãm (theo phương ngang).

$$z_y = \frac{20,7 \times (100 - 1,94) + (100 - 15) \times 0,6 \times \left( \frac{85}{2} + 12,5 \right)}{20,7 + 85 \times 0,6 + 2 \times 30} = 36,7 \text{cm}$$

— Mômen quán tính của dầm hãm :

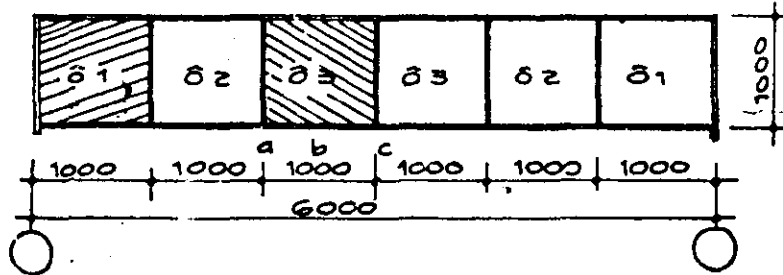
$$J_{th} = 20,7 \times (100 - 1,94 - 36,7)^2 + 85 \times 0,6 \times \left( \frac{85}{2} + 12,5 - 36,7 \right)^2 + \frac{0,6 \times 85^3}{12} + \frac{2 \times 30^3}{12} + 2 \times 30 \times 36,7^2 - 2 \times 2 \times 2,3 \times 36,7^2 = 198 \ 644 \text{cm}^4$$

Mômen chống uốn của dầm hãm đối với mép cánh trên dầm cầu trục

$$W_{th} = \frac{198 \ 644}{36,7 + 15} = 3 \ 842 \text{cm}^3$$

Cánh trên dầm cầu trục :

Kiểm tra  $\delta$  có  $M_{max}$  (xem hình 3.10)



Hình 3.10. Bố trí sườn cứng ở bụng dầm cầu trục.

Xác định giá trị  $M_{ib}$  trong  $\delta_3$ , lấy giá trị trung bình tại 3 điểm a, b, c.

$$M_a = 356,4 \times 2 + 1,2 \times \frac{(6^2 - 2^2)}{8} = 717,6 \text{KNm.}$$

$$M_b = 356,4 \times 2,5 + 1,2 \times \frac{(6^2 - 1^2)}{8} = 896 \text{KNm.}$$

$$M_c = 356,4 \times 3 - 396 \times 0,3 + 1,2 \frac{6^2}{8} = 955,8 \text{KNm.}$$

$$M_{ib} = \frac{717,6 + 896 + 955,8}{3} = 856,5 \text{KNm.}$$

Ứng suất :

$$\sigma = \frac{M_{ib}}{J_{xx}} y = \frac{85650 \times (50 - 2 - 5,54)}{293650} = 12,38 \text{KN/cm}^2$$

$$\tau = \frac{Q_b}{h_b \delta_b}$$

$$Q_a = 356,4 + \frac{1,2 \times 2}{2} = 357,6 \text{KN.}$$

$$Q_b = 386,4 + \frac{1,2 \times 1}{2} = 357 \text{KN.}$$

$$Q_c = 356,4 - 396 = -39,6 \text{KN.}$$

$$Q_{ib} = \frac{357,6 + 357 - 39,6}{3} = 225 \text{KN.}$$

$$\tau = \frac{225}{96 \times 0,8} = 2,93 \text{KN/cm}^2$$

$$\sigma_{ob} = 16,18 \text{KN/cm}^2$$

$$\text{vì } \frac{a}{h_b} = \frac{100}{96} = 1,04 > 0,8$$

$$\frac{\sigma_{cb}}{\sigma} = \frac{16,18}{12,38} = 1,307 \text{ vượt quá giới hạn tra bảng có } k_2 = 82,3$$

$$\sigma_o = K_2 \left( \frac{100\delta}{h_o} \right)^2 = 82,3 \left( \frac{100 \times 0,8}{96} \right)^2 = 57,15 \text{ KN/cm}^2$$

$$\sigma_{cb0} = \frac{k_1 10^4}{\text{kn}^2} = k_1 \left( \frac{100\delta}{a} \right)^2$$

$k_1$  tra theo  $\frac{a}{h_o}$  và  $\gamma$

$$\gamma = c \frac{b_o}{h_o} \left( \frac{\delta_c}{\delta_b} \right)^2 = 0,8 \frac{30}{96} \left( \frac{2}{0,8} \right)^2 = 3,9$$

$$k_1 = 45,3$$

$$\sigma_{cb0} = 45,3 \left( \frac{100 \times 0,8}{100} \right)^2 = 29 \text{ KN/cm}^2$$

$$\tau_o = \left( 12,5 + \frac{9,5}{\mu^2} \right) \left( \frac{100\delta}{d} \right)^2$$

$$\mu = \frac{a}{h_b} = 1,04, \quad d = h_b = 96, \quad \delta = 0,8$$

$$\tau_o = \left( 12,5 + \frac{9,5}{1,04} \right) \left( \frac{100 \times 0,8}{96} \right)^2 = 15,02 \text{ KN/cm}^2$$

Kiểm tra:

$$\sqrt{\left( \frac{\sigma}{\sigma_o} + \frac{\sigma_{cb}}{\sigma_{cb0}} \right)^2 + \left( \frac{\tau}{\tau_o} \right)^2} = \sqrt{\left( \frac{12,38}{57,15} + \frac{16,18}{29} \right)^2 + \left( \frac{2,93}{15,02} \right)^2} = 0,638 < 0,9.$$

Đảm bảo ổn định.

Tương tự như vậy kiểm tra cho ô bản 1.

$$M_{1b} = \frac{356,4 \times 1}{2} + 1,2 \times \frac{(6^2 - 5^2)}{8} = 179,85 \text{ KNm}$$

$$Q_{1b} = 435,6 + \frac{1,2 \times 5}{2} = 438,6 \text{ KN}$$

$$\sigma = \frac{17985}{293650} \times (50 - 5,54 - 2) = 2,6 \text{ KN/cm}^2$$

$$\tau = \frac{438,6}{96 \times 0,8} = 5,79 \text{ KN/cm}^2.$$

Kiểm tra:

$$\sqrt{\left( \frac{2,6}{57,15} + \frac{16,18}{29} \right)^2 + \left( \frac{5,79}{15,02} \right)^2} = 0,512 < 0,9. \text{ Đảm bảo ổn định.}$$

6) Tính liên kết giữa cánh và bụng dầm :

$$h_h \geq \frac{1}{2\beta R_g^h} \sqrt{\left(\frac{QS_c}{J}\right)^2 + \left(\frac{n_1 P_1}{z}\right)^2}$$

$$S_c = 2 \times 30 \times (49 - 5,54) = 2607 \text{ cm}^2$$

$$h_h \geq \frac{1}{2 \times 0,7 \times 15} \sqrt{\left(\frac{448 \times 2607}{293650}\right)^2 + \left(\frac{1,3 \times 360}{36,14}\right)^2}$$

$$= 0,645 \text{ cm. Chọn } h_h = 8 \text{ mm.}$$

7) Tính sườn cứng đầu dầm :-

Chọn chiều rộng sườn cứng  $b = 200 \text{ mm}$  và chiều dày  $10 \text{ mm}$ .

Kiểm tra lại ép mặt :

$$\sigma_{em} = \frac{A}{F_{em}} = \frac{448 \times 1,2}{20 \times 1} = 26,88 \text{ KN/cm}^2 < 32 \text{ KN/cm}^2.$$

Kiểm tra ổn định :

$$F_d = 20 \times 1 + 0,8 \times 12 = 29,6 \text{ cm}^2$$

$$15 \delta_b = 15 \times 0,8 = 12 \text{ cm.}$$

$$J_d = \frac{1 \times 20^3}{12} \times 12 + \frac{0,8^3}{12} = 666,75 \text{ cm}^4$$

$$r = \sqrt{\frac{J}{F}} = \sqrt{\frac{666,75}{29,6}} = 4,74 \text{ cm}$$

$$l_0 = 100 \text{ cm} \quad \lambda = \frac{100}{4,74} = 21 \text{ tra bảng } \varphi = 0,968$$

$$\sigma = \frac{448}{0,968 \times 29,6} = 15,63 \text{ KN/cm}^2 < 21 \text{ KN/cm}^2.$$

## Chương IV

### CỘT

#### § 37. Nguyên tắc tính cột.

Cột được dùng phổ biến trong các loại kết cấu và công trình. Tính cột dựa vào nguyên lý tính toán ổn định của thanh nén dẹt tâm hoặc lệch tâm.

Ở trường hợp nén dẹt tâm cột sẽ mất ổn định theo phương trục có độ mảnh lớn nhất  $\lambda_{\max}$  (lấy từ độ mảnh đối với hai trục chính x và y của tiết diện cột). Để tiết kiệm vật liệu, tiết diện cột nên bố trí sao cho độ mảnh theo hai phương cột xấp xỉ nhau  $\lambda_x \approx \lambda_y$ .

Ở trường hợp nén lệch tâm, nội dung tính toán có phức tạp hơn, khả năng chịu lực của cột cần được lần lượt kiểm tra theo phương ổn định trong mặt phẳng uốn và ngoài mặt phẳng uốn của cột.

Về cấu tạo, tiết diện cột có thể bố trí đặc hoặc rỗng. Theo nguyên lý tính ổn định, bụng đặc của cột không bị biến dạng theo phương lực cắt trong quá trình mất ổn định, nói cách khác hơn là lượng biến dạng này không đáng kể và xem giá trị của nó bằng không; còn bụng rỗng, thì có giá trị biến dạng đáng kể và làm giảm khả năng ổn định của cột rỗng. Vì vậy khi tính ổn định cột đặc thì dùng độ mảnh  $\lambda$  — phụ thuộc J và F của tiết diện cột; còn khi tính ổn định cột rỗng thì dùng độ mảnh tương đương  $\lambda_{\text{tr}}$  — phụ thuộc J và F của tiết diện cột, phụ thuộc tiết diện và sơ đồ bố trí thanh giằng và bản giằng của bụng rỗng.

Toàn bộ khả năng chịu lực nêu trên còn được gọi là ổn định tổng thể. Tiết diện cột cấu tạo từ các bản mỏng (cột đặc) hoặc từ các thanh (cột rỗng) — gọi là các phần tử. Khi các phần tử này chịu lực nén thì cũng xảy ra mất ổn định — gọi là mất ổn định cục bộ. Như vậy ngoài việc tính kiểm tra ổn định tổng thể, cần phải tính kiểm tra ổn định cục bộ. Yêu cầu ứng suất ổn định cục bộ không nhỏ hơn ứng suất ổn định tổng thể.

#### A. CỘT NÉN DẸT TÂM

#### § 38. Công thức tính và yêu cầu cấu tạo tiết diện cột.

##### 1. Đối với cột tiết diện đặc và rỗng.

Tính cột (thanh) theo điều kiện ổn định

$$\sigma = \frac{N}{\varphi F} \leq R.$$

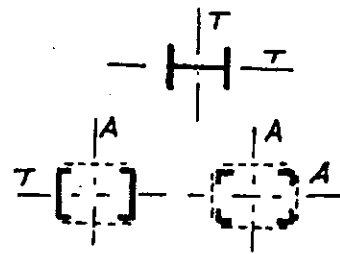


F — diện tích tiết diện cánh ( $F_c$ ) và bụng ( $F_b$ ) đối với cột đặc  
 — diện tích tiết diện các nhánh đối với cột rỗng.

$\varphi$  — hệ số uốn dọc xác định theo độ mảnh:

$\lambda$  — đối với cột đặc và đối với trục thực của cột rỗng (trục T)

$\lambda_{td}$  — đối với trục ảo của cột rỗng (trục A).



$\lambda, \lambda_{td}$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
$\varphi$ (thép CT3)	1	0,988	0,97	0,943	0,905	0,867	0,82	0,77	0,715	0,67	0,582	0,512
$\lambda, \lambda_{td}$	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	—
$\varphi$ (thép CT3)	0,448	0,397	0,348	0,305	0,27	0,24	0,216	0,196	0,175	0,16	0,146	—

•  $l_0 = \mu l$  — chiều dài tính toán cột

Sơ đồ liên kết				
$\mu$	2	1	0,7	0,5

•  $l_0$  của các trường hợp khác xem mục cột nhà công nghiệp.

Độ mảnh giới hạn

$[\lambda] = 120$  — đối với thanh chịu lực chính.

150 — đối với thanh phụ (cột sườn tường, thanh bụng dầm, thanh giằng...).

Giá trị bán kính quán tính gần đúng  $r_x, r_y$

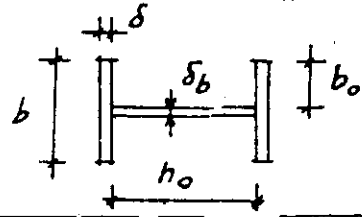
$r_x = 0,21h$ $r_y = 0,21b$	$0,43h$ $0,24b$	$0,33D$ $0,33D$	$0,40h$ $0,40b$
$r_x = 0,38h$ $r_y = 0,44b$	$0,38h$ $0,60b$	$0,41h$ $0,52b$	$0,43h$ $0,43b$

2. Đối với cột tiết diện đặc.

Tính độ mảnh

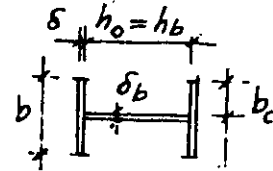
$$\lambda = \frac{l_0}{r};$$

$$r = \sqrt{\frac{J}{F}} - \text{bán kính quán tính.}$$



Tỷ số giới hạn b/d của bản cánh (đối với thép CT3) phụ thuộc  $\lambda$ .

$\lambda$	25	50	75	100	125
$b_0/\delta$	14	16	18,5	20,5	23

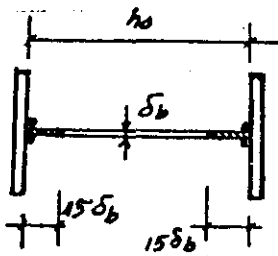


Diện tích tiết diện bản bụng được lấy  $F_b = h_b \times \delta_b$  khi:

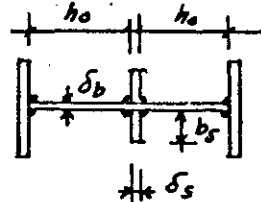
$$\frac{h_0}{\delta_b} \leq 75 \quad \text{và} \quad \frac{h_0}{\delta_b} \leq 40 + 0,4\lambda$$

(đối với thép CT3). Nếu không thỏa mãn yêu cầu trên thì được tính theo một trong hai cách sau:

$F_b = \delta_b (2 \times 15\delta_b)$   
(không đặt sườn dọc).



$F_b = h_0 \times \delta_b$ . Nhưng với điều kiện đặt sườn dọc để thỏa mãn yêu cầu trên.



$$b_s \geq 10\delta_b; \quad \delta_s \geq 0,75\delta_b; \\ b_s/\delta_s \leq 15$$

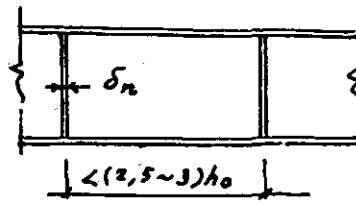
Yêu cầu đặt sườn ngang khi

$$\frac{h_0}{\delta_b} \geq \frac{320}{\sqrt{R}}$$

R tính theo KN/cm<sup>2</sup>. Trong 1 đoạn chuyển chỗ ít nhất có 2 sườn ngang.

$$b_n \geq \frac{h_0}{30} + 40\text{mm};$$

$$\delta_n \geq b_n/15$$



Bề dày các bản thường lấy

$$\delta_n = 8 \sim 40 \text{ mm}; \quad \delta_b = 6 \sim 16 \text{ mm}$$

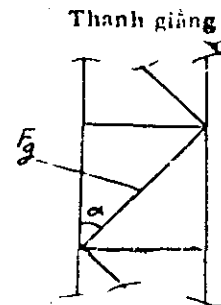
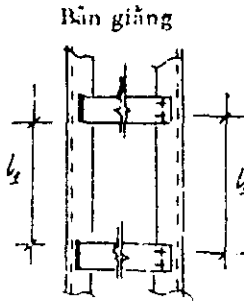
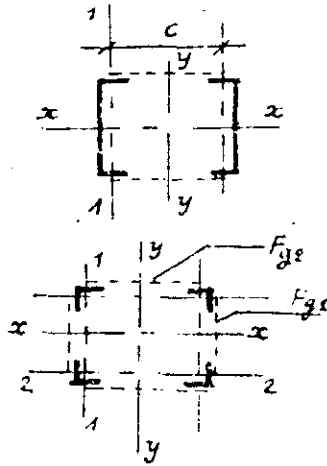
Liên kết các bản trong cột yêu cầu:

— dương hàn liên tục,  $b_n \approx 0,5\delta_b$  và  $b_n \geq 0\text{mm}$

— liên kết đinh tán lấy khoảng cách đinh tối đa theo cấu tạo và không quá  $18\delta_{\text{min}}$ .

3. Đối với cột rỗng.

Tính độ mảnh  $\lambda_{td}$



$$\lambda_{td} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2}$$

$$\lambda_{td} = \sqrt{\lambda_y^2 + K \frac{F}{F_g}}$$

$$\lambda_{td} = \sqrt{\lambda^2 + \lambda_1^2 + \lambda_2^2}$$

$$\lambda_{td} = \sqrt{\lambda^2 + F \left( \frac{K_1}{F_{g1}} + \frac{K_2}{F_{g2}} \right)}$$

Trong đó :

$\lambda_y$  — độ mảnh của cột đối với trục y

$\lambda$  — độ mảnh lớn nhất của cột

$\lambda_1, \lambda_2$  — độ mảnh của từng nhánh đối với trục 1 và 2, lấy theo chiều dài  $l_1$ .

F — diện tích tiết diện các nhánh

$F_g, F_{g1}, F_{g2}$  — diện tích tiết diện các thanh giăng của các mặt rỗng 1 và 2.

K,  $K_1, K_2$  — hệ số phụ thuộc góc  $\alpha$  ở các mặt rỗng.

$\alpha^\circ$	30 <sup>0</sup>	40 <sup>0</sup>	45—60 <sup>0</sup>
K	45	31	27

Q — lực cắt qui ước dùng để tính thanh và bản giăng

$$Q = 20F \text{ daN} \quad (\text{đối với thép CT3})$$

F tính theo  $\text{cm}^2$

**Tính bản giằng.**

Nội lực cắt

$$T = \frac{Q_1 \cdot l_1}{C}$$

Mômen uốn

$$M = \frac{Q_1 \cdot l_1}{2}$$

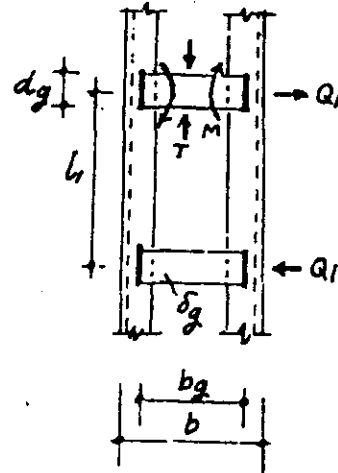
$Q_1$  — lực cắt trên 1 mặt rộng ;  $Q_1 = \frac{Q}{n}$  ;

$n$  — số mặt rộng chịu lực  $Q$

Kích thước bản giằng :

$$d_g = (0.5 \sim 0.75) b$$

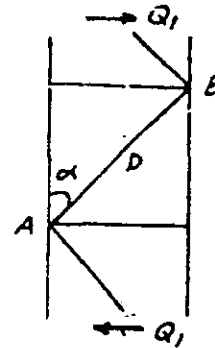
$$\delta_g = 6 \sim 10 \text{ mm và } \delta_g \geq \frac{1}{50} b_k.$$



**Tính thanh giằng.**

— Thanh xiên thường làm bằng một thép góc. Tính như thanh chịu nén đúng tâm với : chiều dài tính toán bằng chiều dài hình học  $l_{AB}$ , hệ số điều kiện làm việc  $m = 0.75$ , và nội lực  $D = Q_1 / \sin \alpha$ .

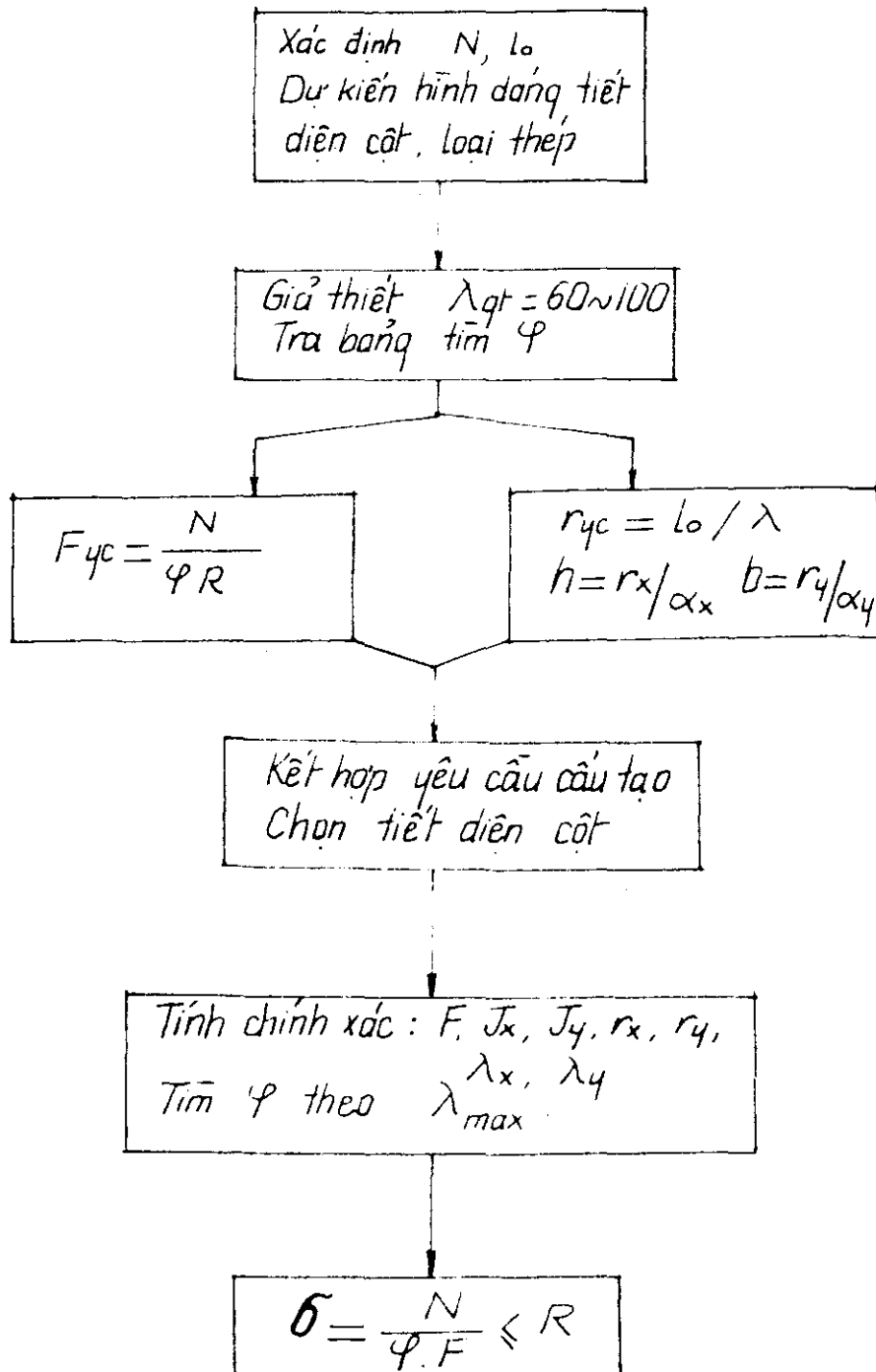
— Thanh ngang lấy tiết diện bằng thanh xiên.

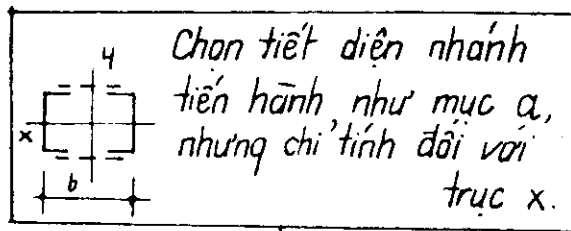


**§ 39. Trình tự chọn tiết diện cột**

1. Cột tiết diện đặc.

2. Cột rỗng.





Giả thiết:  $\lambda_{td} = \lambda_x$   
 $F_y$  và  $\alpha$   
hoặc  $\lambda_1 = 30$

Tính  $\lambda_y$  và  
 $b$  yêu cầu.

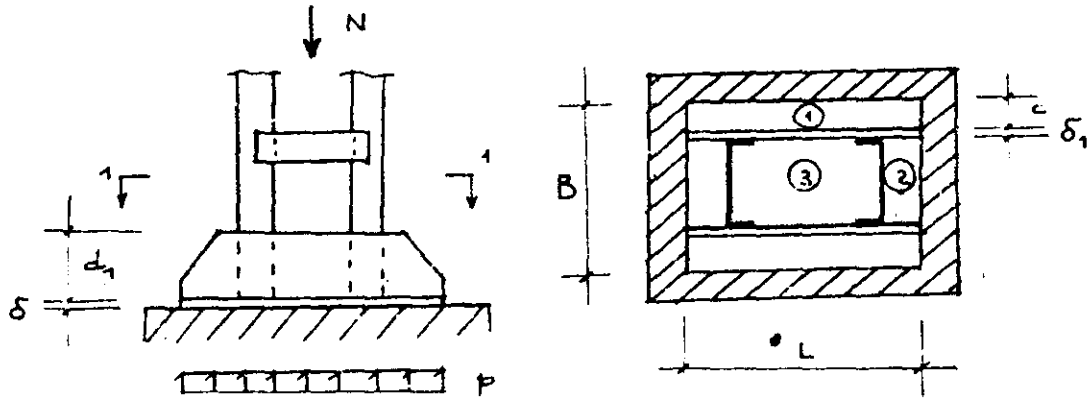
Chọn  $b$

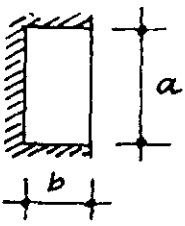
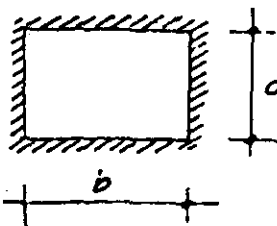
Tính thanh giằng  
hoặc bản giằng

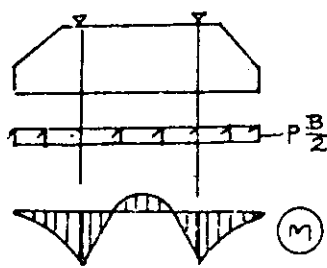
Tính  $\lambda_{td}$

Yêu cầu  
 $\lambda_{td} \leq \lambda_x$

§40. Tính chân cột



Nội dung	Công thức tính																										
Diện tích bản đế	$F = B \cdot L \geq \frac{N}{R_{bt}}$ $R_{bt} = R_{btt} \cdot \psi; \psi = \sqrt[3]{\frac{F_m}{F}} \leq 2.$ <p><math>R_{btt}, R_{bt}</math> — cường độ tính toán của bê tông chịu nén và chịu ép cục bộ.  <math>R_{btt} = 0,44 \text{ KN/cm}^2</math> đối với bê tông mác 100 và bằng 0,6 — mác 150.  <math>F_m</math> — diện tích mặt móng.</p>																										
Mômen uốn trong bản đế	<p><i>Bản 1</i> — công xôn. Mômen lớn nhất <math>M</math>.</p> $M = \frac{1}{2} p a^2 \quad \text{KNcm/cm}$ $p = \frac{N}{BL} \quad \text{KN/cm}^2$																										
	<p><i>Bản 2</i> — Kê trên 3 cạnh. <math>M = \alpha p a^2 \quad \text{KNcm/cm}</math>.</p> <table border="1"> <tr> <td>b/a</td> <td>0,5</td> <td>0,6</td> <td>0,7</td> <td>0,8</td> <td>0,9</td> <td>1,0</td> <td>1,2</td> <td>1,4</td> <td>2</td> <td>&gt;2</td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td>0,06</td> <td>0,074</td> <td>0,088</td> <td>0,097</td> <td>0,107</td> <td>0,112</td> <td>0,12</td> <td>0,126</td> <td>0,132</td> <td>0,133</td> </tr> </table>	b/a	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	2	>2	$\alpha$	0,06	0,074	0,088	0,097	0,107	0,112	0,12	0,126	0,132	0,133				
b/a	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	2	>2																	
$\alpha$	0,06	0,074	0,088	0,097	0,107	0,112	0,12	0,126	0,132	0,133																	
	<p><i>Bản 3</i> — Kê trên 4 cạnh</p> $M = \alpha p a^2$ <table border="1"> <tr> <td>b/a</td> <td>1</td> <td>1,1</td> <td>1,2</td> <td>1,3</td> <td>1,4</td> <td>1,5</td> <td>1,6</td> <td>1,7</td> <td>1,8</td> <td>1,9</td> <td>2</td> <td>&gt;2</td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td>0,048</td> <td>0,055</td> <td>0,063</td> <td>0,069</td> <td>0,075</td> <td>0,081</td> <td>0,086</td> <td>0,091</td> <td>0,094</td> <td>0,098</td> <td>0,1</td> <td>0,125</td> </tr> </table>	b/a	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	>2	$\alpha$	0,048	0,055	0,063	0,069	0,075	0,081	0,086	0,091	0,094	0,098	0,1	0,125
b/a	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	>2															
$\alpha$	0,048	0,055	0,063	0,069	0,075	0,081	0,086	0,091	0,094	0,098	0,1	0,125															

1	2
Bề dày bản đế	$\delta \geq \sqrt{\frac{6M}{R}}$ <p>M — được chọn giá trị lớn nhất trong các mômen trên  <math>\delta</math> — thường lấy từ 16 ~ 40 mm</p>
Dầm đế	 $\sigma = \frac{6M}{\delta_1 \cdot d_1^2} \leq R.$ $\tau = \frac{Q}{\delta_1 d_1} \leq R_c$
Đường hàn	Tính theo lực do áp lực p tác dụng trên diện tích tương ứng.

#### § 41. Các ví dụ.

**Ví dụ 4.1.** Chọn tiết diện cột đặc. Chiều dài cột 8m, hai đầu liên kết khớp. Cột chịu tải trọng thường xuyên 400 KN và hoạt tải 1300 KN. Các hệ số vượt tải tương ứng là 1,1 và 1,2. Thép CT3.

Xác định nội lực tính toán :

$$N = 1,1 \cdot 400 + 1,2 \cdot 1300 = 2000 \text{ KN.}$$

Chiều dài tính toán cột :

$$l_0 = l_x = l_y = 8\text{m.}$$

Tiết diện cột bố trí theo dạng chữ I.

Giả thiết  $\lambda = 100$ , theo bảng § 38.1 tra hệ số  $\varphi = 0,582$  ; tính được :

$$F_{yc} = \frac{2000}{0,582 \cdot 21} = 164 \text{ cm}^2 ;$$

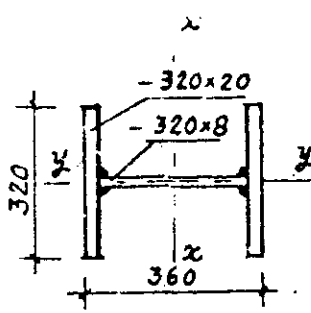
$$r_{y,yc} = r_{x,yc} = \frac{800}{100} = 8 \text{ cm ;}$$

$$h_{yc} = \frac{8}{0,43} = 18,6 \text{ cm.}$$

$$b_{yc} = \frac{8}{0,24} = 36,4 \text{ cm.}$$

Định kích thước các bản : cánh — 320 × 20 mm  
 bụng — 320 × 8 mm





Hình 4.1

Kiểm tra tiết diện đã chọn (h. 4.1)

$$F = 2 \cdot 2 \cdot 32 + 32 \cdot 0,8 = 153,6 \text{ cm}^2.$$

$$J_x = 2 \cdot 64 (16 + 1)^2 + \frac{1}{12} (0,8 \cdot 32^3) = 39\,000 \text{ cm}^4$$

$$J_y = 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 2 \cdot 32^3 = 10900 \text{ cm}^4$$

$$r_y = \sqrt{\frac{10900}{153,6}} = 8,4 \text{ cm.}$$

$$\lambda_{\max} = \lambda_y = \frac{800}{8,4} = 95; \quad \varphi_{\min} = 0,626.$$

Kiểm tra ổn định tổng thể :

$$\sigma = \frac{2000}{0,626 \cdot 153,6} = 20,8 < 21 \text{ KN/cm}^2$$

Kiểm tra ổn định cục bộ (xem § 38.2).

$$\frac{h_0}{\delta_c} = \frac{16}{2} = 8 < 20$$

$$\frac{h_0}{\delta_b} = \frac{32}{0,8} = 40 \left\{ \begin{array}{l} < 40 + 0,495 = 78. \\ < 75. \\ < 320/\sqrt{2I} = 70. \end{array} \right.$$

Vậy tiết diện đã chọn thỏa mãn điều kiện ổn định tổng thể và cục bộ.

**Ví dụ 4.2.** Chọn tiết diện cột rỗng chịu nén trung tâm lực tính toán  $N = 1220 \text{ KN}$ . Chiều dài tính toán  $l_x = l_y = 6,2 \text{ m}$ . Thép CT3. Que hàn E42. Cột gồm hai nhánh tính hai phương án bưng rỗng : thanh và bản giằng.

1) Tính cột bản giằng (h. 4.2).

Chọn tiết diện nhánh  $F$ . Tính đối với trục thực  $x$ . Giả thiết  $\lambda_x = 60$ . Tương ứng có  $\varphi = 0,82$ . Tính được :

$$F_{yc} = \frac{1220}{0,82 \cdot 21} = 71 \text{ cm}^2.$$

$$r_{yc} = \frac{620}{60} = 10,3 \text{ cm.}$$

Chọn hai nhánh  $\text{U } N = 27$ . Có  $F = 2 \cdot 35,2 = 70,4 \text{ cm}^2$ ;  $r_x = 10,9 \text{ cm}$ ;  $J_1 = 262 \text{ cm}^4$ ;  $r_1 = 2,73 \text{ cm}$ .

Kiểm tra tiết diện đã chọn theo điều kiện ổn định đối với trục thực  $x$ .

$$\lambda_x = \frac{620}{10,9} = 57. \text{ Tương ứng có } \varphi = 0,834.$$

$$\sigma = \frac{1220}{0,834 \cdot 70,4} = 20,8 < 21 \text{ KN/cm}^2.$$

Vây tiết diện đã chọn đạt yêu cầu.

Bổ trí khoảng cách các nhánh. Tính đối với trục ảo y.

Giả thiết  $\lambda_{td} = \lambda_x = 57$ . Cho trước  $\lambda_1 = 30$ .

Có :

$$\lambda_{y,yc} = \sqrt{57^2 - 30^2} = 48,5$$

$$r_{y,yc} = \frac{620}{48,5} = 12,8 \text{ cm}$$

$$h_{yc} = \frac{12,8}{0,41} = 29,1 \text{ cm}$$

chọn  $b = 30 \text{ cm}$ .

Tính các giá trị :

$$l_1 = 30 \cdot 2,73 = 82 \text{ cm. Chọn } l_1 = 80 \text{ cm}$$

$$\lambda_1 = \frac{80}{2,73} = 29,3;$$

$$J_y = 2(262 + 35,2 \cdot 12,53^2) = 11680 \text{ cm}^4;$$

$$r_y = \sqrt{\frac{11680}{70,4}} = 12,9;$$

$$\lambda_y = \frac{620}{12,9} = 48$$

$$\lambda_{td} = \sqrt{48^2 + 29,3^2} = 56,2 < \lambda_x = 57$$

Vây kết quả chọn b đạt yêu cầu về ổn định của cột đối với trục y.

Tính bản giằng.

Lực cắt tác dụng lên một mặt rộng.

$$Q_1 = \frac{0,2 \cdot 70,4}{2} = 7,04 \text{ KN}$$

Nội lực bản giằng có :

$$T = \frac{7,04 \cdot 100}{25,06} = 28,1 \text{ KN}$$

$$M = \frac{7,04 \cdot 100}{2} = 352 \text{ KNm}$$

Tiết diện bản giằng lấy  $200 \times 6 \text{ mm}$ . Kiểm tra bền của bản giằng :

$$\sigma = \frac{352 \cdot 6}{0,6 \cdot 20^2} = 8,8 < 21 \text{ KN/cm}^2.$$

Kiểm tra đường hàn liên kết bản giằng với nhánh cột ( $h_h = 6\text{mm}$  và  $l_h = 200\text{mm}$ ).

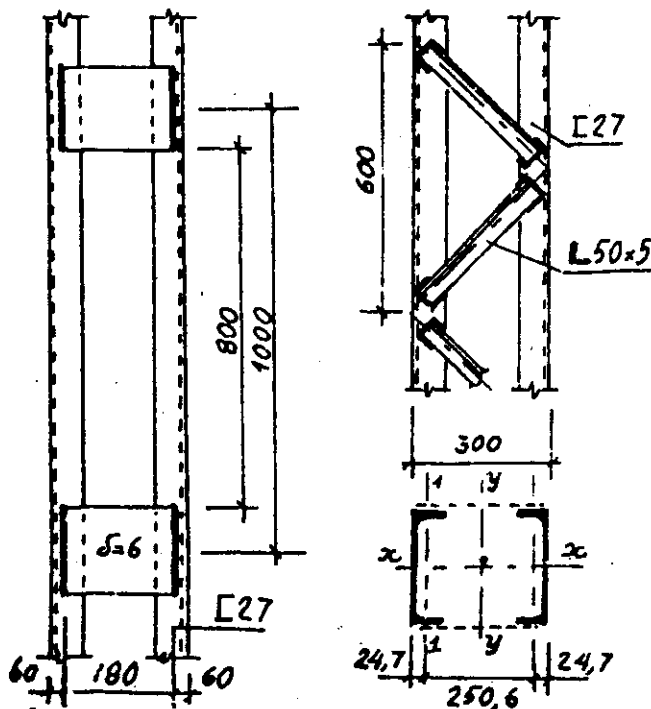
$$\tau_h = \sqrt{\left(\frac{352,6}{0,7 \cdot 0,6 \cdot 19^2}\right)^2 + \left(\frac{28,1}{0,7 \cdot 0,6 \cdot 19}\right)^2} = 14 < 15\text{KN/cm}^2$$

2) *Tính cột thanh giằng.* (h.4.2). Tiết diện cột ( $F$  và  $b$ ) lấy theo số liệu đã xác định đối với cột bản giằng ở trên.

Thanh giằng làm bằng một thép góc  $L50 \times 5$  (có  $F_g = 4,8\text{cm}^2$ ;  $r_{\min} = 0,98\text{cm}$ ) và bố trí theo hệ tam giác với góc  $\alpha = 45^\circ$ . Chiều dài thanh giằng là  $d_g = \frac{30}{\sin \alpha} = \frac{30}{0,707} = 42,5\text{cm}$ . Độ mảnh của thanh:  $\lambda_{\max} = \frac{42,5}{0,98} = 43$ ; tương ứng có  $\varphi = 0,894$ .

Nội lực thanh giằng có:  $N_g = \frac{7,04}{\sin \alpha} = 9,95\text{KN}$ .

Kiểm tra ứng suất thanh giằng theo điều kiện ổn định



Hình 4.2

$$\sigma = \frac{N_g}{\varphi F_g} \leq mR$$

$$\sigma = \frac{9,35}{0,894 \cdot 4,8} = 2,3 \leq 0,75 \cdot 21 = 15,7\text{KN/cm}^2.$$

Tính đường hàn liên kết thanh giằng với nhánh cột (lấy  $h_h = 6\text{mm}$ ):

$$l_h = \frac{N_g}{m \cdot R_g^h \cdot 0,7h_h} = \frac{9,95}{0,75 \cdot 15 \cdot 0,7 \cdot 0,6} = 3\text{cm}.$$

Bố trí  $l_h = 50$  (phía đầu) +  $60$  (phía sống) +  $30$  (phía mép) =  $140\text{mm}$ .

Kiểm tra ổn định toàn cột đối với trục ảo:

$$\lambda_{td} = \sqrt{48^2 + 27 \cdot \frac{70,4}{2,4,8}} = 50 < 57.$$

Kiểm tra ổn định nhánh cột:

$$\lambda_1 = \frac{60}{2,73} = 22 < (30 \sim 40).$$

**Ví dụ 4.3.** Tính và cấu tạo chân cột hàn (h. 4.3). Thép CT3, que hàn E42, hàn tay. Móng bê tông mác 100,  $R_{b,t,a} = 41 \text{ daN/m}^2$ . Lực nén tính toán  $N = 2000 \text{ KN}$ .

Diện tích yêu cầu của bản đế (giả thiết  $\phi = 1,3$ ):

$$F_{yc} = \frac{2000}{1,3 \cdot 0,44} = 3500 \text{ cm}^2.$$

Định  $F = B \cdot L = 49,72 = 3520 \text{ cm}^2$ .

Diện tích mặt móng  $F_m = 80 \times 100 \text{ cm}^2$ .

Tính  $\phi = \sqrt[3]{\frac{80 \cdot 100}{49,72}} = 1,315 < 2$ .

Phản áp lực  $p = \frac{2000}{3520} = 0,568 < 1,315 \cdot 0,44 = 0,58 \text{ kN/cm}^2$

Tính momen trong bản đế (có 3 loại ô bản).

Bản công xôn:

$$M = \frac{1}{2} p \cdot 7,5^2 = 28,5p$$

Bản tựa trên 4 cạnh:

$$\frac{n}{b} = \frac{36}{15,5} > 2; \alpha = 0,125$$

$$M = 0,125p \cdot 15,5^2 = 30p.$$

Bản tựa trên 3 cạnh:

$$\frac{b_1}{a_1} = \frac{18}{15,5} = 1,16; \alpha_1 \approx 0,12$$

$$M = 0,12p \cdot 15,5^2 = 28,8p.$$

Mômen lớn nhất trong các ô:

$$M = 30p = 30 \cdot 0,568 = 17 \text{ kNcm/cm}.$$

Tính bề dày bản đế:

$$\delta = \sqrt{\frac{6,17}{21}} = 2,2. \text{ Lấy } 22 \text{ mm}$$

Để tính các chi tiết còn lại, cho trước bề dày của dầm đế và sườn đế là 10mm, tất cả các đường hàn liên kết trong chân cột có chiều cao là 10mm.

Tính chiều dài đường hàn  $l_1$  liên kết giữa dầm đế 1 và cột. Hai đường hàn này chịu lực  $N_1$  (tính theo áp lực trên diện tích  $\Omega_1$ ).

$$N_1 = p \cdot \Omega_1 \approx p d_1 L = 0,568 \left( 7,5 + 1 + \frac{15,5}{2} \right) 72 = 665 \text{ KN}.$$

$$l_1 = \frac{N_1}{2 \cdot 0,7 \cdot h_b \cdot R_b^h} = \frac{665}{2 \cdot 0,7 \cdot 1,15} = 31,5. \text{ Lấy } l_1 = 320 \text{ mm}.$$

Tính tiết diện dầm để. Lấy  $l_1$  đã xác định ở trên làm chiều cao tiết diện dầm để. Vậy tiết diện dầm để là  $320 \times 10\text{mm}$ . Lực tác dụng lên dầm để, thiên về an toàn, có giá trị:

$$p_1 = p d_1 = 0,568 \cdot 16,25 = 9,23\text{KN/cm}.$$

Momen và lực cắt lớn nhất trên dầm:

$$M = p_1 c_1^2 \frac{1}{2} = 9,23 \cdot 18^2 \cdot \frac{1}{2} = 1500\text{KNcm}$$

$$Q = p_1 c_1 = 9,23 \cdot 18 = 166\text{KN}.$$

Kiểm tra dầm để theo điều kiện bền:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{6 \cdot 1500}{1 \cdot 32^2} = 8,8 < R = 21\text{KN/cm}^2$$

$$\tau = \frac{Q}{F_1} = \frac{166}{1 \cdot 32} = 5,2 < R_c = 13\text{KN/cm}^2$$

Đường hàn liên kết giữa dầm và bản đế có  $h_u = 10\text{mm}$  và  $l_h = 720 + 2 \cdot 180\text{mm}$  chịu lực  $N_1$ . Kiểm tra ứng suất trên đường hàn:

$$\tau = \frac{N_1}{F_h} = \frac{665}{0,7 \cdot 1[(72 - 1) + 2(18 - 0,5)]} = 9 < R_g^h = 15\text{KN/cm}^2.$$

Tính sườn đế 2. Tính như dầm công xôn, chịu lực  $p$  trên diện tích  $\Omega_2$ . Các giá trị lớn nhất của  $M$  và  $Q$ :

$$M = p d_2 c_1^2 \cdot \frac{1}{2} = 0,568(15,5 + 1)18^2 \cdot \frac{1}{2} = 1520\text{KNcm}$$

$$Q = p d_2 c_1 = 0,568 \cdot 16,5 \cdot 18 = 169\text{KN}$$

Kiểm tra ứng suất sườn (tiết diện  $320 \times 10\text{mm}$ ):

$$\sigma = \frac{M}{W_2} = \frac{6 \cdot 1520}{1 \cdot 32^2} = 8,9 < R$$

$$\tau = \frac{Q}{F_2} = \frac{169}{1 \cdot 32} = 5,3 < R_c.$$

Tính đường hàn liên kết giữa sườn đế và cột. Có 2 đường hàn. Kiểm tra ứng suất theo công thức:

$$\tau_M = \frac{M}{W_h} = \frac{6 \cdot 1520}{2 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 31,5^2} = 6,6\text{KN/cm}^2$$

$$\tau_Q = \frac{Q}{F_h} = \frac{169}{2 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 31,5} = 3,83$$

$$\tau = \sqrt{\tau_M^2 + \tau_Q^2} = \sqrt{6,6^2 + 3,83^2} = 7,63 < R_g^h = 15\text{KN/cm}^2$$

Tính đường hàn liên kết giữa sườn và bản đế :

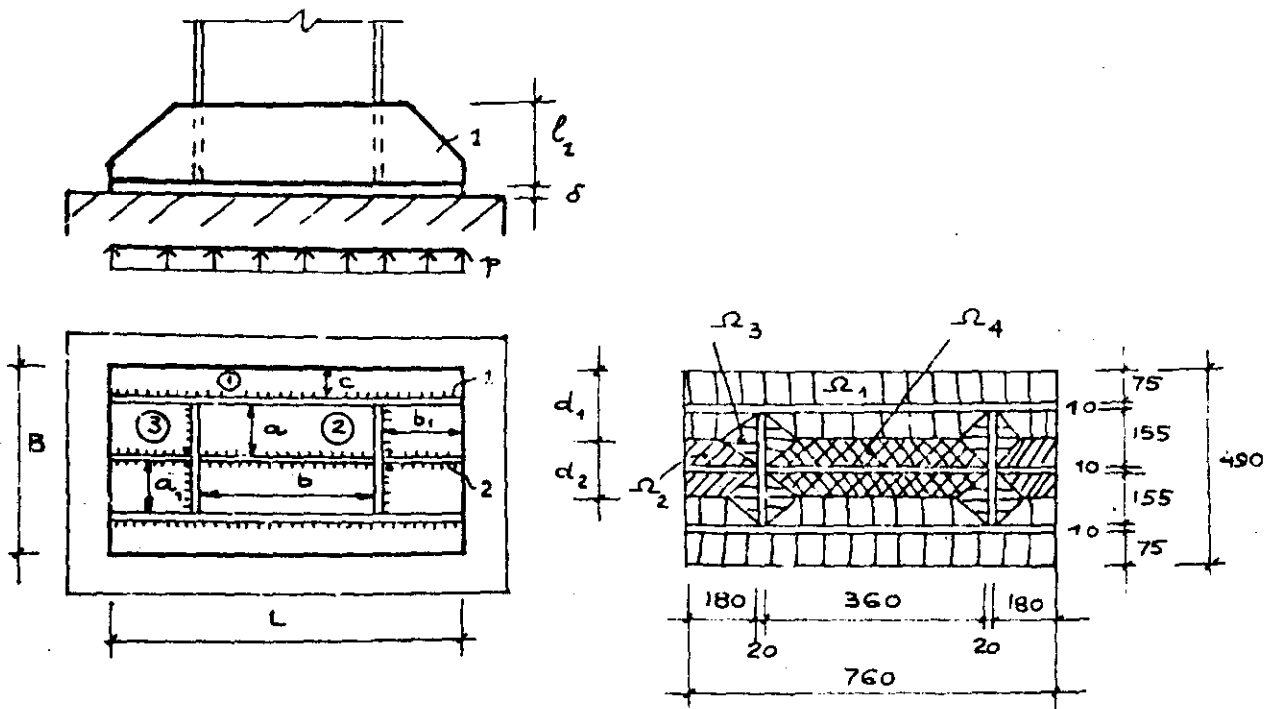
$$\tau = \frac{pd_1 c_1}{F_h} = \frac{169}{2 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot (18 - 0,5)} = 6,9 < \dots$$

Đường hàn liên kết giữa cạnh cột và bản đế chịu lực p trên diện tích ứng suất

$$\tau = \frac{0,568(15,5 + 2)}{1 \cdot 0,7} = 14,2 < R_s^h$$

Đường hàn liên kết giữa bụng cột và bản đế chịu lực p trên diện tích  $\Omega_4$ , có ứng suất :

$$\tau = \frac{0,568(15,5 + 1)}{2 \cdot 0,7} = 6,7 < R_s^h.$$



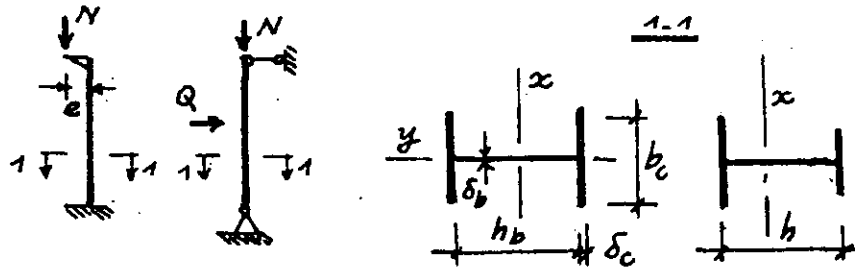
Hình 4.3

## B. CỘT NÉN LỆCH TÂM

§ 42. Công thức tính và yêu cầu cấu tạo tiết diện cột đặc.

### 1. Tiết diện cột

Cột chịu lực nén  $N$  và mômen  $M_x$  (do uốn hoặc do nén lệch tâm)



### 2. Ôn định trong mặt phẳng uốn.

Công thức tính.

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_{it} F} \leq R$$

$\varphi_{it}$  — hệ số nén lệch tâm phụ thuộc  $\bar{\lambda}_x$  và  $m_1$ , xem bảng 4.1

$\bar{\lambda}_x$  — độ mảnh qui ước

$$\begin{aligned} \bar{\lambda}_x &= \lambda_x \cdot \sqrt{R/E} \\ &= \lambda_x \sqrt{21/2,1 \cdot 10^4} = \lambda_x \cdot 0,03162. \end{aligned} \quad (\text{thép CT3})$$

$\lambda_x$  — độ mảnh, xem công thức cột đặc nén đúng tâm.

$m_1$  — độ lệch tâm tương đương.

$$m_1 = \eta m = \eta e_x \frac{F}{W_x} = \eta \cdot \frac{M}{N} \frac{F}{W_x}$$

$\eta$  — hệ số ảnh hưởng của hình dạng tiết diện, lấy theo bảng 4.3

$$m = \frac{e_x}{\rho_x} = \frac{e_x \cdot F}{W_x} \text{ — độ lệch tâm tương đối.}$$

$$e_x = \frac{M_x}{N} \text{ — độ lệch tâm}$$

$F$  — tiết diện nguyên của thanh

$W_x$  — mômen chống uốn (lấy đối với phía nén nhiều)

$M_x$  được lấy như sau :

a) đối với thanh có 2 đầu khớp phụ thuộc  $m$  và  $\bar{\lambda}_x$

m	Giá trị $M_x$ khi	
	$\bar{\lambda} < 4$	$\bar{\lambda} > 4$
$m \leq 3$	$M_x = M_2 = M_{max} - \frac{\bar{\lambda}}{4} \times (M_{max} - M_1)$	$M_x = M_1$
$3 < m \leq 20$	$M_x = M_2 + \frac{m-3}{17} \times (M_{max} - M_2)$	$M_x = M_1 + \frac{m-3}{17} \times (M_{max} - M_1)$

$M_{max}$  — momen lớn nhất trong thanh

$M_1$  — momen lớn nhất trong phạm vi đoạn  $\frac{1}{3}$  giữa của chiều dài thanh.

$M_2$  — momen tính toán khi  $m \leq 3$  và  $\bar{\lambda} < 4$ . Trong mọi trường hợp phải lấy  $M_x$  không nhỏ hơn  $0,5M_{max}$

b) đối với đoạn thanh tiết diện không đổi trong hệ khung và thanh công xôn — lấy momen lớn nhất.

3. Ổn định ngoài mặt phẳng uốn.

Công thức tính

$$\sigma = \frac{N}{c\varphi_y F} \leq R$$

$\varphi_y$  — hệ số uốn dọc tính theo  $\lambda_y$ ,

c — hệ số ảnh hưởng của  $M_x$  đối với khả năng ổn định ngoài mặt phẳng uốn.

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha m_x}$$

$$m_x = \frac{e_x}{\rho_x}; e_x = \frac{M_x}{N}$$

$\alpha, \beta$  — hệ số, xem bảng 4.2

$M_x$  được lấy như sau :

a) Khi đầu thanh không dịch chuyển theo phương y, lấy

$$M_x = M_1 \text{ và } M_x \leq 0,5M_{max}$$

b) thanh công xôn

$$M_x = M_{max}$$



4. Điều kiện ổn định của bản cánh và bản bụng

Bản cánh: lấy như bản cánh của cột nén đúng tâm  
( $h_b/\delta_c$ )

Bản bụng: phụ thuộc các tương quan ứng suất phân bố trên tiết diện  
( $h_b/\delta_b$ )

$$\alpha = \frac{\sigma - \sigma'}{\sigma} \text{ và } \frac{\tau}{\sigma}$$

$\sigma$  — ứng suất nén lớn nhất ở biên bụng

$\sigma'$  — ứng suất ở biên phía kia.

$$\tau = \frac{Q}{h_b \delta_b} \text{ — ứng suất cắt trung bình}$$

- Khi  $\alpha \leq 0,5$  — lấy như đối với cột nén đúng tâm

$$\frac{h_b}{\delta_b} = 40 \sqrt{\frac{21}{R}} + 0,4\lambda, \text{ và } \frac{h_b}{\delta_b} \neq 75$$

- Khi  $\alpha \geq 1$  — tỷ số lớn nhất lấy bằng:

$$\frac{h_b}{\delta_b} = 100 \sqrt{\frac{2K_3}{\sigma[2 - \alpha + \sqrt{\alpha^2 + 4\beta^2}]}}$$

$$\beta = 0,07K_3 \cdot \frac{\tau}{\sigma}$$

$K_3$  phụ thuộc  $\alpha$ :

$\alpha$	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
$K_3$	2,22	2,67	3,26	4,2	5,25	6,3

- Khi  $0,5 < \alpha < 1$  — tỷ số lớn nhất lấy theo tỷ lệ đường thẳng.

Diện tích tính toán bản bụng và yêu cầu đặt sườn ngang được xác định như đối với cột nén đúng tâm.

5. Chọn tiết diện cột. Thường dùng một số giá trị gần đúng sau:

$$F_{yc} = \frac{N}{R} \left( 1,25 + 2,2 \frac{e_x}{h} \right)$$

Công thức trên xuất phát từ:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_x F} + \frac{M_x}{W_x} \leq R \text{ với } \varphi_x = 0,8 \text{ và } \rho_x = 0,45h.$$

$$h = \left( \frac{1}{10} \sim \frac{1}{15} \right) \text{ chiều cao cột}$$

$$b_c = \left( \frac{1}{20} \sim \frac{1}{30} \right) h$$

$$\frac{b_c}{\delta_c} \approx 30; \quad \frac{h_b}{\delta_b} = 60 \sim 120.$$

Hệ số  $\varphi_L \times 10^3$  của thanh đặc chịu nén lệch tâm

Bảng 4.1.

$m_1 \backslash \lambda$	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	8	9	10	11	12	13	14
0,1	967	925	875	813	742	667	587	505	418	354	302	258	223	194	152	122	100	083	069	062	052
0,25	922	854	804	742	672	597	522	447	382	326	280	244	213	186	146	117	097	079	067	061	049
0,5	350	778	716	653	587	520	455	394	342	295	256	223	196	173	138	112	093	077	064	054	049
0,75	782	711	647	587	526	465	408	356	310	273	240	210	185	163	133	107	091	076	063	053	048
1	722	653	593	536	480	425	375	330	288	253	221	198	176	157	128	103	090	075	062	052	048
1,25	689	600	548	495	442	395	350	309	272	239	212	190	170	152	121	100	085	073	060	051	047
1,5	620	563	507	457	410	365	325	289	257	225	200	178	160	145	117	098	081	071	059	051	047
1,75	577	520	476	425	383	342	303	270	242	215	192	172	155	141	115	096	080	069	059	050	046
2	538	484	439	397	357	320	287	256	229	205	184	166	149	136	113	093	079	068	058	050	045
2,5	469	427	388	353	317	287	258	232	208	188	170	153	140	127	106	088	075	063	055	049	044
3	417	382	347	315	287	260	233	212	192	175	158	145	132	121	100	085	072	062	051	048	043
3,5	370	341	312	286	262	238	216	197	178	162	148	137	125	115	095	082	070	061	053	048	043
4	337	307	283	260	238	217	198	181	165	150	138	128	117	108	091	079	069	060	052	047	042
4,5	330	293	262	240	220	202	183	168	155	143	132	120	112	102	087	075	065	057	051	045	041
5	280	259	240	222	204	187	172	168	148	136	124	115	106	098	083	072	062	055	050	044	040
5,5	260	240	223	206	190	175	162	149	137	128	117	109	101	094	081	069	060	053	049	043	040
6	230	225	207	193	178	166	153	140	130	120	112	104	097	091	078	068	059	052	048	042	039
6,5	222	209	195	182	168	156	145	135	125	117	108	100	094	087	076	065	058	051	047	041	039
7	210	196	182	170	158	147	137	127	118	111	104	096	089	083	074	064	057	050	045	041	038
8	183	175	163	153	144	135	125	118	110	103	095	089	083	078	068	061	055	048	044	039	037
9	164	157	148	138	130	123	115	108	101	095	089	084	080	074	065	058	052	046	042	038	036
10	150	142	134	125	118	112	108	098	093	088	084	079	074	070	062	055	049	044	040	037	036
12	125	122	114	107	101	096	091	087	082	077	073	069	066	063	056	051	045	041	038	035	033
14	110	105	099	094	089	086	082	078	073	070	067	064	061	058	052	046	041	036	034	033	032
17	090	088	084	079	075	072	068	065	062	060	057	055	052	050	045	042	038	034	032	030	028
20	072	068	067	065	063	060	058	056	054	052	050	048	045	043	039	036	034	032	029	027	026

77

Hệ số ảnh hưởng của tiết diện

Bảng 4.2.

Số đỡ tiết diện	Giá trị $\eta$			
	$0 \leq \bar{\lambda} \leq 5$		$\bar{\lambda} > 5$	
	$0,1 \leq m \leq 5$	$5 \leq m \leq 20$	$0,1 \leq m \leq 20$	
	1,0	1,0	1,0	
	$0,8 + 0,04 \bar{\lambda}$	1,0	1,0	
	$(1,4 - 0,04m) - 0,04 \bar{\lambda}$	$1,2 - 0,04 \bar{\lambda}$	1,0	
	$(2 - 0,1m) - 0,08 \bar{\lambda}$	$1,5 - 0,08 \bar{\lambda}$	1,1	
	$\frac{F_1}{F_2} < 1$	$(2 - 0,8m) - 0,08 \bar{\lambda}$	$1,6 - 0,08 \bar{\lambda}$	1,2
	$\frac{F_1}{F_2} > 1$	$(2,2 - 0,06m) - 0,08 \bar{\lambda}$	$1,9 - 0,08 \bar{\lambda}$	1,5

Công thức tính  $c, \alpha, \beta,$

Bảng 4.3

Giá trị $c$	Giá trị $\alpha$ và $\beta$													
	Số độ tiết diện	Tiết diện hở: chữ I và T		Tiết diện kín: đặc hoặc có thanh (hàn) giằng.										
$c = \frac{\beta}{1 + \alpha m_x}$	$m \leq 1$	0,7	$1 - 0,3 \frac{J_2}{J_1}$	0,6										
	$1 \leq m \leq 5$	$0,7 + 0,05(m - 1)$	$1 - [0,3 - 0,05 \times (m - 1)] \frac{J_2}{J_1}$	$0,6 + 0,05 \times (m - 1)$										
	$m > 5$	0,9	$1 - 0,1 \frac{J_2}{J_1}$	0,8										
	$\lambda_y \leq \lambda_c$	1	1	1										
	$\lambda_y > \lambda_c$	$\frac{0,58}{\varphi_y}$	$1 - \left(1 - \frac{0,58}{\varphi_y}\right) \times \left(2 \frac{J_2}{J_1} - 1\right);$ $\beta = 1$ khi $\frac{J_2}{J_1} < 0,5$	1										
Điều kiện $c$ khi $\lambda_y > \lambda_c$	$c \neq 1$ - Đối với thanh tiết diện kín													
	$c \neq c_{max}$ - Đối với tiết diện hở.													
	Giá trị $c_{max}$ khi $M/(Nh)$													
$\delta_1$	bh	0	0,15	0,3	0,45	0,6	0,75	0,9	1,05	1,2	1,35	1,5	2,25	3
0,1	1	0,88	0,69	0,56	0,46	0,39	0,34	0,30	0,27	0,24	0,22	0,15	0,12	
0,5	1	0,89	0,73	0,59	0,50	0,42	0,37	0,32	0,30	0,27	0,24	0,17	0,13	
0,8	1	0,91	0,77	0,64	0,54	0,47	0,41	0,36	0,33	0,30	0,27	0,19	0,15	
1,0	1	0,93	0,80	0,67	0,58	0,50	0,44	0,39	0,35	0,32	0,30	0,21	0,16	
1,5	1	0,95	0,85	0,74	0,66	0,58	0,52	0,47	0,43	0,39	0,37	0,26	0,20	
2	1	0,97	0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,54	0,50	0,45	0,42	0,31	0,24	
$\geq 2,5$	1	0,99	0,92	0,85	0,78	0,72	0,66	0,61	0,56	0,52	0,49	0,36	0,28	
<p>Chú thích: ♦ <math>J_1</math> và <math>J_2</math> - mômen quán tính của cánh lớn và nhỏ đối với trục <math>y</math></p> <p>♦ <math>\lambda_c = 100</math> (đối với thép CT3)</p> <p>♦ Sử dụng các hệ số, qui định đối với thanh tiết diện kín chỉ cho phép khi số vách cứng trung gian trên chiều dài thanh không ít hơn 2. Trong trường hợp ngược lại phải dùng các hệ số qui định đối với các thanh tiết diện hở chữ I.</p> <p>♦ <math>h</math> - chiều cao tiết diện.</p> <p><math>b, \delta_1</math> - bề rộng và bề dày của cánh chịu nén nhiều nhất.</p> <p><math>l</math> - chiều dài tính toán của thanh trong mặt phẳng thẳng góc với mặt phẳng tác dụng của mômen.</p>														

§ 43. Công thức tính và cấu tạo tiết diện cột rỗng.

<p>1. Hình dạng tiết diện.</p>	
<p>2. Tính từng nhánh.</p> <p>Xác định <math>N_1</math> và <math>N_2</math> — lực tác dụng lên từng nhánh do <math>N</math> và <math>M</math> gây ra.</p> $N_1 = \frac{M_x}{h_0} + N \frac{y_2}{h_0}$ $N_2 = \frac{M_x}{h_0} + N \frac{y_1}{h_0}$	
<p>Tính ổn định và chọn tiết diện từng nhánh tiến hành như thanh chịu nén đúng tâm. Chiều dài tính toán nhánh gồm có:          đối với trục 1,2 — lấy bằng <math>l_{1,2}</math>          đối với trục <math>y</math> — lấy bằng <math>l_y</math> của toàn cột</p>	
<p>3. Tính đa định toàn cột.</p> <p>Công thức tính</p> $\sigma = \frac{N}{\varphi_{lt} F} \leq R.$	
<p><math>\varphi_{lt}</math> — hệ số nén lệch tâm phụ thuộc <math>\bar{\lambda}_{td}</math> và <math>m</math>, xem bảng 4.4  <math>\bar{\lambda}_{td}</math> — độ mảnh tương đương quy ước.</p> $\bar{\lambda}_{td} = \lambda_{td} \cdot \sqrt{\frac{R}{E}}$ <p><math>\lambda_{td}</math> — độ mảnh tương đương, xác định như đối với cột rỗng chịu nén đúng tâm.</p>	
<p><math>m</math> — độ lệch tâm tương đối.</p> $m = \frac{e_x F}{W_x} = \frac{M_x}{N} \frac{F}{J_x} y_1$ <p><math>J = F_1 y_1^2 + F_2 y_2^2</math>; <math>F = F_1 + F_2</math>  <math>F_1</math>; <math>F_2</math> — diện tích tiết diện nhánh.  <math>M_x</math> — xác định như đối với cột tiết diện đặc.</p>	
<p>4. Tính thanh và bản giằng tính như đối với trường hợp của cột nén đúng tâm.</p> <p>Ví dụ về tính cột nén lệch tâm xem mục § 43, § 70.2 (ví dụ tính cột đặc) và § 70.3 (cột rỗng)</p>	

Hệ số  $\psi_{lt} \times 10^3$  của thanh rỗng nén lệch tâm.

Bảng 4.4

$m \backslash \lambda_{td}$	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	8	9	10	11	12	13	14
0,1	908	872	830	774	708	637	562	484	415	350	300	255	221	192	148	117	097	082	068	060	050
0,25	800	767	727	673	608	545	480	422	365	315	273	237	208	184	142	114	094	078	066	059	049
0,5	666	640	600	556	507	455	402	357	315	277	245	216	190	167	136	110	091	077	064	054	048
0,75	571	553	517	479	439	399	355	317	281	250	223	198	178	160	130	107	090	076	063	053	047
1	500	483	454	423	391	356	320	288	258	230	203	183	165	150	125	102	087	073	061	052	046
1,25	444	431	407	381	354	324	291	264	237	212	192	174	157	141	118	098	084	071	060	051	046
1,5	400	378	367	346	322	296	270	246	223	201	182	165	149	135	113	094	088	068	058	050	045
1,75	364	351	336	318	297	275	251	228	207	188	172	156	142	130	108	090	076	066	057	049	044
2	333	328	311	293	274	255	235	215	196	178	163	149	137	125	105	087	075	064	056	049	043
2,5	286	280	271	255	238	222	206	191	176	161	147	135	124	114	097	082	070	060	054	048	043
3	250	243	240	228	215	201	187	173	160	149	137	126	117	108	091	079	067	058	052	047	042
3,5	222	218	211	202	192	182	170	160	149	138	128	119	109	101	085	075	064	056	050	046	042
4	200	197	190	183	175	165	155	145	136	127	118	109	102	095	082	072	062	054	049	045	041
4,5	182	180	178	170	162	153	143	133	124	117	110	103	097	091	079	069	060	053	048	044	041
5	167	165	163	156	148	138	130	124	116	108	102	097	092	087	077	067	058	052	047	044	040
5,5	154	151	149	143	136	130	123	118	110	104	098	093	088	083	073	064	056	050	045	042	039
6	143	142	137	132	127	121	115	110	105	100	095	090	085	079	070	062	054	048	043	041	039
6,5	133	131	128	125	120	116	110	105	100	095	091	085	080	076	067	059	052	046	042	040	038
7	125	121	119	117	113	110	106	100	096	092	087	083	077	074	065	056	050	044	040	038	037
8	111	109	108	106	103	100	096	093	089	086	081	077	072	068	060	053	047	043	039	037	036
9	100	098	096	095	093	091	088	084	079	076	074	070	066	063	055	050	045	041	038	036	035
10	091	090	088	086	083	081	078	076	073	071	068	065	061	058	052	048	043	041	037	035	034
12	077	077	077	076	074	071	069	067	065	062	059	056	054	051	048	045	041	038	034	032	031
14	067	066	065	064	062	061	059	057	055	054	052	051	050	047	044	042	038	035	032	030	029
17	056	055	053	052	051	051	050	049	048	047	046	045	044	043	041	039	036	032	030	028	027
20	048	046	044	045	044	043	042	041	040	039	039	038	037	036	035	035	033	030	028	026	025

§ 44. Ví dụ 4.4 :

Chọn tiết diện của thanh nén lệch tâm chịu  $N = 1000\text{KN}$ ,  $M_x = 200\text{KNm}$ , chiều dài tính toán  $l_{ox} = 18\text{m}$  và  $l_{oy} = 4,5\text{m}$ . Vật liệu thép CT3. Tiết diện chữ I.

Giả thiết  $\varphi_{lt} = 0,5$ , có diện tích yêu cầu của tiết diện là :

$$F_{yc} = \frac{N}{\varphi_{lt} R} = \frac{100000}{0,5 \cdot 2100} \approx 100\text{cm}^2.$$

Chọn tiết diện bản bụng là  $600 \times 8$ , còn các bản cánh được chọn là  $250 \times 8$  và  $320 \times 10$  như hình 4.4

Tính các thông số hình học :

$$F = 20 + 48 + 32 = 100\text{cm}^2$$

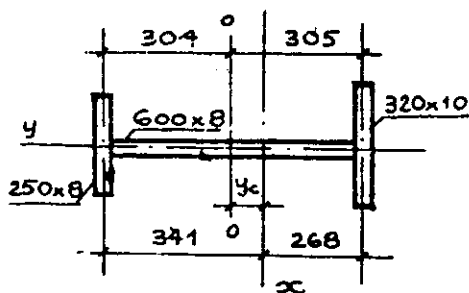
$$e_x = \frac{M_x}{N} = \frac{200000}{100000} = 20\text{cm}$$

$$y_c = \frac{32 \cdot 30,5 - 20 \cdot 30,4}{100} = 3,7\text{cm}$$

$$J_x = \frac{0,8 \cdot 60^3}{12} + 48 \cdot 3,7^2 + 32 \cdot 26,8^2 + 20 \cdot 34,1^2 \\ = 61400\text{cm}^4$$

$$W_x = \frac{61400}{27,3} = 2250\text{cm}^3;$$

$$m = \frac{e}{\rho} = 20 \cdot \frac{100}{2250} = 0,888$$



Hình 4.4

Kiểm tra ổn định tổng thể trong mặt phẳng mômen tác dụng :

$$r_x = \sqrt{\frac{61400}{100}} = 24,8\text{cm}$$

$$\lambda_x = \frac{1800}{24,8} = 73;$$

$$\bar{\lambda}_x = \lambda_x \cdot \sqrt{\frac{1}{1000}} = 2,307$$

$$\eta = (1,4 - 0,04m) - 0,01\bar{\lambda} = 1,4 - 0,04 \cdot 0,888 - 0,04 \cdot 2,307 = 1,272$$

$$m_1 = \eta m = 1,272 \cdot 0,888 = 1,129$$

$$\varphi_{lt} = 0,48$$

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_{lt} \cdot F} = \frac{1000}{0,48 \cdot 100} = 20,80\text{KN/cm}^2 < 21,00\text{KN/cm}^2$$

Kiểm tra ổn định tổng thể ngoài mặt phẳng mômen tác dụng :

$$J_y \approx \frac{1 \cdot 32^3}{12} + \frac{0,8 \cdot 25^3}{12} = 3780 \text{cm}^4$$

$$r_y = \sqrt{\frac{3780}{100}} = 6,15 \text{cm}$$

$$\lambda_y = \frac{450}{6,15} = 73, \quad \varphi_y = 0,762$$

$$m_x = e_x \frac{F}{W_x} = 20 \frac{100}{2250} = 0,89$$

$$\beta = 1, \quad \alpha = 0,7$$

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha m_x} = \frac{1}{1 + 0,7 \cdot 0,89} = 0,62$$

$$\sigma = \frac{N}{c \cdot \varphi_y F} = \frac{1000}{0,62 \cdot 0,72 \cdot 100} = 2040 \text{Kg/cm}^2 < 2100 \text{Kg/cm}^2$$

Kiểm tra ổn định cục bộ :

$$\text{cánh dài có } \frac{b}{\delta} = \frac{0,5 \cdot 320}{10} = 16 < \left[ \frac{b}{\delta} \right] = 18,0$$

$$\text{cánh ngắn có } \frac{b}{\delta} = \frac{0,5 \cdot 250}{8} = 15,6 < 18,0$$

$$\text{Bản bụng có } \frac{h_s}{\delta} = \frac{600}{8} = 75 \text{ và có tỷ số giới hạn là : } \left[ \frac{h_b}{\delta_b} \right] \text{ được tính như sau}$$

Mômen kháng tại mép ngoài cùng của bản bụng và các ứng suất tại đó :

$$W_{ix} = \frac{61400}{35,7} = 1820 \text{cm}^3$$

$$W_{sx} = \frac{61400}{26,3} = 2330 \text{cm}^3$$

$$\sigma = \frac{N}{F} + \frac{M}{W_{ix}} = \frac{1000}{100} + \frac{20000}{2330} = 18,60 \text{KN/cm}^2$$

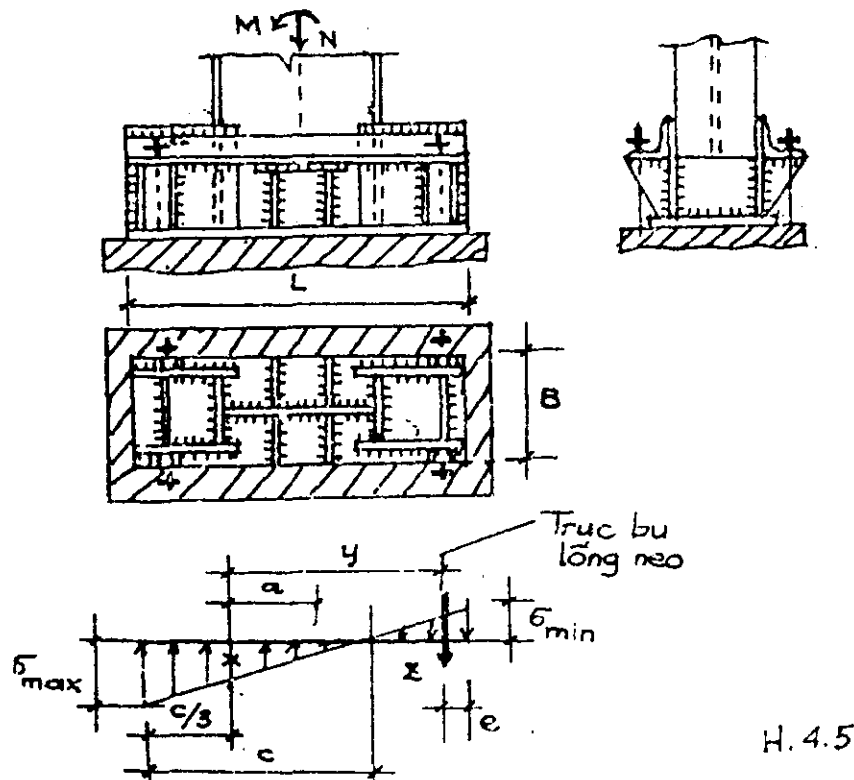
$$\sigma = \frac{N}{F} - \frac{M}{W_{ix}} = 1000 - \frac{2000000}{1820} = 10,0 \text{KN/cm}^2$$

$$\text{vậy có } \alpha = \frac{\sigma - \sigma'}{\sigma} = \frac{1860 + 100}{1860} = 1,05 > 1 \text{ và } \frac{\tau}{\sigma} = 0$$

$$\text{Từ đó, có : } \left[ \frac{h_b}{\delta_b} \right] = 100 \sqrt{\frac{K_s}{\sigma}} = 100 \sqrt{\frac{2,33}{1,86}} = 112 > 75$$



§ 45. Tính chân cột dẹt.



Nội dung	Công thức tính
<p>Bản đế B × L</p>	<p>Áp lực trên mặt móng.</p> $\sigma_{\max} = \frac{N}{BL} + \frac{6M}{BL^2} \leq R_{bt}$ $\sigma_{\min} = \frac{N}{BL} - \frac{6M}{BL^2}$ <p><math>R_{bt}</math> — xác định theo § 40</p>
	<p>Cấu tạo B.</p> <p>Tính <math display="block">L = \frac{N}{2BR_{bt}} + \sqrt{\left(\frac{N}{2BR_{bt}}\right)^2 + \frac{6M}{BR_{bt}}}</math></p>
<p>Các chi tiết</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Tính bề dày bản đế, dầm đế, sườn đế, đường hàn như đối với chân cột nén đúng tâm</li> <li>— Bản đế chia nhiều ô bản, mỗi ô bản lấy áp lực phân bố đều bằng áp lực max trong ô.</li> <li>— Dầm, sườn và đường hàn tính theo phạm vi áp lực tương ứng.</li> </ul>

1	2
<p>Bulông neo</p>	<p>— Yàng ứng suất min (kéo) là do bulông neo chịu</p> <p>— Phương trình cân bằng</p> $M - Na - zy = 0$ <p>— Lực neo</p> $z = \frac{M - Na}{y}$ <p>— Tiết diện yêu cầu 1 bulông neo</p> $F_{yc} = \frac{z}{nR_k^n} = \frac{M - Na}{nyR_k^n}$ <p>Trong đó :</p> <p><math>R_k^n</math> — cường độ tính toán của neo, định bulông CT3 có</p> $R_k^n = 14\text{KN/cm}^2.$ <p><math>n</math> — số bulông ở 1 phía</p> $a = \frac{L}{2} - \frac{c}{3}; c = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}} L;$ $y = L - \frac{c}{3} - e; e = 75 \sim 100\text{mm}$ <p>Chú ý: Cần chọn cặp lực bất lợi nhất khi tính bulông neo :</p> <p><math>M_{\max}</math>, <math>N_{\text{tứ}}</math> và <math>N_{\min}</math>, <math>b</math> cứ</p>

§ 46. Tính chân cột rộng.

— Mỗi chân cột A và B tính như chân cột nén đúng tâm.

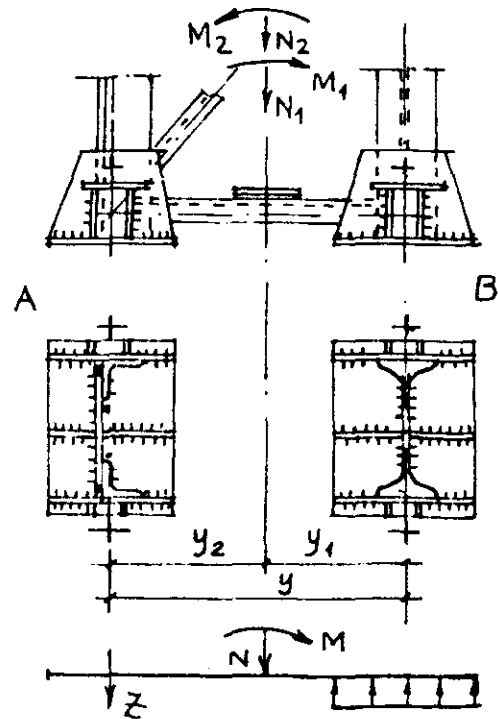
— Lực nén đúng tâm lên mỗi chân cột là

$$N_A = \frac{N_2}{y} y_1 + \frac{M_2}{y}$$

$$N_B = \frac{N_1}{y} y_2 + \frac{M_1}{y}$$

— Bulông neo tính theo lực z

$$z = \frac{M - Ny_1}{y}$$



H.4.6

## Chương V

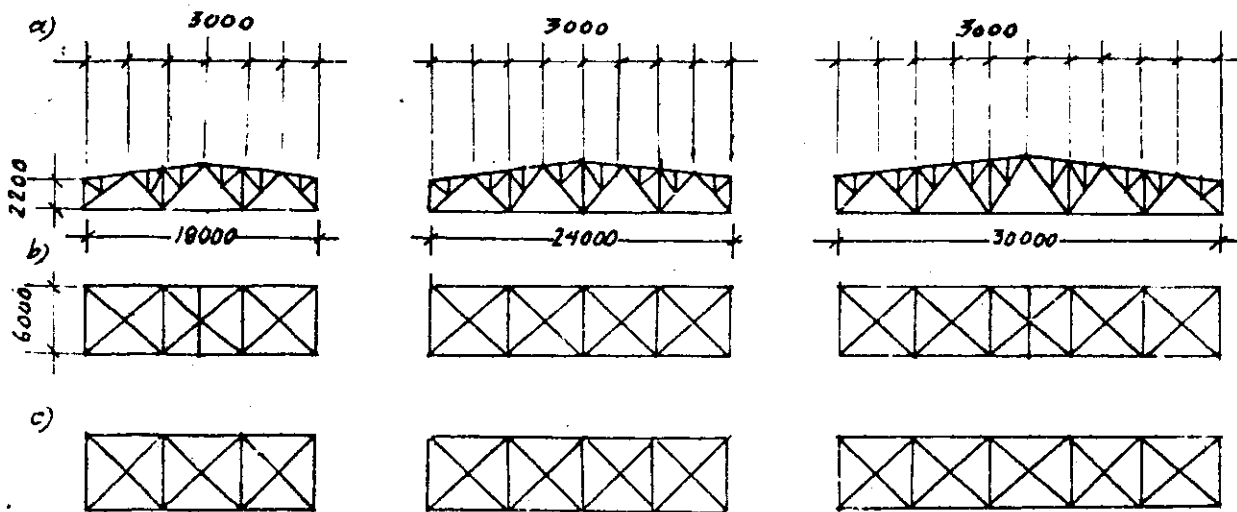
### DÀN

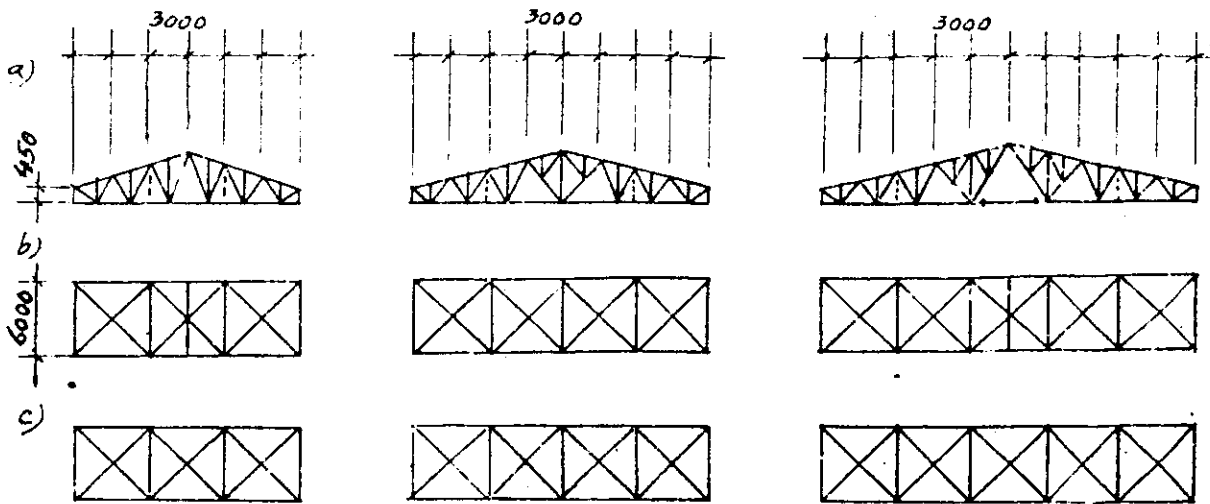
Dàn là kết cấu hệ thanh. Dàn nhẹ hơn dầm nhưng tốn nhiều công chế tạo hơn. Dàn dùng làm kết cấu xà gồ (khi nhịp lớn hơn 6m), dàn mái nhà, dàn cầu, dàn cửa van nhịp lớn, dàn cần trục, kết cấu tháp trụ cao. Thanh dàn làm bằng thép góc, thép ống và các loại hình khác. Phổ biến hơn hết là dùng thanh góc vì dễ liên kết. Dàn thép ống nhẹ hơn cả so với các loại hình khác, nhưng vì thép ống đắt tiền nên phạm vi sử dụng hạn chế hơn.

Dưới đây giới thiệu các sơ đồ và cách tính dàn mái nhà. Theo nguyên tắc này có thể áp dụng tính cho các loại kết cấu dàn khác.

#### § 47. Sơ đồ dàn.

Hình 5.1 giới thiệu các sơ đồ dàn thông dụng.





Hình 5.1. Sơ đồ dàn mái nhà.

- a) Dàn bình thang và tam giác (đầu cao);  
 b) Giằng cánh trên; c) Giằng cánh dưới.

#### § 48. Xác định tải trọng và nội lực dàn.

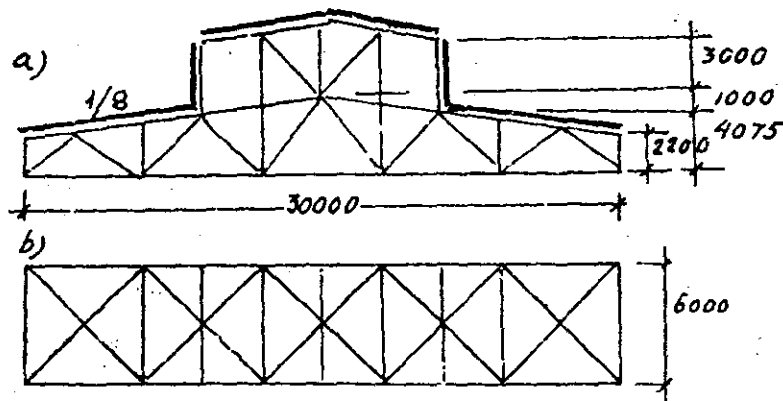
1. Tải trọng tác dụng lên dàn gồm có: trọng lượng bản thân của dàn, hệ giằng, cửa mái, tấm lợp, trần treo; tải trọng của cần trục treo; tải trọng thi công và tải trọng gió. . . Các tải trọng này được chuyển lên mắt dàn thành những lực tập trung qua các kết cấu xà gỗ, chân cửa mái, chân tấm lợp cứng. Tải trọng gió chỉ tính cho kết cấu có mặt nghiêng lớn hơn  $30^\circ$  so với mặt nằm ngang, đối với mái nhẹ cần phải kiểm tra kết cấu dàn ở trường hợp gió bắc.

2. Để xác định nội lực dàn giả thiết rằng các mắt dàn là khớp. Trục thanh dàn đồng quy tại một điểm ở mắt. Trong thanh dàn có lực dọc trục kéo hoặc nén và xác định bằng phương pháp giải tích hay giản đồ Crémôna. Trong thực tế các mắt dàn cấu tạo cứng nên thanh dàn còn có ứng suất phụ do mômen uốn; vì vậy giả thiết mắt khớp chỉ phù hợp khi  $h/l \leq 15$  ( $h, l$  — chiều cao tiết diện và chiều dài đoạn thanh dàn), ở điều kiện này ứng suất uốn có giá trị không đáng kể so với ứng suất dọc trục nên trong tính toán không xét đến. Ngoài ra ứng suất uốn do độ lệch trục thanh cánh (khi thay đổi tiết diện cánh) sẽ không tính đến nếu độ lệch trục không vượt quá 5% chiều cao tiết diện thanh dàn loại nhẹ và trung bình và 1,5% đối với thanh dàn nặng.

Nội lực tính toán dùng để chọn tiết diện thanh dàn là nội lực lớn nhất (kéo và nén) lấy từ bảng tổ hợp tải trọng.

Nếu tải trọng tác dụng ngoài mắt dàn thì cánh sẽ có mômen uốn cục bộ.

3. Ví dụ 5.1. Tính dàn mái có nhịp 30m, bước cột 6m, gối khớp lên cột (h.5.2).



Hình 5.2. Dàn theo ví dụ 5.1  
a) Sơ đồ dàn; b) Hệ giằng cánh trên

Tính tải trọng mái.

Loại tải trọng	Đơn vị	Tải trọng tiêu chuẩn	Hệ số vượt tải	T. Trọng tính toán
— Tấm panen 1,5 × 6m	kN/m <sup>2</sup> mái	1,5	1,1	1,65
— Lớp cách nhiệt dày 12cm bằng bê tông nhẹ $\gamma = 5\text{kN/m}^3$	"	0,6	1,2	0,72
— Lớp xi măng lót 1,5cm	"	0,27	1,2	0,32
— Lớp cách nước 2 giấy + 3 dầu	"	0,2	1,2	0,24
— Hai lớp gạch lá nem 4cm	"	0,8	1,1	0,88
<b>Cộng</b>	"	3,37		3,81

Tải trọng này phân bố trên mặt mái. Đòi ra trên mặt nằm ngang. Góc nghiêng  $i = 1/8$ ;  $\cos\alpha = 0,9922$ . Vậy tải trọng mái là:

$$g_{m}^{tc} = \frac{3,37}{0,9922} = 3,4\text{kN/m}^2 \text{ mặt bằng nhà}$$

$$g_m = \frac{3,81}{0,9922} = 3,84\text{kN/m}^2 \text{ mặt bằng nhà}$$

Trọng lượng bản thân dàn và giằng.

$$g_d^{tc} = 1,2 \cdot \alpha_d L; \text{ lấy } \alpha_d = 0,8$$

$$g_d^{tc} = 1,2 \cdot 0,8 \cdot 30 = 28,8\text{kG/m}^2 = 0,29\text{kN/m}^2$$

$$g_d = 0,29 \cdot 1,1 = 0,32\text{kN/m}^2 \text{ mặt bằng mái.}$$

Trọng lượng kết cấu cửa mái

$$g_{cm}^{tc} = 16\text{kG/m}^2 \text{ mặt bằng cửa mái}$$

$$g_{cm} = 1,1 \cdot 0,16 = 0,18\text{kN/m}^2$$

Trọng lượng cánh cửa mái, bậu cửa mái.

$$\text{Cửa kính: } g_k = 1,1 \cdot 0,38 = 0,42 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Bậu cửa: } g_b = 1,1 \cdot 1,2 = 1,32 \text{ kN/m}^2.$$

Lực tập trung của trọng lượng bản thân lên mặt dầm.

$$P_1 = 1,5 \times 6(g_m + g_d) = 1,5 \times 6 \times (3,84 + 0,32) = 37,4 \text{ kN}$$

$$P_2 = P_3 = 3 \cdot 6(g_m + g_d) = 74,8 \text{ kN}.$$

$$\begin{aligned} P_4 &= 3 \cdot 6(g_m + g_d) + 1,5 \cdot 6 \cdot g_{cm} + 3 \cdot 6 \cdot g_k + 1 \cdot 6 \cdot g_b = \\ &= 3 \cdot 6(3,84 + 0,32) + 1,5 \cdot 6 \cdot 0,18 + 3 \cdot 6 \cdot 0,42 + 1 \cdot 6 \cdot 1,32 = 91,7 \text{ kN} \end{aligned}$$

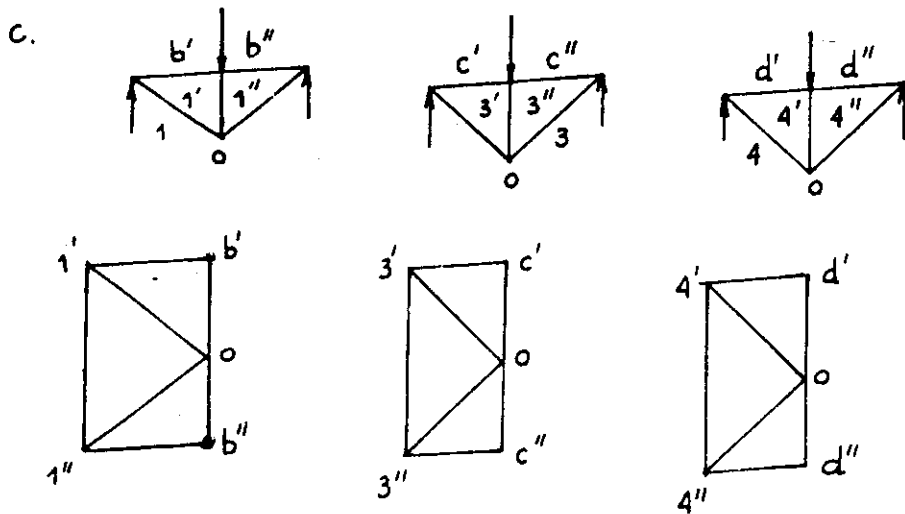
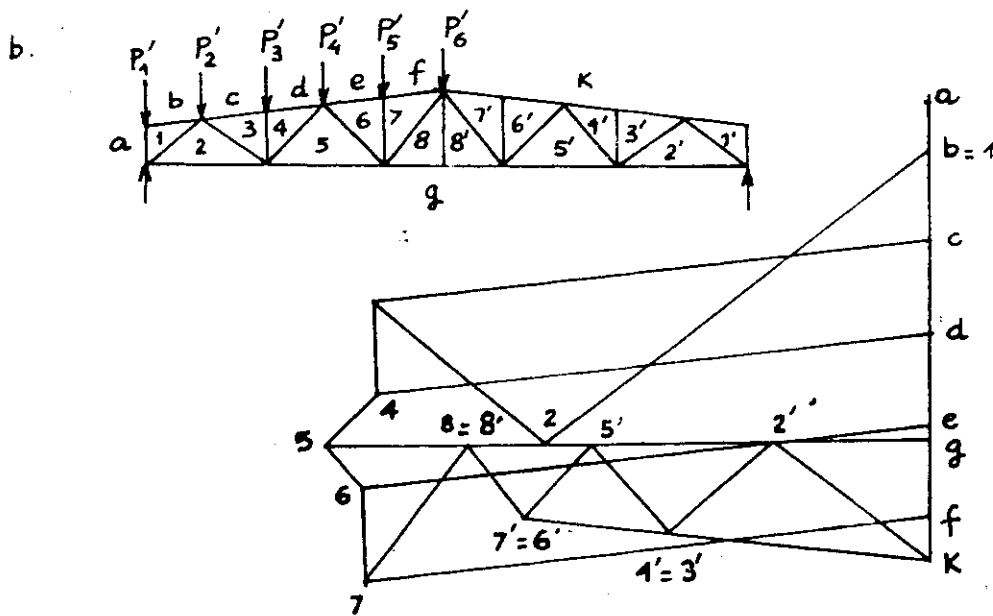
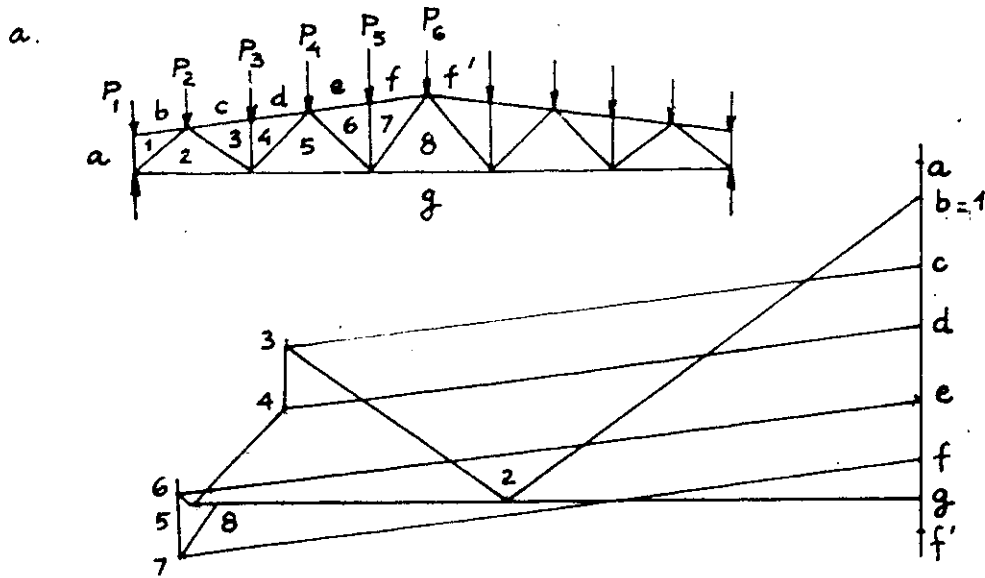
$$P_5 = P_6 = 3 \cdot 6(g_m + g_d + g_{cm}) = 3 \cdot 6(3,84 + 0,32 + 0,18) = 78 \text{ kN}.$$

Hoạt tải thi công và sửa chữa. Lấy hoạt tải  $g' = 75 \text{ kG/m}^2$  mặt bằng mái. Hệ số vượt tải  $n_2 = 1,4$ . Các lực tập trung vào nút:

$$P'_1 = 1,5 \cdot 6 \cdot g' \cdot n = 1,5 \cdot 6 \cdot 0,75 \cdot 1,4 = 9,5 \text{ kN}$$

$$P'_2 = P'_3 = P'_4 = P'_5 = P'_6 = 3 \cdot 6 \cdot 0,75 \cdot 1,4 = 19 \cdot \text{kN}.$$

Xác định nội lực. Dùng phương pháp đồ giải Crémóna. Có 3 đồ giải cho: tải trọng tĩnh trên toàn nhịp, hoạt tải đặt ở nửa nhịp tải trọng đặt lên dầm phân nhỏ (h.5.3).



Hình 5.3 NỘI LỰC TÍNH THEO VÍDỤ 5.1 VỚI CÁC TẢI TRỌNG:  
 a. BAN ĐẦU; b. HOẠT TẢI MŨA NHẬP;  
 c. ĐỢY VỊ TRÊN DẪN PHẦN NHỎ.

Bảng tổ hợp nội lực tính toán thanh dầm (KN)

Thanh	Ký hiệu	Nội lực đo					Nội lực tính toán	
		Tĩnh tải	Hoạt tải			Dầm phân nhỏ	Kéo	Nén
			Trái	Phải	Toàn nhịp			
Cánh trên	b-1	0	0	0	0	-25	-	-25
	c-3	-680	-114	-61	-155	-19	-	-854
	d-4	-680	-114	-61	-155	-19	-	-854
	e-6	-825	-118	-78	-196	-	-	-1021
	f-7	-825	-118	-78	-196	-	-	-1021
Dưới	2-g	435	78	42	120	-	+555	-
	5-g	776	124	75	199	-	+975	-
	8-g	76	96	96	203	-	+963	-
Xiên	1-2	-560	-99	-43	-142	34	-	-702
	2-3	320	47	35	72	25	+417	-
	4-5	-160	-14	-16	-30	28	-	-190
	5-6	35	-10	17	7	-	+52	-
	7-8	65	34	-16	18	-	+99	-
Đứng	a-1	-37	-9	-	-	-	-	-46
	3-4	-75	-19	-	-	-	-	-94
	6-7	-75	-19	-	-	-	-	-94

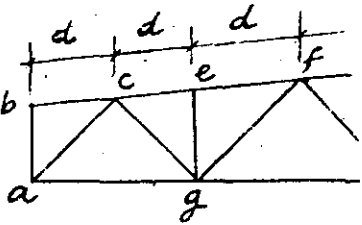
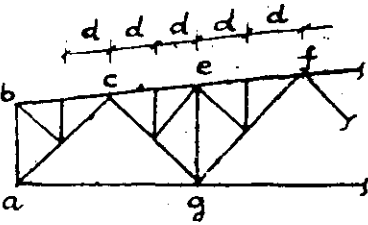
Chú ý. Khi dầm gối khớp (không trượt ngang) trên cột thì cánh dưới của dầm còn chịu thêm một lực đập nữa là  $H^-$  và  $H^+$  có giá trị: -62 và 6,8 KN. Ở trường hợp đang xét chỉ lấy  $H^+ = 6,8$  KN (xem § 67 và bảng 6.4).



§49. Chiều dài tính toán thanh dầm.

Loại thanh		Trong mặt phẳng dầm $l_x$	Ngoài mặt phẳng dầm $l_y$
Cánh trên		Khoảng cách nút : d	Khoảng cách 2 điểm giằng
Xiên đầu dầm	Không có dầm phân nhỏ	Chiều dài $\bar{ac}$	Chiều dài $\bar{ac}$
	có dầm phân nhỏ	$\frac{1}{2} \cdot \bar{ac}$	
Xiên	không có dầm phân nhỏ	0,8 lần chiều dài $\bar{gf}$	Chiều dài $\bar{gf}$
	có dầm phân nhỏ	$\frac{1}{2} \bar{gf}$	
Đứng		0,8 lần chiều dài $\bar{eg}$	Chiều dài $\bar{eg}$

§50. Độ mảnh giới hạn của thanh dầm  $[\lambda]$ .

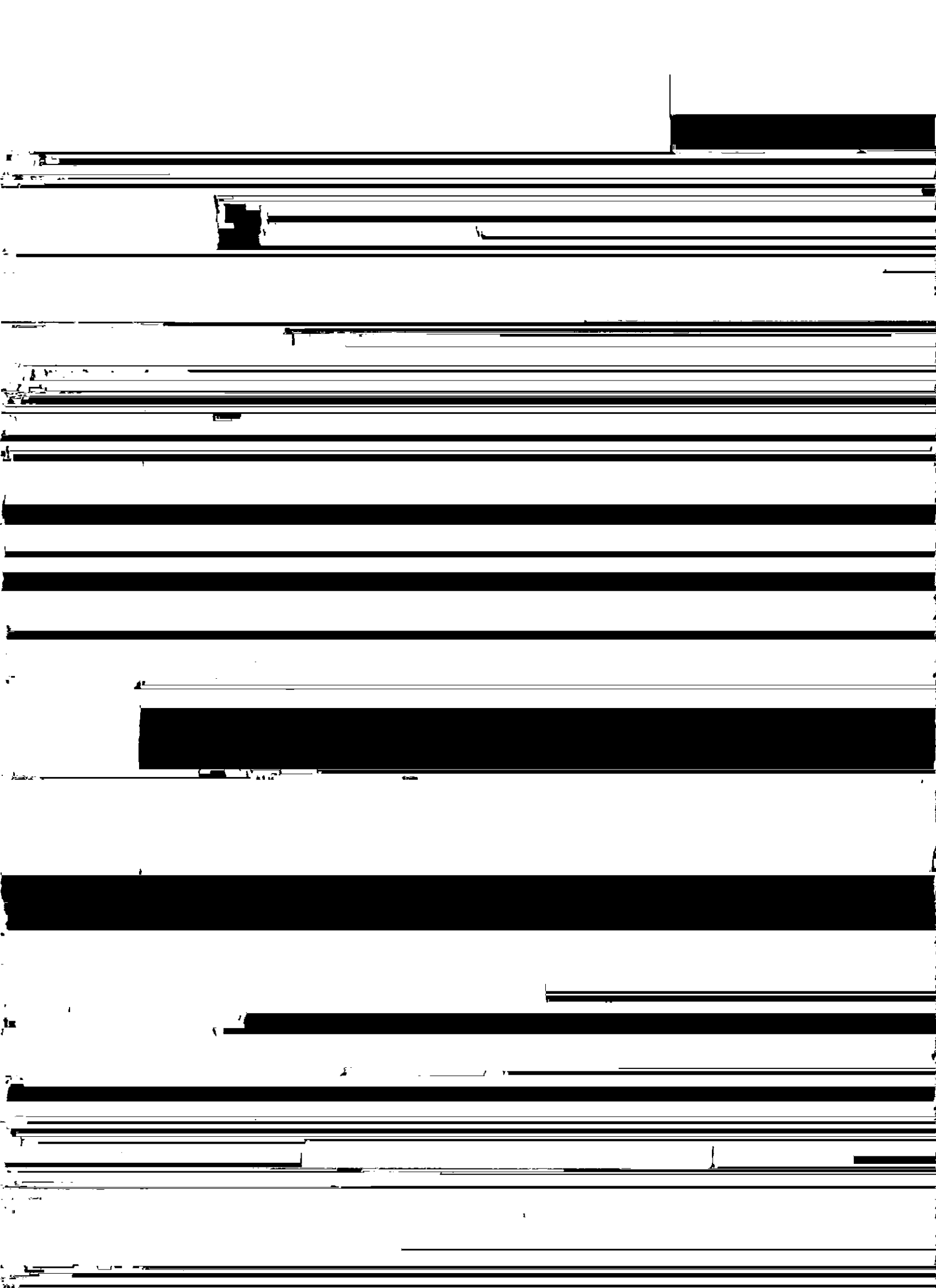
Loại thanh	Chịu nén	Chịu kéo	
		Trực tiếp chịu tải trọng động	Chịu lực tĩnh
Thanh cánh, thanh xiên ở gối, thanh đứng chuyên phân lực gối.	120	250	400 (Độ mảnh trong mặt phẳng dầm)
Các thanh khác	150	350	
Thanh giằng	200	400	

§ 51. Bố trí tiết diện thanh dầm 2 thép góc.

Các kiểu bố trí			
Yêu cầu	<p>a. <math>\lambda_x \approx \lambda_y</math></p> <p>b. Thanh cánh có độ cứng lớn ngoài mặt phẳng dầm (<math>J_y</math> lớn).</p>		
Loại thanh	Kiểu bố trí	Giải thích	
Cánh trên	$l_y = l_x$	1.	Theo yêu cầu b.
	$l_y > l_x$	2.	Phù hợp a và b.
Cánh dưới	1. hoặc 2.	Theo yêu cầu b	
Xiên đầu dầm	$l_y = l_x$	3.	Theo a.
	$l_y > l_x$	2.	a.
Xiên	$l_x = 0,8l_y$	1.	a.
	$l_y = 2l_x$	2. hoặc 1.	a.
Đứng	$l_x = 0,8l_y$	1.	a.
		4.	Ở vị trí liên kết với giằng đứng.

§ 52. Bề dày yêu cầu  $\delta$  của bản mặt.

Lực lớn nhất trong thanh bụng (KN)	$\leq 150$	160 ~ 250	260 ~ 400	410 ~ 600	610 ~ 1000	1010 ~ 1400
$\delta$ (mm)	6	8	10	12	14	16



Giả thiết  $\varphi = 0,8$ .

Tìm  $F_{yc} = \frac{N}{\varphi R} = \frac{702}{0,8 \cdot 21} \approx 42 \text{ cm}^2$

Chọn 2 L 125 × 80 × 12. Có  $F = 2 \cdot 23,4 = 46,8 \text{ cm}^2$ ;  $r_x = 3,95 \text{ cm}$ ;  $r_y = 6,23 \text{ cm}$ .

Tính  $\lambda_x = \frac{195}{3,95} = 49$ ;  $\lambda_y = \frac{390}{6,23} = 63$ .

Theo  $\lambda = 63$  tra  $\varphi = 0,805$ .

Kiểm tra ổn định:

$$\sigma = \frac{702}{0,805 \cdot 46,8} = 18,63 \text{ KN/cm}^2$$

3) Chọn tiết diện cánh dưới 5 -- g

Nội lực tính toán  $N = 975 \text{ KN}$ .





Tính diện tích yêu cầu:  $F_{yc} = \frac{N}{R} = \frac{975}{21} \approx 45 \text{ cm}^2$ .








Chọn 2 L 125 × 10. Có  $F = 48,6 \text{ cm}^2$ .

Kiểm tra bền

$$\sigma = \frac{N}{F} = \frac{975}{48,6} = 20,06 < R = 21 \text{ KN/cm}^2$$

4) Bảng chọn tiết diện thanh dãn (theo ví dụ 5.1)

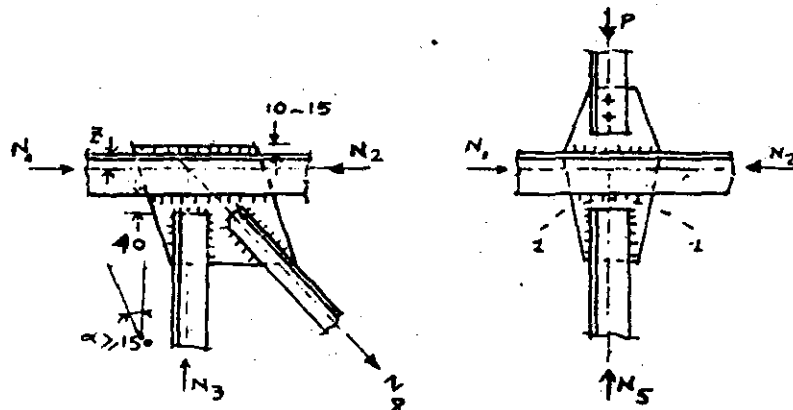
Thanh	Ký hiệu	N (KN)	Tiết diện	F (cm <sup>2</sup> )	$l_x/l_y$	$r_x/r_y$	$\lambda_x/\lambda_y$	$\varphi_{min}$	m	$\sigma$ (KN/cm <sup>2</sup> )
Trên	c -- 3, d -- 4.	- 834	 125 × 10	48,6	$\frac{150}{150}$	$\frac{3,85}{5,58}$	$\frac{39}{27}$	0,908	1	19,35
	e -- 6 f -- 7	- 1021	 140 × 12	65	$\frac{300}{300}$	$\frac{4,31}{6,25}$	$\frac{70}{48}$	0,77	1	20,04
Dưới	2 -- g	+ 555	 190 × 7	27,8	$\frac{600}{-}$	$\frac{3,08}{-}$	$\frac{193}{-}$	-	1	20,10
	5 -- g. 8 -- g.	+ 975	 125 × 10	48,6	$\frac{600}{-}$	$\frac{3,85}{-}$	$\frac{146}{-}$	-	1	20,06

Xiên	1 — 2	- 702	 125 × 80 × 12	46,8	$\frac{195}{390}$	$\frac{3,95}{6,23}$	$\frac{49}{63}$	0,805	1	18,63
	2 — 3	+ 417	 90 × 6	21,2	$\frac{195}{390}$	$\frac{2,78}{4,11}$	$\frac{72}{97}$	—	1	19,80
	4 — 5	- 190	 90 × 6	21,2	$\frac{220}{440}$	$\frac{2,78}{4,11}$	$\frac{79}{107}$	0,533	0,8	21,00
	5 — 6	+ 52	 50 × 5	9,6	$\frac{352}{440}$	$\frac{1,53}{2,53}$	$\frac{230}{172}$	—	1	5,42
	7 — 8	+ 99	 50 × 5	9,6	$\frac{392}{490}$	$\frac{1,53}{2,53}$	$\frac{256}{192}$	—	1	10,30
Đứng	3 — 4	- 94	 70 × 6	16,3	$\frac{236}{295}$	$\frac{2,15}{3,33}$	$\frac{110}{89}$	0,512	0,8	14,20
	6 — 7	- 94	 70 × 6	16,3	$\frac{296}{370}$	$\frac{2,15}{3,33}$	$\frac{138}{111}$	0,58	0,8	19,98

§ 55. Những yêu cầu về cấu tạo dàn.

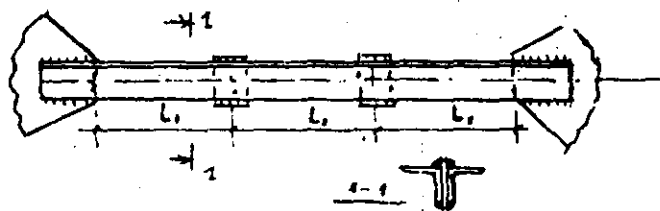
- Trục thanh dàn đồng quy tại mọi điểm ở nút dàn.
- Khoảng cách  $z$  từ đường sống thép góc đến trục thanh dàn (trọng tâm tiết diện thanh dàn) lấy tròn 5mm để dễ chế tạo.
- Các thanh cánh nếu biến đổi tiết diện thì độ lệch trục không quá 5% chiều cao tiết diện thanh dàn.
- Kích thước tiết diện thép góc khác nhau trong một dàn chọn không quá 6 ~ 8 loại.
- Khoảng cách trống giữa các thanh dàn trên bản mắt yêu cầu không nhỏ hơn 40mm để bố trí đường hàn và để giảm ứng suất hàn.
- Bề dày của bản mắt chọn theo nội lực lớn nhất của thanh bụng (xem § 52). Nên lấy một loại bề dày bản mắt cho toàn dàn để dễ chế tạo. Nếu dàn có nhịp lớn và nội lực thanh bụng khác nhau nhiều thì dùng hai loại bản mắt; bề dày của hai loại bản mắt này khác nhau là 2mm. Kích thước và hình dạng của bản mắt được xác định trên bản vẽ chi tiết dàn dựa vào sơ đồ mắt dàn và chiều dài đường hàn liên kết giữa thanh dàn với bản mắt. Hình dạng bản mắt phải đơn giản, giảm số lượng đường cắt. Bản mắt cần mở rộng góc  $\alpha \geq 15^\circ$  để dòng lực chuyển đều đặn từ thanh sang bản (h. 5.4).
- Liên kết thanh dàn với bản mắt dùng đường hàn liên tục. Chiều cao đường hàn  $h_h$  tối đa: ở mép —  $h_h$  nhỏ hơn  $\delta_g$  là 2mm khi bề dày cánh thép góc  $\delta_g \leq 16\text{mm}$

và nhỏ hơn  $\delta_s$  là 4 mm khi  $\delta_s > 16$  mm; ở sống —  $h_b = 1,2s$  ( $s$  là hệ dày nhỏ nhất của thép góc và bản mắt). Kích thước nhỏ nhất của đường hàn là  $h_h = 4$  mm và  $l_h = 60$  mm. Để dễ chế tạo, trong một cấu kiện vận chuyển dùng không quá 3 ~ 4 loại chiều cao đường hàn. Liên kết thanh bụng với bản mắt bằng các đường hàn dọc và để giảm ứng suất tập trung cần hàn thêm ở đầu thép góc mỗi bên 20 ~ 30 mm (hoặc hàn cả cạnh đầu thép góc — xem h. 5.4).



Hình 5.4

— Giữa hai thép góc cần hàn với các bản ghép để hai thép góc làm việc như một thanh thống nhất. Các bản ghép bố trí cách nhau  $40r$  đối với thanh nén và  $80r$  đối với thanh kéo ( $r$  là bán kính quán tính của một thép góc đối với trục bản thân song song với bản ghép). Bản ghép có bề rộng 60 ~ 80 mm và bề dài bằng bề rộng của cánh góc cộng với 20 ~ 30 mm (h. 5.5).



Hình 5.5

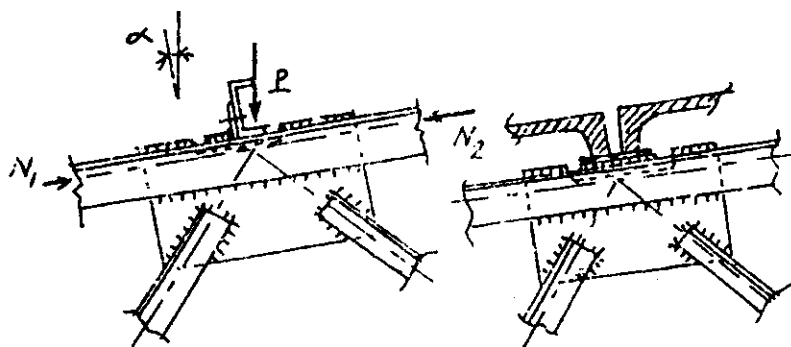
### § 56. Cấu tạo và tính mắt dãn.

Bản mắt nhô ra khỏi sống 10 ~ 15 mm để bố trí đường hàn (h.5.4). Đường hàn liên kết giữa cánh với bản mắt tính theo hiệu số lực  $N_2 - N_1$  (h.5.4); theo tính toán đường hàn này thường rất bé, nhưng vẫn hàn liên tục ở sống và mép theo chiều dài bản mắt với  $h_h$  min. Đường hàn liên kết giữa thanh bụng và bản mắt tính theo các lực tương ứng  $N_3, N_4, N_5$  (h.5.4). Tiết diện tối thiểu của bản mắt (qua 1-1, h.5.4) không được nhỏ tiết diện thanh bụng.

thua

Tại vị trí đặt xà gỗ hay chân tấm lợp panen lên cánh, biến của bản mặt cầu tạo thấp hơn sống 10 ~ 15mm và ở đó không cần hàn (h.5.6). Xà gỗ liên kết với cánh qua đoạn thép góc có sẵn lỗ bu lông, đoạn thép góc này liên kết với cánh bằng những đường hàn dọc theo cánh. Chân tấm lợp panen không tựa trực tiếp lên cánh mà hàn qua bản lót  $\delta = 12\text{mm}$  (khi bước dàn 6m), bản lót liên kết với cánh bằng các đường hàn dọc cánh. Diện tích đường hàn liên kết giữa cánh và bản mặt tính theo hợp lực  $P$  và  $N_2 - N_1$  (h.5.6)

$$F_h = 0,7 \sum l_h h_h = \frac{1}{R_g^h} \sqrt{(N_2 - N_1 + P \sin \alpha)^2 + (P \cos \alpha)^2}$$



Hình 5.6

§ 57. Mất nối cánh. XEM H. 5.7. CÁC VÍ DỤ :

Ví dụ 5.3. Tính nối cánh tại mắt h.5.7. Thanh cánh 1 và 2 có nội lực tính toán 594 KN và 596 KN. làm bằng 2L140 x 90 x 8 có  $F = 2.18 = 36\text{cm}^2$ . Bản mặt có bề dày  $\delta_m = 14\text{mm}$ .

Vì các thanh cánh có bề dày bằng nhau nên dùng thanh nối bằng thép góc nối và lấy số hiệu cùng loại với thép góc làm cánh. Để tiện liên kết, cần cắt bớt cánh đứng của thép góc nối 1 đoạn  $\Delta = 2\delta_g = 2.0,8 \approx 15\text{mm}$  và gọt xiên ở sống thép góc nối mỗi cạnh  $1,2\delta_g = 1,2.0,8 \approx 10\text{mm}$ . Vậy diện tích còn lại của thép góc nối là.

$$F_n = 2(F_g - \Delta\delta_g - \frac{1}{2}(1,2\delta_g)^2) = 2\left(18 - 1,5.0,8 - \frac{1}{2}.1^2\right) = 32,6\text{cm}^2$$

Diện tích qui ước dùng để tính mỗi nối gồm có diện tích thép góc nối và phần bản mặt có bề cao bằng bề rộng cánh đứng của thép góc làm thanh cánh

$$F_{qu} = F_n + \delta_m \cdot b_g = 32,6 + 1,4 \cdot 9 = 45,2\text{cm}^2$$

Ứng suất tại mỗi nối :

$$\sigma = \frac{N_2}{F_{qu}} = \frac{596}{45,2} = 13,2 \text{ KN/cm}^2 < R = 21 \text{ KN/cm}^2$$

Liên kết giữa thép góc nối với thanh cánh tính theo lực

$$N_r = \sigma F_n = 13,2 \cdot 32,6 = 430 \text{ KN}$$

đường 4 đường hàn có  $h_h = 6\text{mm}$  với chiều dài yêu cầu của mỗi đường hàn là :

$$l_h = \frac{N_n}{4 \cdot 0,7 \cdot h_h R_g^h} + 1 = \frac{430}{4 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 15} + 1 = 18\text{cm}.$$

Liên kết giữa thanh cánh và bản mắt tính theo lực

$$N_c = \sigma \cdot \delta_m \cdot b_g = 13,2 \cdot 1,1 \cdot 9 = 166 \text{ KN}$$

bằng đường hàn có  $h_h = 6\text{mm}$  và chiều dài yêu cầu ở phía sống là :

$$l_{hs} = \frac{N_c}{2 \cdot 0,7 \cdot h_h R_g^h} \cdot \frac{b_g - z_0}{b_g} + 1 = \frac{166}{2 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 15} \cdot \frac{9 - 2}{9} + 1 \approx 12\text{cm}$$

và ở phía mép là :

$$l_{hm} = \frac{N_c}{2 \cdot 0,7 \cdot h_h R_g^h} \cdot \frac{z_0}{b_g} + 1 = \frac{166}{2 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 15} \cdot \frac{2}{9} + 1 \approx 5\text{cm}$$

Các chiều dài đường hàn xác định theo tính toán  $l_{hs}$  và  $l_{hm}$  nhỏ hơn nhiều với cấu tạo.

*Ví dụ 5.4.* Tính nối cánh ở mặt hình 5.7. Mặt nối hai thanh cánh 1 có  $N_1 = -548\text{KN}$  dùng 2L125  $\times$  8 và thanh cánh 2 có  $N_2 = -751\text{KN}$  dùng 2L160  $\times$  10. Các thép góc này có khoảng cách từ trọng tâm đến sống là  $z_{01} = 3,36$  và  $z_{02} = 4,3\text{cm}$ . Thép góc thanh 1 có  $F = 39,4\text{cm}^2$ . Bản mắt có  $\delta_m = 14\text{mm}$ .

Vì các thanh cánh có bề dày khác nhau nên dùng thanh nối bằng bản nối. Điểm nối bố trí cách điểm hội tụ khoảng 300 ~ 500mm về phía cánh có lực nhỏ.

Diện tích yêu cầu của bản nối tính theo lực

$$N_n = 1,2N_1 \cdot \frac{b_g - z_{tb}}{b_g} = 1,2 \cdot 548 \cdot \frac{12,5 - 4}{12,5} = 447 \text{ KN}$$

$$z_{tb} = \frac{z_{01} + z_{02}}{2} = \frac{3,36 + 4,3}{2} \approx 4\text{cm}$$

1,2 — hệ số an toàn

$$F_n = \frac{N_n}{R} = \frac{447}{21} = 22\text{cm}^2$$

Bề rộng của bản nối lấy theo bề rộng cánh ngang của thép góc cánh (160mm), khoảng cách trống với bản mắt (40mm) và bề rộng phủ ngoài (20mm).

$$b_n = 160 - 40 + 20 = 140\text{mm}$$

Bề dày của bản nối :

$$\delta_n = \frac{F_n}{b_n} = \frac{22}{2 \cdot 14} = 0,78\text{cm}. \text{ Lấy } 10\text{mm}.$$



Mặt khác yêu cầu diện tích bản nối không nhỏ hơn diện tích tiết diện của cánh được nối:

$$F_n = b_n \times \delta_n = 14 \cdot 1 \cdot 2 = 28 \text{cm}^2 > \frac{1}{2} F_g = \frac{39,4}{2} = 19,7 \text{cm}^2$$

Ngoài bản nối, bản mặt cũng tham gia làm nhiệm vụ của thanh nối với chiều cao qui ước bằng hai lần bề rộng cánh đứng của thép góc cánh

$$F_m = \delta_m \cdot 2 \cdot b_g = 1,4 \cdot 2 \cdot 12,5 = 35 \text{cm}^2.$$

Vậy ứng suất trong phần bản mặt tham gia nối:

$$\sigma = \frac{1,2N_1 - N_n}{F_m} = \frac{1,2 \cdot 548 - 457}{35} = 6 < R = 21 \text{KN/cm}^2$$

Chiều dài tính toán của đường hàn (với  $h_h = 6 \text{mm}$ ) để liên kết bản nối với thép góc ở một phía bằng:

$$\Sigma l_h = \frac{N_n}{0,7h_h R_g} = \frac{447}{0,7 \cdot 0,6 \cdot 15} = 71 \text{cm}$$

Đường hàn liên kết giữa thép góc 1 với bản mặt tính theo lực lớn nhất của:

$$1,2N_1 - N_n = 1,2 \cdot 548 - 447 = \underline{211 \text{KN}}, \text{ và } \frac{1}{2} \cdot 1,2N_1 = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 548 = \underline{329 \text{KN}}.$$

Chiều dài cần thiết của đường hàn ở phía sống là:

$$l_{hs} \geq \frac{N_{\max}}{2 \cdot 0,7h_h \cdot R_g} \cdot \frac{b_g - z_{tb}}{b_g} + 1 = \frac{329}{2 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 15} \cdot \frac{12,5 - 4}{12,5} + 1 \approx 20 \text{cm}.$$

và ở phía mép:

$$l_{hm} \geq \frac{N_{\max}}{2 \cdot 0,7 \cdot h_h R_g} \cdot \frac{z_{tb}}{b_g} + 1 = \frac{329}{2 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 15} \cdot \frac{4}{12,5} + 1 = 10 \text{cm}.$$

Đường hàn liên kết thép góc 2 với bản mặt tính theo lực lớn nhất của:

$$1,2N_2 - N_n = 1,2 \cdot 751 - 447 = \underline{454 \text{KN}}, \text{ và } \frac{1}{2} \cdot 1,2N_2 = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 751 = \underline{451 \text{KN}}.$$

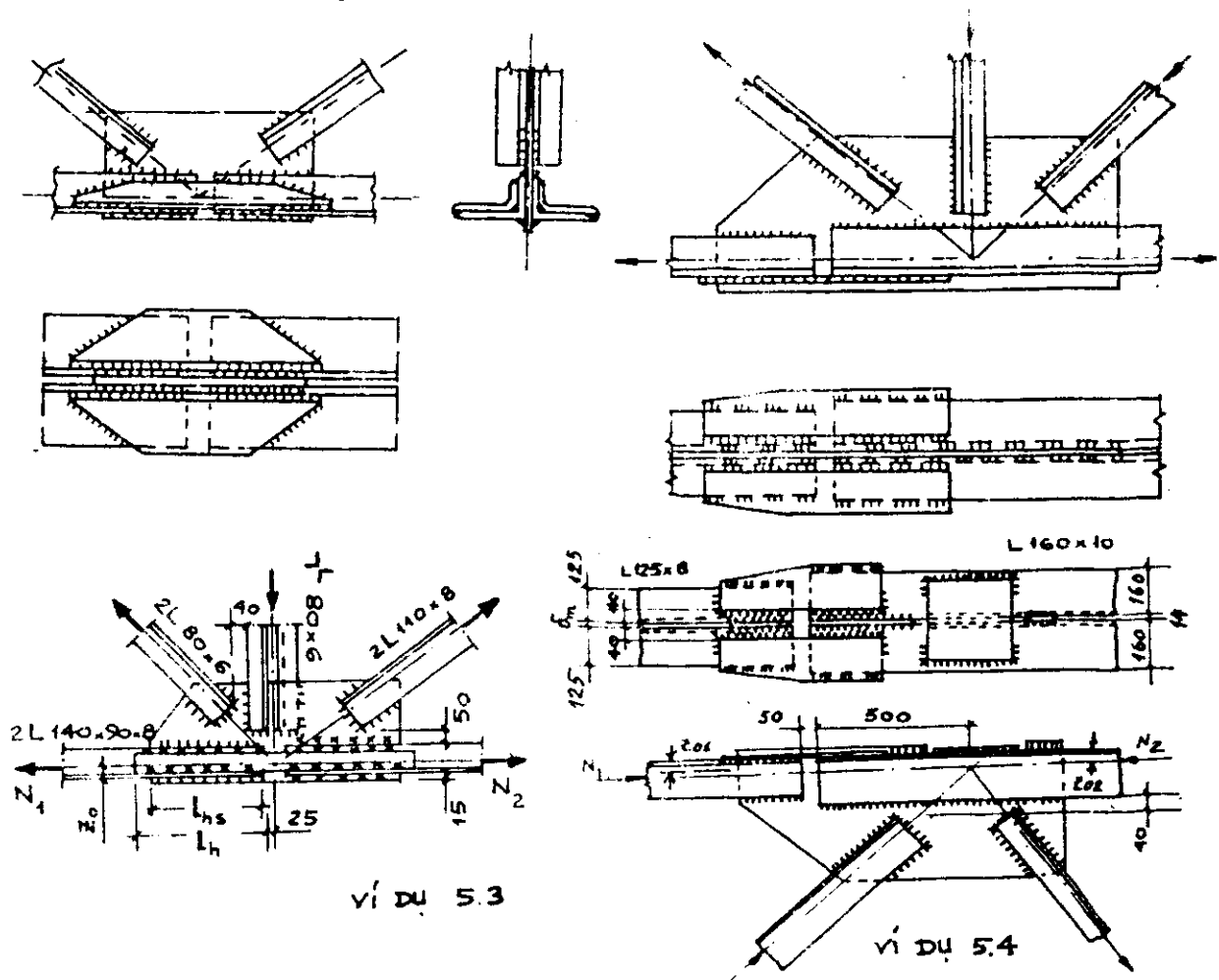
Chiều dài đường hàn ở phía sống và phía mép là:

$$l_{hs} \geq \frac{454}{2 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 15} \cdot \frac{16 - 4}{16} + 1 = 28 \text{cm},$$

$$l_{hm} \geq \frac{454}{2 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 15} \cdot \frac{4}{16} + 1 = 10 \text{cm}.$$

*Chú ý:* Ngoài cách tính như đã giới thiệu ở trên, hiện nay còn dùng một vài cách khác để tính kiểm tra bền mối nối cánh dùng bản nối. Ví dụ như xem tiết diện nối là chữ T có bản đứng là  $\delta_m \cdot 2b_g$  và bản ngang là  $2b_n \delta_n$ , kiểm tra bền của tiết diện

này chịu kéo (hoặc nén) lệch tâm với lực dọc  $N_x$  và độ lệch tâm  $e$  bằng khoảng cách giữa trục của thanh cánh và trọng tâm của tiết diện chữ T. Tuy rằng có nhiều cách tính khác nhau nhưng đều phải bảo đảm độ bền của tiết diện và của liên kết.



Hình 5.7. Cấu tạo các mắt nối cánh.

### § 58. Mối nối dầm.

Dầm gồm có nhiều đoạn hoặc hai nửa dầm. Các đoạn dầm được chế tạo tại xưởng và khuyếch đại tại công trường. Vì vậy các liên kết ở mối nối dầm dùng bulông và đường hàn thi công. Cấu tạo mối nối dầm về nguyên tắc cũng giống như mối nối cánh. Nếu dầm gồm hai nửa dầm thì cần chú ý cấu tạo mối nối cho các nửa dầm hoàn toàn giống nhau tạo điều kiện thuận tiện khi chế tạo. Một số loại cấu tạo mối nối dầm giới thiệu ở h 5.8.

Ví dụ 5.5. Tính mắt nối dầm ở đỉnh (h 5.8). Tại nút có các thanh cánh chịu lực  $N_c = - 807\text{KN}$  làm bằng 2L160 x 10 và thanh xiên chịu lực kéo  $N_x = 173\text{KN}$ . Các bản ở nút có hai nửa bản mặt A, bản nối B và bản đứng C. Tiết diện bản nối B chọn  $b \times \delta = 390 \times 10\text{mm}$  (với bề rộng  $b = 390\text{mm}$  đủ phủ ra ngoài thép góc cánh hơn 2cm).

Kiểm tra ứng suất trong bản nối B :

$$\sigma = \frac{1,2N_c (b_g - z_0)}{F_B b_g} = \frac{1,2 \cdot 807 \cdot (16 - 4,3)}{39 \times 16} = 18,2$$

Liên kết giữa thép góc cánh và bản nối B bằng 4 đường hàn dài  $l_1 = 45\text{cm}$  và  $l_2 = 25\text{cm}$  với  $h_h = 6\text{mm}$ . Kiểm tra ứng suất trên đường hàn 1 và 2 là :

$$\begin{aligned} \tau_h &= 1,2N_c \cdot \frac{b_g - z_0}{b_g} \cdot \frac{1}{F_h} = \frac{1,2 \cdot 807 \cdot (16 - 4,3)}{16} \cdot \frac{1}{2(45 + 25 - 2)0,7 \cdot 0,6} = \\ &= 12,4\text{KN/cm}^2 < R_g^h = 15\text{KN/cm}^2. \end{aligned}$$

Liên kết giữa thép góc cánh và bản mặt A bằng 4 đường hàn dài  $l_3 = 50$  và  $l_4 = 10\text{cm}$  với  $h_h = 6\text{mm}$ . Ứng suất kiểm tra trên đường hàn là :

$$\tau_h = 1,2N_c \cdot \frac{z_0}{b_g} \cdot \frac{1}{F_h} = 1,2 \cdot 807 \cdot \frac{4,3}{16} \cdot \frac{1}{2 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 48} = 6,5\text{KN/cm}^2$$

Hai nửa bản mặt A được nối nhau qua 2 bản đứng C, liên kết bằng các đường hàn  $l_5 = 35\text{cm}$  và  $l_6 = 6\text{cm}$  với  $h_h = 6\text{mm}$ . Ứng suất kiểm tra trên các đường hàn này là :

$$\begin{aligned} \tau_h &= 1,2 \cdot N_c \cdot \frac{z_0}{b_g} \cdot 1,5 \cdot \frac{1}{F_h} = 1,2 \cdot 807 \cdot \frac{4,3}{16} \cdot \frac{1,5}{2(41 - 1)0,7 \cdot 0,6} \\ &= 12\text{KN/cm}^2 < R_g^h = 15\text{KN/cm}^2. \end{aligned}$$

trong đó : 1,5 — hệ số xét đến độ lệch tâm giữa điểm đặt lực và tâm đường hàn có chiều dài đường hàn ( $l_5 + l_6$ ) tối đa là  $3b_g$ .

Giữa bản nối B và bản mặt A còn được liên kết nhau qua 4 đường hàn  $l_7 = 11\text{cm}$  với  $h_h = 6\text{mm}$ . Lực tác dụng lên các đường hàn này là thành phần đứng của lực chuyển lên bản nối B. Ứng suất trên đường hàn là :

$$\tau_h = 1,2 \cdot N_c \cdot \frac{b_g - z_0}{b_g} \cdot \sin \alpha \cdot \frac{1}{F_g} = 1,2 \cdot 807 \cdot \frac{16 - 4,3}{16} \cdot \frac{0,124}{4 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot (11 - 1)} = 6\text{KN/cm}^2$$

Kiểm tra bền của mối nối chịu nén lệch tâm qua tiết diện 1 — 1.

Trọng tâm của tiết diện chữ T gồm có bản B và bản C :

$$y = \frac{\sum S}{\sum F} = \frac{39 \cdot 1 \cdot \frac{1}{2} (35 + 1)}{39 \cdot 1 + 35 \cdot 1,4} = \frac{684}{88} = 7,86\text{cm}.$$

Momen quán tính của tiết diện :

$$J = \frac{1,4 \cdot 35^3}{12} + 35 \cdot 7,86^2 + 39(18 - 7,86)^2 = 11900\text{cm}^4.$$

Giá trị lực nén :

$$N = -N_c \cdot \cos \alpha + N_x \cdot \cos \beta = -807 \cdot 0,992 + 173 \cdot 0,807 = -700\text{KN}$$

trong đó  $\alpha, \beta$  — góc nghiêng của thanh cánh và thanh xiên so với phương ngang.

Độ lệch tâm của lực dọc:

$$e = \frac{d}{2} - y - \frac{z_0}{\cos \alpha} = \frac{35}{2} - 7,86 - \frac{4,3}{0,992} = 5,31 \text{ cm.}$$

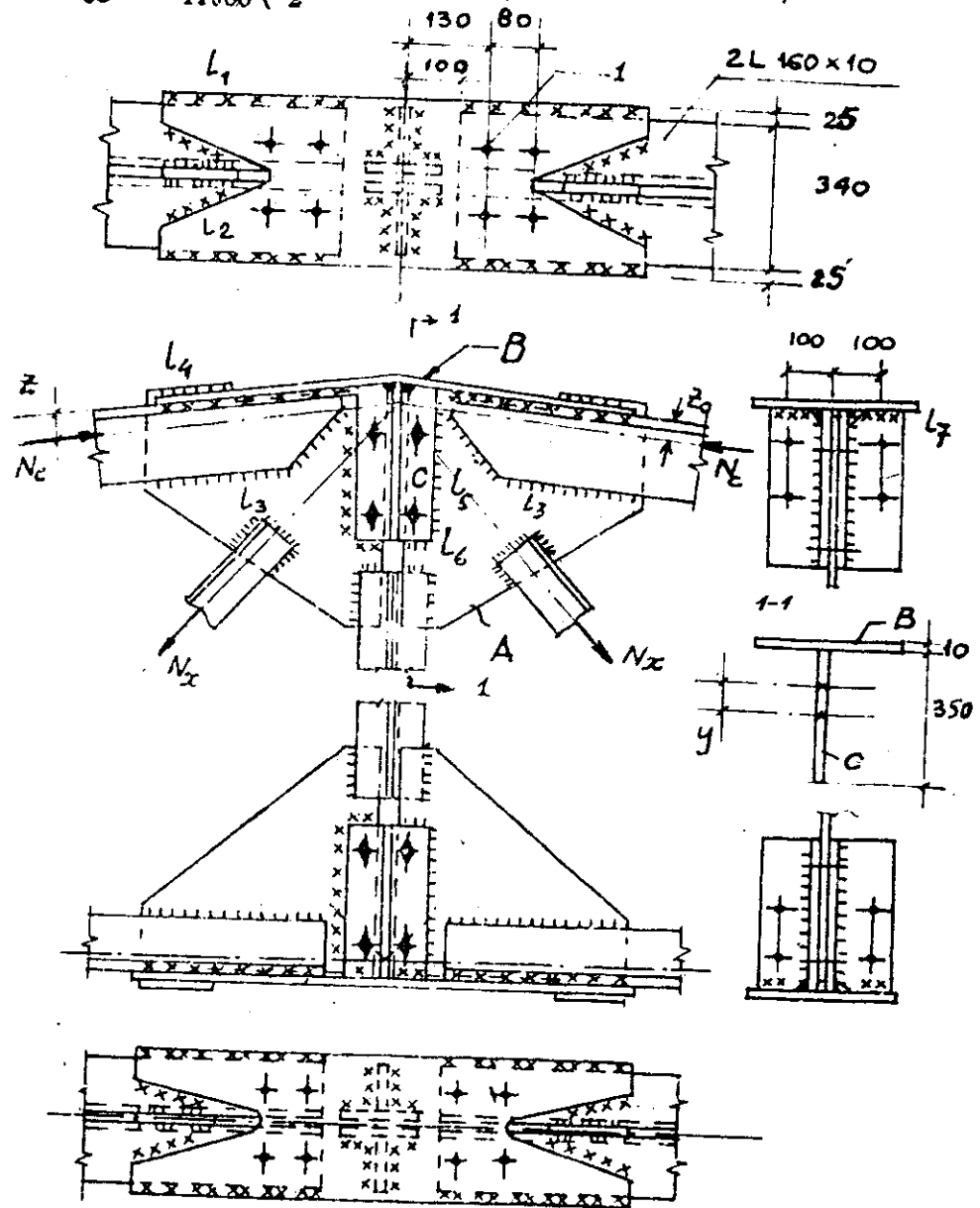
Momen lệch tâm

$$M = Ne = 700 \cdot 5,31 = 3800 \text{ KN.cm.}$$

Ứng suất nén lớn nhất trên tiết diện

$$\sigma = \frac{N}{F} + \frac{M}{J} \left( \frac{1}{2} + \delta - y_0 \right) =$$

$$= + \frac{700}{88} + \frac{3800}{11900} \left( \frac{35}{2} + 1 - 7,86 \right) = 11 < R = 21 \text{ KN/cm}^2.$$



Hình 5.8. Mất nổi hàn

§ 59. Măt gối dòn.

Măt dòn gối khớp lên cõt gối thừo ở hình 5.9. Gối có bản măt m, bản gối g và sườn cừng c (hoặ thép góc dừng) Trục thàn dòn hộ tu trờn sườn cừng.

Bản gối chịu phàn lực phàn bố đừu q dừoi tác dụng của lực gối dòn A:

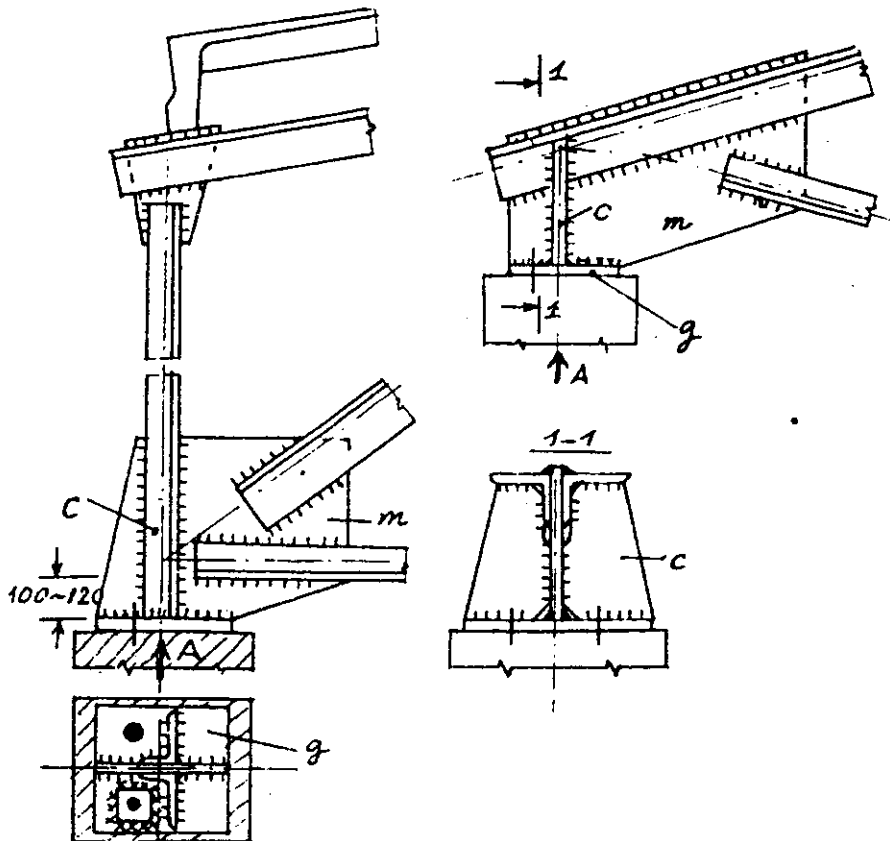
$$q = \frac{A}{F_g} \leq R_g$$

$F_g$  -- diệa tích bản gối

$R_g$  -- cừng độ tnh toán của vật liệu làm gối. Bản măt và sườn cừng chia bản gối thàn 4 ô bản tựa trờn 2 cặh. Phương pháp xác định  $F_g$  và bề dày bản gối như của bản gối chàn cõt chịu nén dừng tòn. Bề dày bản gối thừơng lấy 16 ~ 20mm. Bản gối thừơng có dạng hình vuõng.

Đừơng hàn liệ kết giừa sườn cừng với bản măt tnh theo lực A. Đừơng hàn liệ kết giừa bản măt, sườn cừng với bản gối tnh theo lực A.

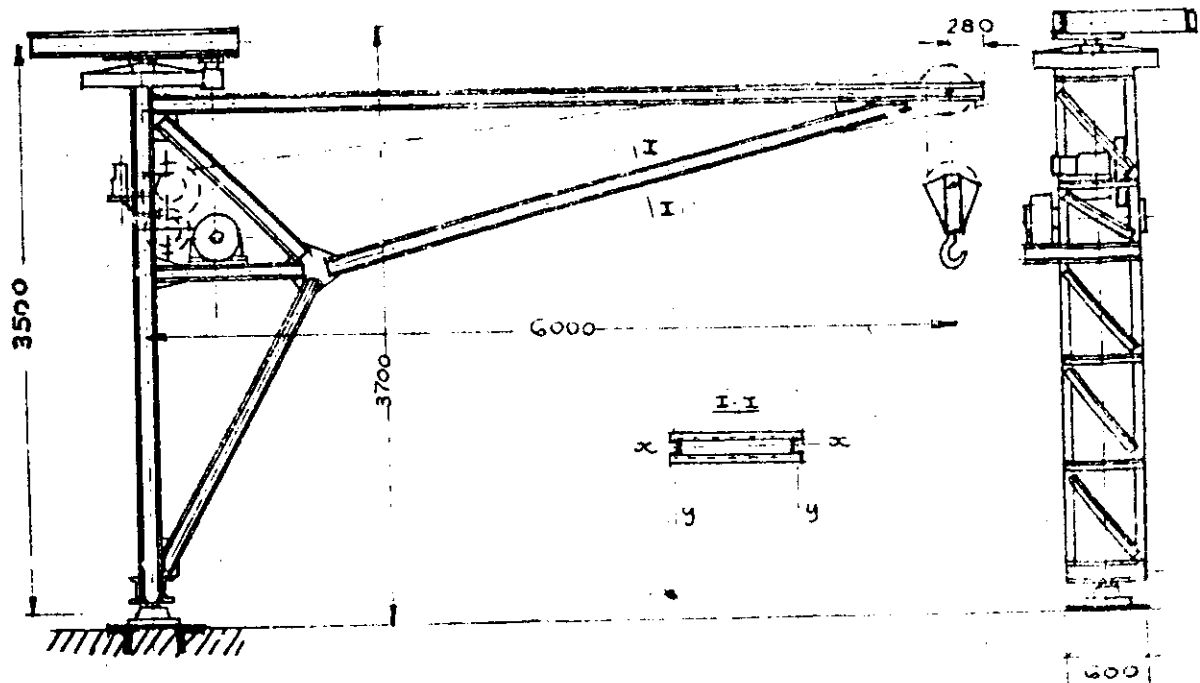
Bulõng neo thừơng lấy đừơng kính 22 ~ 24mm. Lõ bu lõng neo ở bản gối lấy lớn hơn đừơng kính bulõng neo từ 2,5 ~ 3 lần để có thể chỉnh dòn đừng vị trí thiết kế.



Hình 5.9. Măt gối dòn

§ 60. Ví dụ. Tính kết cấu cần trục áp tường.

Kết cấu cần trục gồm 2 dàn ABCE liên kết nhau bằng hệ thanh giằng. Một số chi tiết và sơ đồ kết cấu giới thiệu ở hình 5.10 và 5.11. Kết cấu làm bằng thép CT3.



Hình 5.10. Kết cấu dàn cần trục

Tải trọng tính toán tác dụng lên kết cấu dàn gồm có (h.5.11):

Trọng lượng bản thân của cần trục

$$G = 33\text{KN}$$

Trọng lượng của móc và vật nâng

$$Q = 19\text{KN}$$

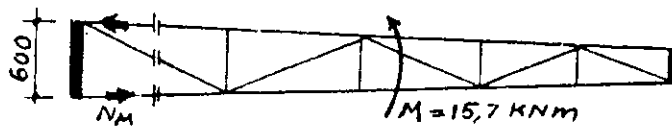
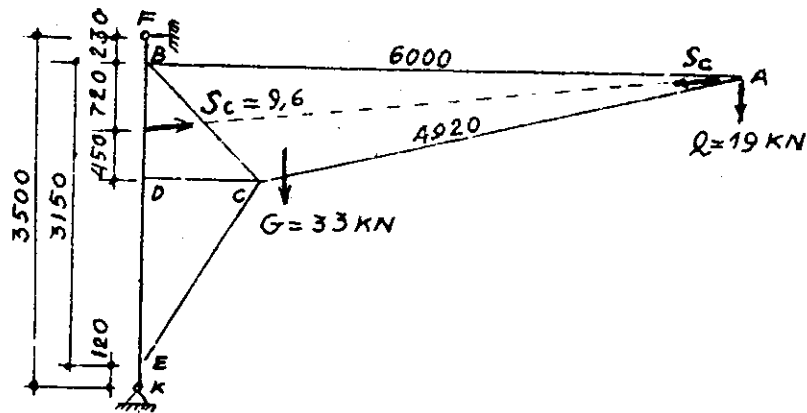
Lực căng trong dây cáp kéo

$$S_c = 9,6\text{KN}.$$

mômen do lực quán tính khi cần trục nâng vật quay quanh trục FK

$$M = 15,7\text{KNm}.$$

Trong các tải trọng trên đã kể đến hệ số vượt tải và hệ số động. Cách xác định tải trọng xem ở tài liệu chuyên ngành cần trục.



Hình 5.11. Sơ đồ kết cấu và bố trí tải trọng

Xác định nội lực thanh dãn. Mỗi dãn cần trục chịu :

$$0,5G = 16,5\text{KN}$$

$$0,5Q = 9,5\text{KN}$$

$$0,6S_c = 5,7\text{KN.}$$

(trong đó 0,6 xét tới dây cáp có khả năng lệch về một phía)

Trọng lượng bản thân cần trục được phân thành các lực tập trung tương ứng ở các mắt dãn :

$$g_A = 3,3\text{KN}$$

$$g_B = 2,8\text{KN}$$

$$g_C = 3,8\text{KN}$$

$$g_D = 3,8\text{KN}$$

$$g_E = 2,8\text{KN}$$

Lực căng cũng được chuyển về mắt với giá trị

$$S_B = 5,7 \frac{0,45}{1,17} = 2,3\text{KN}$$

$$S_D = 5,7 \frac{0,72}{1,17} = 3,4\text{KN.}$$

Nội lực thanh dãn được xác định theo giản đồ Crémôna (h. 5.12 và 5.13) và bảng 5.1.

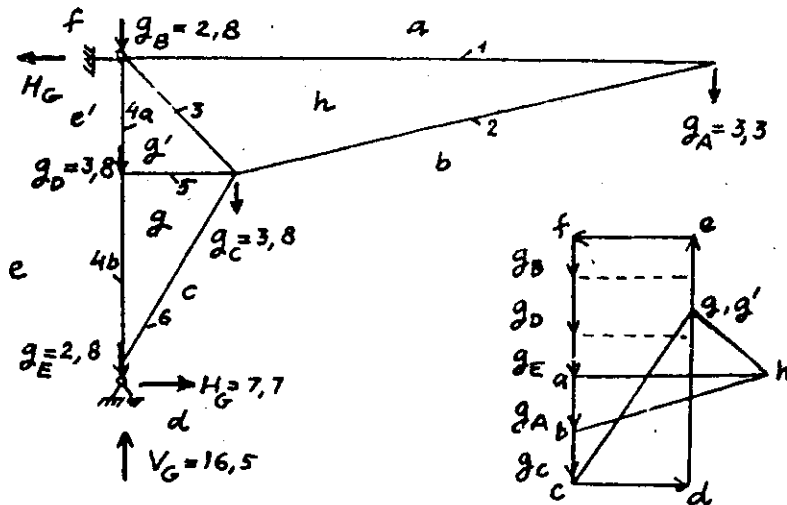
Phân lực gối tựa dầm có giá trị như sau :

$$V_G = 16,5 \text{ KN.}$$

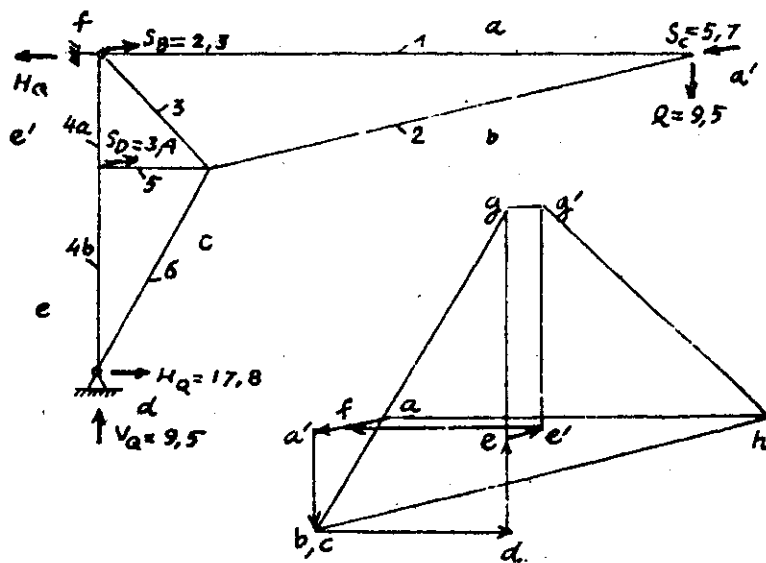
$$H_G = (3,8 \cdot 1,2 + 3,3 \cdot 6) \frac{1}{3,15} = 7,7 \text{ KN}$$

$$V_Q = 9,5 \text{ KN}$$

$$\bullet H_Q = 9,5 \cdot \frac{6}{3,15} = 17,8 \text{ KN.}$$



Hình 5.12. Nội lực do G.



Hình 5.13. Nội lực do Q và S<sub>c</sub>



Bảng 5.1

Bảng nội lực thanh dàn KN							
Tên thanh	1	2	3	4a	4b	5	6
Đo G	12	-13	-21	2,2	-1,6	0	-14
Đo Q và S <sub>c</sub>	35	-42	-28	20	20	-3,4	-35
Tổng	47	-56	-52	22,2	18,4	-3,4	-49

Chọn tiết diện thanh dàn. Dự kiến các thanh dàn dùng tiết diện [ 12, riêng thanh 4(a, b) dùng tiết diện [ 16a.

Thép hình [ 12 có:

$$F = 13,7\text{cm}^2; r_x = 4,78\text{cm}; r_y = 1,58\text{cm}$$

Thép hình [ 16a có:

$$F = 19,3\text{cm}^2; W_x = 101\text{cm}^2;$$

Tiến hành kiểm tra một số thanh làm việc nặng nhất.

Thanh 2. Có lực nén  $N = -56\text{KN}$ . Thanh có chiều dài tính toán trong mặt phẳng dàn bằng chiều dài hình học  $l_x = 4,92\text{m}$ . Chiều dài tính toán ngoài mặt phẳng dàn bằng khoảng cách 2 điểm giằng bố trí là  $l_y = 1\text{m}$ .

$$\text{Vậy có } \lambda_x = \frac{492}{4,78} = 105$$

$$\lambda_y = \frac{100}{1,58} = 61$$

$$T_{ra} \varphi_{\min} = 0,55$$

$$\sigma = \frac{N}{\varphi F} = \frac{56}{0,55 \cdot 13,7} = 8\text{KN/cm}^2.$$

Thanh 1. Ngoài lực đã kể trên, thanh 1 còn chịu lực dọc do M gây ra (h.5.11)

$$N_M \approx \frac{M}{0,6} = \frac{15,7}{0,6} = \pm 26\text{KN}.$$

Thanh 1 có các tổ hợp lực như sau:

cơ bản 1 (do G và Q)

$$N = 47\text{KN}.$$

cơ bản 2 (do G, Q và M)

$$N = 12 + 0,9(35 \pm 26) = 67\text{KN}.$$

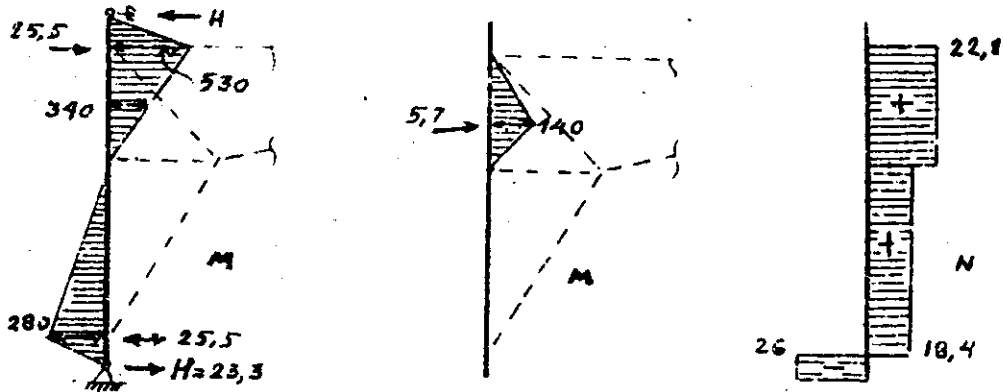
Vậy kiểm tra theo lực kéo lớn nhất:

$$\sigma = \frac{N}{F} = \frac{6,7}{13,7} \approx 5 \text{KN/cm}^2$$

Thanh 4. Biểu đồ nội lực giới thiệu ở hình 5.14.

Phản lực gối tựa của thanh 4:

$$H = (H_G + H_Q) \frac{3,15}{3,5} = (7,7 + 17,8) \frac{3,15}{3,5} = 23,3 \text{KN}$$



Hình 5.14. Nội lực thanh 4

Kiểm tra tiết diện B

$$\sigma = \frac{N}{F} + \frac{M}{W} = \frac{22,2}{19,3} + \frac{530}{101} = 6,5 \text{KN/cm}^2$$

Tiết diện E

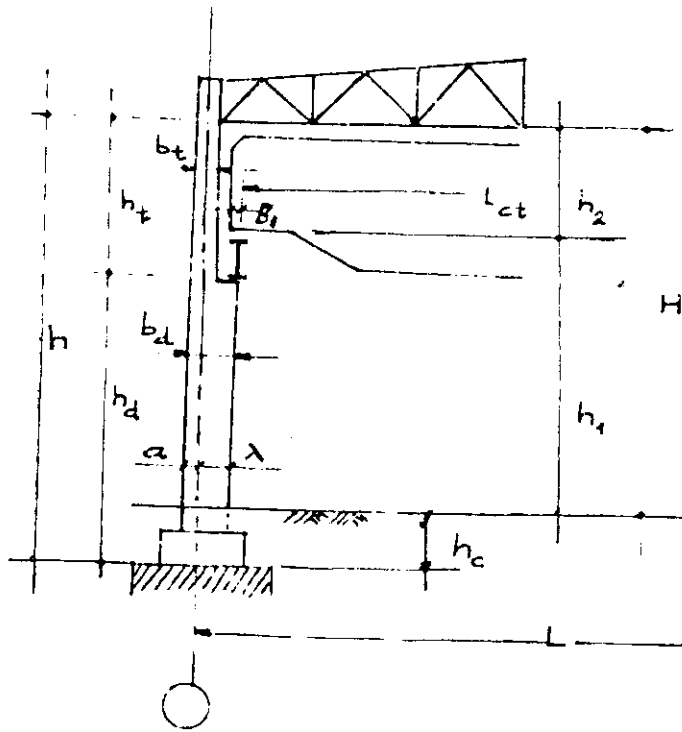
$$\sigma = \frac{26}{19,3} + \frac{280}{101} = 4 \text{KN/cm}^2$$

Tất cả các ứng suất kiểm tra đều nhỏ hơn cường độ tính toán của thép CT3.

Chương VI

KHUNG NHÀ CÔNG NGHIỆP

Kết cấu thép khung nhà sản xuất bao gồm các loại nhà sản xuất nông nghiệp, công nghiệp, nhà xưởng, nhà kho... Trong tài liệu này chỉ đề cập đến nhà công nghiệp có cấu trúc là loại điển hình phức tạp nhất về mặt cấu tạo và tính toán, và cũng là loại khung làm việc nặng nề nhất (h. 6.1).



Hình 6.1. Sơ đồ khung ngang nhà công nghiệp

§ 61. Sơ đồ và kích thước kết cấu khung.

1. Bố trí kết cấu khung.

Liên kết giữa cột với móng : ngầm
Liên kết giữa dầm với cột : -- Cứng :    nhà cao, cần trục có Q lớn. -- Khep : -- các trường hợp còn lại, -- khung nhiều nhịp -- khung hỗn hợp cột BTCT dầm thép.
Nhịp L : -- Thường dùng    :    18, 24, 30, 36m -- Đặc biệt        :    21, 27, 33m
Bước B : -- Thường dùng    :    6m -- Đặc biệt        :    12m.
Bước ở các đầu khối    :    giữa 500mm
2. Các loại chiều cao.
$h_1$ -- từ nền đến đỉnh ray
$h_2$ -- từ đỉnh ray đến mặt dưới của dầm $h_2 = (h_{ct} + 100) + h_v$ $h_{ct}$ -- chiều cao cần trục tại gối. 100 -- khoảng trống an toàn (mm). $h_v = 200 \sim 400$ mm -- dự phòng độ võng kết cấu mái và không gian bố trí giếng mái
$H = h_1 + h_2$ -- Lấy môđun M bằng : 1,2m khi $H \leq 10,8m$ ; 1,3m khi $H > 10,8m$ , và 0,8m trong trường hợp cần thiết.
$h_t$ -- chiều cao cột trên $h_t = h_d + h_r + h_z$ . $h_d$ -- chiều cao dầm cầu trục; lấy bằng $\left(\frac{1}{8} \sim \frac{1}{10}\right)$ nhịp dầm. $h_r$ -- chiều các ray, lấy khoảng 200mm
$h_d$ -- chiều cao cột dưới $h_d = H - h_2 + h_c$ $h_c$ -- độ chôn sâu chân cột, lấy 600 ~ 1000mm.

### 3. Kích thước ngang.

Bề rộng cột trên.

$$b_t = \left( \frac{1}{8} \sim \frac{1}{12} \right) h_t$$

thường lấy 400 ~ 800mm

Bề rộng cột dưới.

$$- b_d = a + \lambda$$

$a = 0$  -- nhà không có cầu trục và cầu trục  $Q$  nhỏ

$a = 500\text{mm}$  -- khi  $Q \geq 75\text{T}$

$a = 250\text{mm}$  -- các trường hợp khác

$\lambda = 750\text{mm}$  -- khi  $Q = 5 \sim 75\text{T}$

$\lambda = 1000\text{mm}$  --  $Q > 100\text{T}$ .

$$- b_d = 1000, 1250, 1500, \dots$$

$$- b_d = \left( \frac{1}{12} \sim \frac{1}{15} \right) H.$$

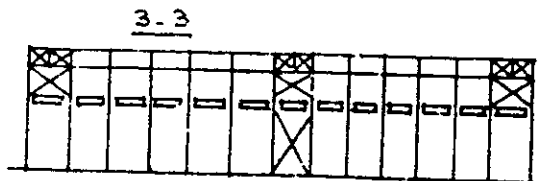
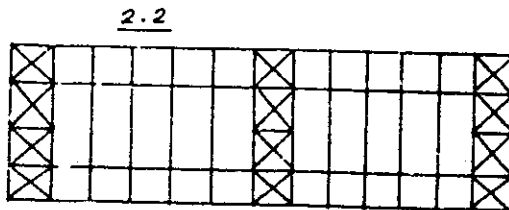
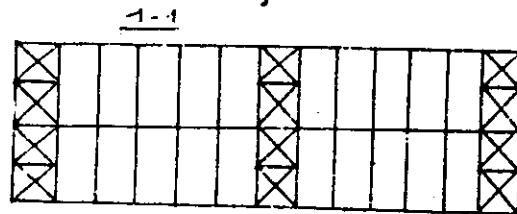
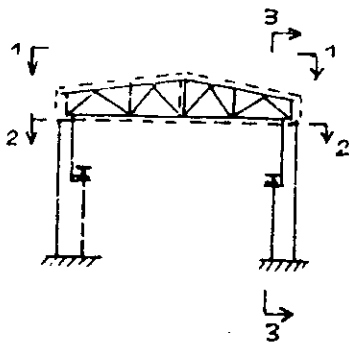
$$- \text{Yêu cầu: } b_d - b_t \geq B_1 + a_1$$

$B_1$  -- Kích thước cầu trục

$a_1 = 60 \sim 75\text{mm}$  -- khoảng nở.

### § 62. Hệ giằng.

Hệ giằng của kết cấu khung nhà có những nhiệm vụ sau: -- tạo thành kết cấu không gian cứng không bị biến hình.



Hình 6.2. Sơ đồ bố trí hệ giằng

- Giữ ổn định cho các thanh chịu nén.
- Chịu tải trọng dọc nhà để chuyển xuống móng.
- Tạo điều kiện thuận tiện thi công. Sơ đồ bố trí giằng xem h. 6.2.

1. Hệ giằng mái gồm có : hệ giằng ngang trong mặt phẳng cánh trên của dàn, hệ giằng ngang và dọc trong mặt phẳng cánh dưới của dàn, và hệ giằng đứng giữa các dàn.

Các hệ giằng ngang trong mặt phẳng cánh trên và cánh dưới cùng với hệ giằng đứng tạo thành khối không gian hai dàn cứng không bị biến hình. Các dàn còn lại tựa vào không gian cứng này bằng thanh chống dọc ở đỉnh và các thanh chống bằng xà gỗ hoặc sườn tấm lợp panen. Ba hệ giằng này bố trí ở hai đầu khối nhà và ở cả quãng giữa để khoảng cách chúng không quá 50 — 60m.

Hệ giằng ngang trong mặt phẳng cánh trên có nhiệm vụ giữ ổn định cho các thanh dàn cánh trên chịu nén.

Hệ giằng ngang trong mặt phẳng cánh dưới (còn gọi là hệ giằng gió) làm gối tựa cho cột sườn tường và chịu tải trọng gió tác dụng tu đầu hồi và chuyển phần lực lên cột.

Hệ giằng đứng bố trí ở 2 đầu dàn và ở giữa dàn (hoặc dưới chân cửa mái).

Hệ giằng dọc trong mặt phẳng cánh dưới dàn bố trí dọc nhà theo biên dàn, có các nhiệm vụ sau : — kết hợp với giằng ngang trong mặt phẳng cánh dưới tạo thành tấm khung cứng tăng cường ổn định không gian của khối nhà ; — phân phối bớt lực sang các khung bên cạnh khi một khung chịu tải trọng cục bộ (cầu trục) ; — giữ ổn định cho các thanh cánh dưới đầu dàn bị nén.

Nếu nhà không có cầu trục thì không cần bố trí hệ giằng dọc.

Hệ giằng cửa mái gồm có hệ giằng ngang trong mặt phẳng cánh trên cửa mái và giằng đứng giữa các dàn cửa mái. Nhiệm vụ và cách bố trí hệ giằng cửa mái cũng giống như hệ giằng dàn mái.

2. Hệ giằng cột, gồm có hệ giằng cột dưới và hệ giằng cột trên.

Hệ giằng cột có các tác dụng sau :

- Bảo đảm hệ thống cột khung không bị biến hình theo phương dọc nhà.
- Giữ ổn định cột theo phương dọc nhà.
- Chịu tải trọng gió từ đầu hồi và lực hãm dọc của cầu trục để chuyển xuống móng.

Hệ giằng cột bố trí ở giữa khối nhà để tránh phát sinh ứng suất do nhiệt độ biến thiên. Nếu nhà dài có thể bố trí 2 giằng cột cách nhau không quá 50m và cách đầu nhà không quá 90m. Ngoài ra, ở hai đầu khối nhà bố trí hệ giằng cột trên để dễ thi công ; vì cột trên có độ cứng nhỏ nếu việc bố trí này gây ra ứng suất nhiệt không đáng kể.

§ 63. Xác định tải trọng

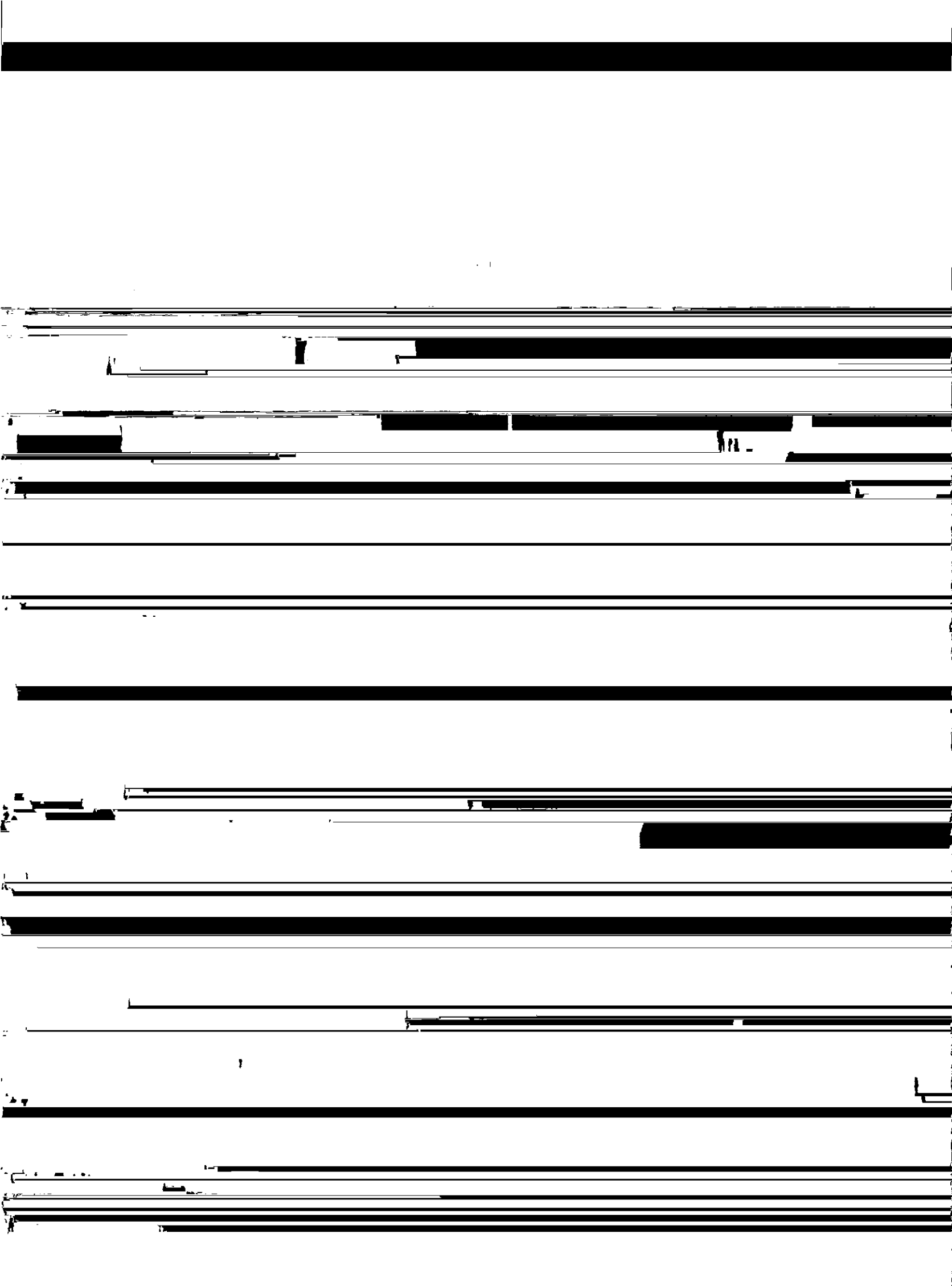
1. Trọng lượng bản thân kết cấu khung

a) Số liệu tham khảo về chi phí thép trên  $1m^2$  nhả ( $KG/m^2$ ).

Loại kết cấu khung	Loại xưởng	
	nhẹ	trung bình
<b>Mái</b>		
Dàn vì kèo	16 — 25	18 — 30
Dàn đỡ kèo	0 — 6	4 — 7
Xà gỗ	10 — 12	12 — 18
Cửa mái ( $KG/m^2$ cửa mái)	0 — 10	8 — 12
Giằng	3 — 4	3 — 5
<b>Cộng</b>	<b>25 — 40</b>	<b>45 — 70</b>
<b>Cột và giằng</b>	<b>10 — 18</b>	<b>13 — 40</b>
Dầm cầu trục, dầm hãm, sàn dầm	0 — 14	14 — 40
Sườn tường	0 — 3	5 — 24
Các kết cấu khác	—	0 — 10
<b>Tổng cộng</b>	<b>35 — 80</b>	<b>75 — 170</b>

b) Công thức kinh nghiệm

Loại kết cấu	Công thức
Dàn và giằng mái	$g_d = 1,2 \alpha_d \cdot L \text{ (KG/m}^2 \text{ mặt bằng)}$ $L \text{ — nhịp dàn, m}$ $\alpha = 0,6 \sim 0,9 \text{ với nhịp } 24 \sim 30m$
Dàn đỡ kèo	$g_d = \alpha_d L_d^2 \text{ (KG)}$ $L_d \text{ — nhịp (12m)}$ $\alpha_d = 4,4 \text{ khi chịu lực tập trung 10T}$ $\alpha_d = 10,4 \text{ khi lực 40T}$
Dầm cầu trục	$G_c = \alpha L^2 \text{ (KG)}$ $L \text{ — nhịp dầm, m}$ $\alpha = 24 \sim 37 \text{ khi cầu trục có } Q < 75T$





4) Tải trọng gió.

Xác định tải trọng gió trên sơ đồ thực tế (h. 6.3.a).

$$q_a = nq_0 c B; \quad q_t = nq_0 c' B.$$

$n$  — hệ số vượt tải.

$q_0$  — áp lực gió tiêu chuẩn

$c, c'$  — hệ số khí động phía đón gió và trái gió

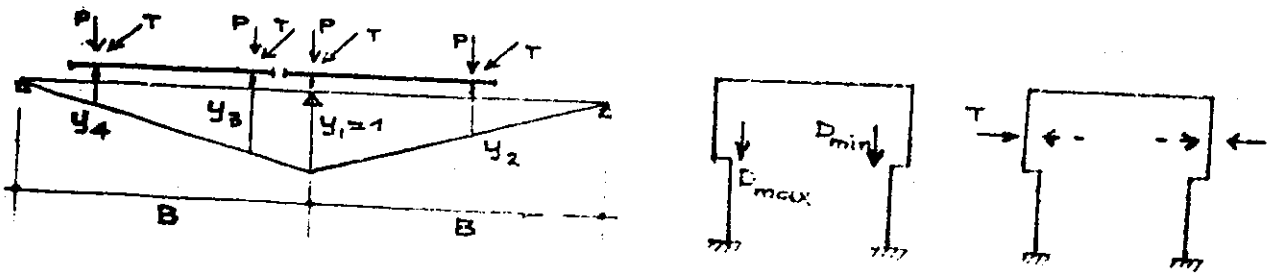
$B$  — bước khung.

Tải trọng gió  $q$  trên sơ đồ tính toán (h. 6.3.c) xác định theo điều kiện momen bằng nhau ở chân cột công xôn (h. 6.3 b) dưới tác dụng của tải trọng thực tế

Tải trọng gió từ dáy dầm đến đỉnh mái được coi là lực tập trung  $W$  và  $W'$ .

$$W = \frac{q_{a1} + q_{a2}}{2} h_m; \quad W' = \frac{q_{t1} + q_{t2}}{2} h_m.$$

5) Tải trọng cần trực tác dụng lên cột khung.



Hình 6.3

Áp lực đứng lên cột.

$$D_{max} = n P_{max} \cdot \Sigma y$$

$$D_{min} = n P_{min} \cdot \Sigma y.$$

Áp lực ngang lên cột

$$T_{\Sigma} = n T_{bx} \Sigma y$$

$P_{max}$  — áp lực đứng lớn nhất lên 1 bánh xe cầu trục.

$P_{min} = \frac{Q + G_{ct}}{n_0} - P_{max}$  — áp lực nhỏ nhất lên 1 bánh xe.

$T_{bx}$  — lực hãm ngang lên 1 bánh xe.

$G_{ct}$  — trọng lượng dầm cầu trục, xác định theo bảng tra hoặc lấy bằng:

0,2 ~ 0,6 T/m khi cần trục cơ sức trục  $Q = 5 \sim 15$  T.

0,4 ~ 0,8 — khi  $Q = 20 \sim 50$  T.

0,6 ~ 1,2 — khi  $Q > 50$  T.

$n$  — hệ số vượt tải, lấy bằng 1,3 khi  $Q < 5T$  và 1,2 khi  $Q \geq 5T$ .

$\Sigma y$  — tổng tung độ của đường ảnh hưởng tính áp lực lên cột.

$n_0$  — số bánh xe ở 1 phía cầu trục.

#### § 64. Độ mềm tính khung.

1) Sơ đồ tính. Khung được tính theo sơ đồ đơn giản hóa như sau

— Thay dàn bằng xà ngang đặt ở trục cánh dưới của dàn với nhịp tính toán là  $L$ . Xà ngang có độ cứng uốn  $EJ_d$  tương đương với dàn, tính theo công thức.

$$J_d = k(F_1 a_1^3 + F_2 a_2^3).$$

$k$  — Hệ số xét đến biến dạng của hệ thanh bụng và độ nghiêng của cánh trên dàn.

$k = 0,9$  — đối với dàn cánh song song ( $i = 0$ )

$k = 0,8$  khi  $i = 1/10$  và  $k = 0,7$  khi  $i = 1/8$ .

— Thay cột bằng thanh đứng bố trí theo trục trọng tâm của cột. Đối với cột bậc thang thì thanh đứng có độ lệch trục  $e$ . Độ lệch trục  $e$  chỉ dùng để xác định mômen lệch tâm do tải trọng đứng gây ra trên khung. Giá trị  $e$  thường là không biết trước, theo kinh nghiệm lấy khoảng:

$$e = (0,5 \sim 0,55) b_d - 0,5b_c$$

2) Độ cứng của khung. — Để tính khung, cần giả thiết trước độ cứng uốn theo kinh nghiệm như sau: ( $J_1, J_2$  - độ cứng cột dưới, cột trên)

$$\frac{J_1}{J_2} = 7 \sim 10 \quad \text{và} \quad \frac{J_1}{J_2} = 25 \sim 40.$$

Các tỷ số này không ảnh hưởng nhiều đến sự thay đổi nội lực khung, nên sai số cho phép giữa tỷ số giả thiết và thực tế là không quá 30%.

— Để giảm bớt khối lượng tính toán, trong tính khung còn dùng một số đơn giản hóa như sau:

a)  $J_d = \infty$  (tương ứng với góc xoay đầu cột  $\varphi = 0$ ) khi

$$K = \frac{J_d/L}{J_1/h} \geq \frac{6}{1 + 1,1 \sqrt{\frac{J_1}{J_2} - 1}} = A.$$

Dùng cho trường hợp tải trọng tác dụng lên cột khung (tải trọng gió, lực hãm  $T$ , mômen lệch tâm...) vì dàn biến dạng rất nhỏ.

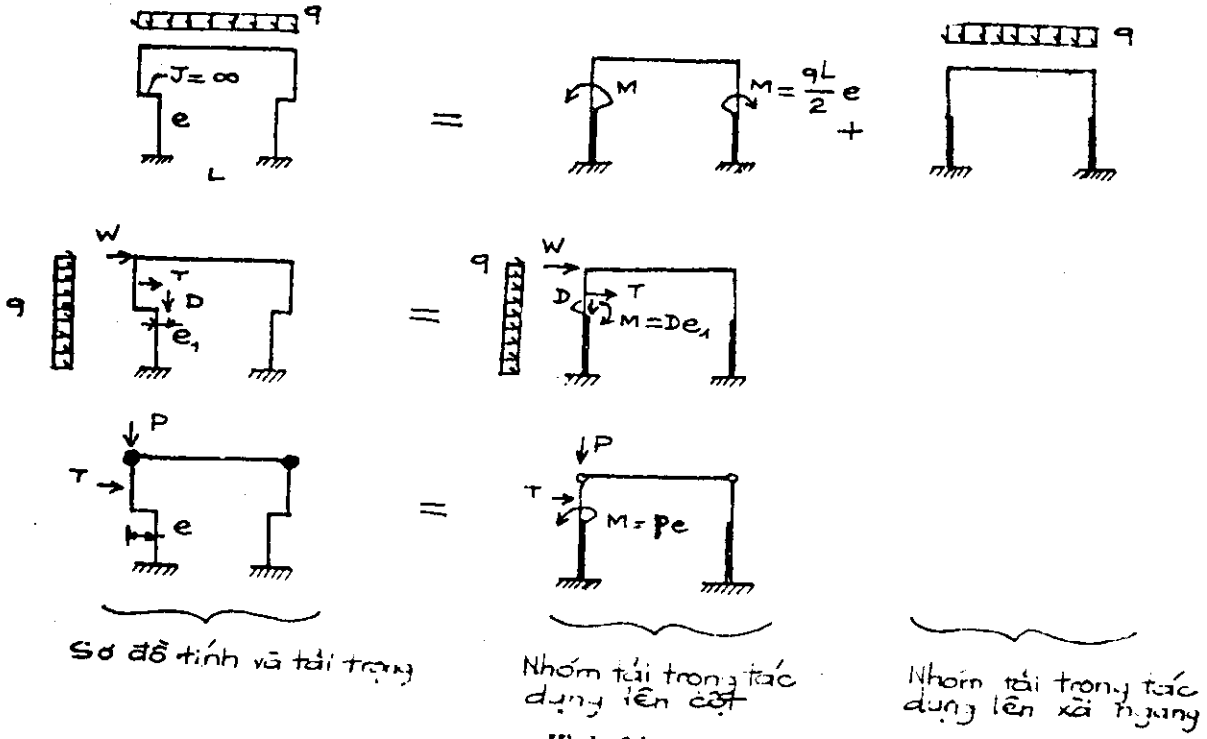
b)  $\Delta = 0$  (Dịch chuyển ngang đầu cột bằng không). Dùng cho nhà nhiều nhịp cùng cao trình với số nhịp là 3 trở lên chịu các loại tải trọng (trừ tải trọng gió).

3) Phương pháp tính. Để tiện sử dụng bảng tra (xem các bảng 6.1,2), thường dùng phương pháp chuyển vị để tính khung.

Các loại tải trọng tác dụng lên khung có thể phân thành hai nhóm (h. 64)

– Nhóm tải trọng tác dụng lên cột, ảnh hưởng chuyển vị của hệ cơ bản là  $\Delta$  (và  $\varphi = 0$  khi  $K \geq A$ ).

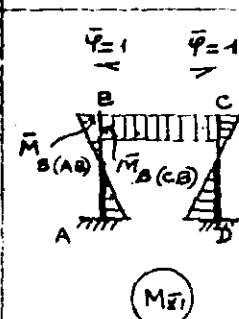
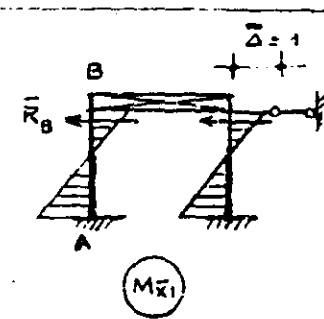
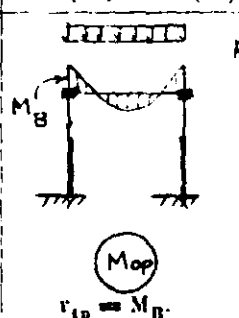
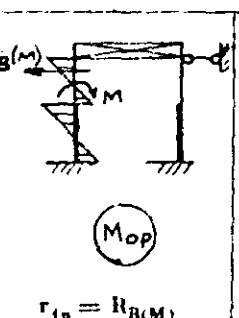
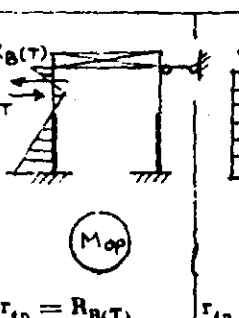
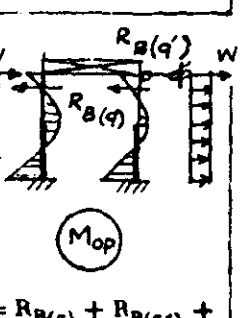
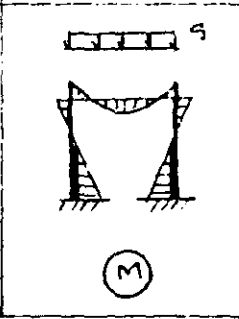
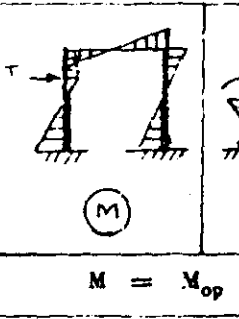
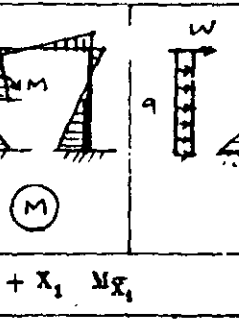
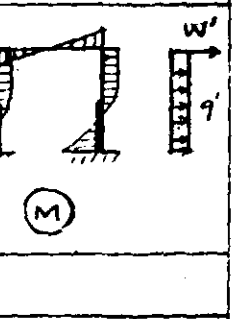
– Nhóm tải trọng tác dụng lên xà ngang, ảnh hưởng chuyển vị là  $\varphi$  (và  $\Delta = 0$  khi tải trọng đối xứng).



Hình 6.4.

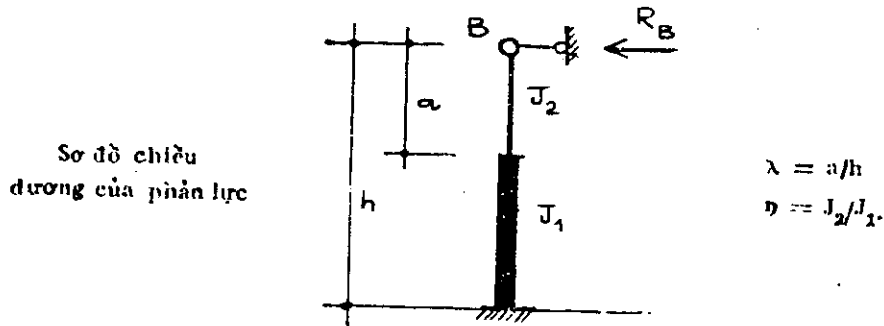
4. Các bước giải khung.

Nội dung	Sơ đồ và công thức			
	Tải trọng lên xà	Tải trọng trên cột		
Sơ đồ tính và tải trọng				
Hệ cơ bản tính toán				
Phương trình chính tắc	$X_1 \sum r_{11} + r_{1p} = 0$ $\Delta_n X_1 = \varphi$	$X_1 \sum r_{11} + r_{1p} = 0$ $\Delta_n X_1 = \Delta$		

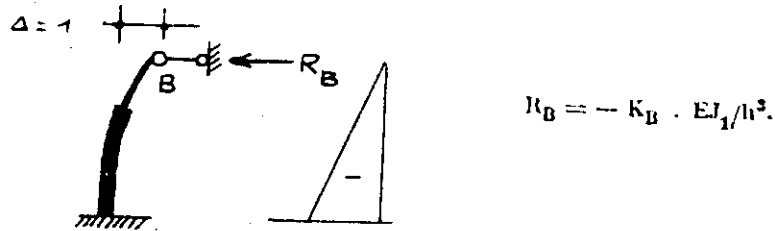
1	2	3	4	5
Biểu đồ $M_{\bar{x}_1}$ và tính $\Sigma r_{11}$	 <p> <math>\bar{\varphi} = 1</math>    <math>\bar{\varphi} = 1</math>  <math>\bar{M}_{B(AB)}</math>    <math>\bar{M}_{B(CB)}</math>  <math>(M_{\bar{x}_1})</math>  <math>\Sigma r_{11}</math> — tổng phân            lực mômen tại nút            B của thanh AB và            CB khi nút B và C            cùng xoay <math>\bar{\varphi} = 1</math>  <math>\Sigma r_{11} =</math>  <math>= \bar{M}_{B(AB)} + \bar{M}_{B(CB)}</math> </p>	 <p> <math>\bar{\Delta} = 1</math>  <math>(M_{\bar{x}_1})</math>  <math>\Sigma r_{11}</math> — tổng phân lực ngang ở gối tựa khi đầu khung dịch            chuyển <math>\bar{\Delta} = 1</math>  <math>\Sigma r_{11} = 2\bar{R}_B</math> </p>		
Biểu đồ $M_{op}$ và tính $r_{1p}$	 <p> <math>(M_{op})</math>  <math>r_{1p} = M_B</math>  <math>r_{1p}</math> — phân lực mô-            men ở nút B do q            gây ra         </p>	 <p> <math>(M_{op})</math>  <math>r_{1p} = R_{B(T)}</math> </p>	 <p> <math>(M_{op})</math>  <math>r_{1p} = R_{B(T)}</math> </p>	 <p> <math>(M_{op})</math>  <math>r_{1p} = R_{B(q)} + R_{B(q')} +</math>  <math>+ w + w'</math>  <math>r_{1p}</math> — phân lực ngang ở gối tựa do tải trọng gây ra trên            hệ cơ bản.         </p>
Tính ẩn số chuyển vị	$X_1 = \varphi = - \frac{r_{1p}}{\Sigma r_{11}}$	$X_1 = \Delta = - \frac{r_{1p}}{\Sigma r_{11}}$		
Biểu đồ Mômen của khung M	 <p> <math>(M)</math> </p>	 <p> <math>(M)</math> </p>	 <p> <math>(M)</math> </p>	 <p> <math>(M)</math> </p>
	$M = M_{op} + X_1 M_{\bar{x}_1}$			
Chú thích. Đối với khung liên kết khớp giữa cột và dầm thì sơ đồ và công thức tính thực hiện theo nhóm tải trọng tác dụng lên cột. Các phân lực ở gối tựa trên hệ cơ bản xem các bảng 6.1 và bảng 6.2				

Hệ số xác định phản lực gối tựa ( $R_B$ ) cột bậc thang có một đầu ngàm và một đầu khớp

Bảng 6.1

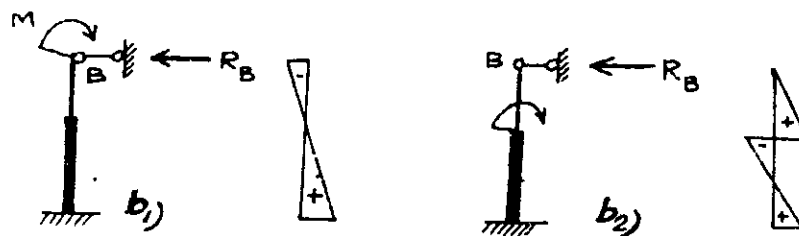


a) Đầu trên dịch chuyển ngang  $\Delta = 1$ .



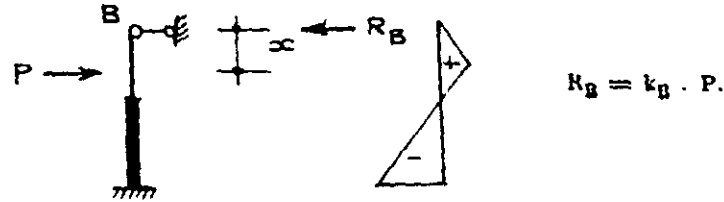
Hệ số	$\lambda$	$\nu$						
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1,0
$K_B$	0,1	2,944	2,973	2,988	2,993	2,996	2,997	3,000
	0,2	2,604	2,799	2,907	2,945	2,964	2,976	3,000
	0,3	1,983	2,414	2,708	2,823	2,833	2,921	3,000
	0,4	1,354	1,904	2,389	2,610	2,731	2,820	3,000
	0,5	0,889	1,412	2,000	2,323	2,526	2,667	3,000

b) Mômen tập trung  $M$ .



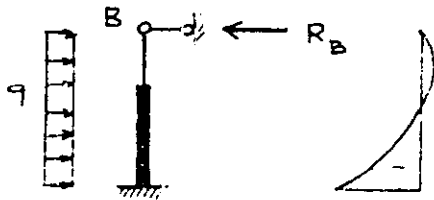
Hệ số	$\lambda$	$\mu$						
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1,0
$K_B$ (trường hợp $b_1$ )	0,1	1,752	1,620	1,554	1,531	1,520	1,513	1,5
	0,2	2,202	1,903	1,686	1,610	1,571	1,548	1,5
	0,3	2,687	2,184	1,841	1,707	1,636	1,592	1,5
	0,4	2,735	2,322	1,959	1,775	1,697	1,635	1,5
	0,5	2,556	2,294	2,000	1,839	1,737	1,667	1,5
$K_B$ (trường hợp $b_2$ )	0,1	1,467	1,472	1,479	1,482	1,483	1,484	1,485
	0,2	1,250	1,343	1,395	1,414	1,423	1,429	1,440
	0,3	1,002	1,098	1,232	1,284	1,312	1,329	1,365
	0,4	0,569	0,799	1,008	1,096	1,150	1,184	1,260
	0,5	0,333	0,529	0,750	0,871	0,947	1,000	1,125

c) Lực tập trung P.



$x/l$	$\lambda$	Hệ số $k_B$						
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1,0
0,4	0,1	0,931	0,936	0,938	0,939	0,939	0,940	0,940
	0,2	0,821	0,848	0,866	0,872	0,875	0,877	0,880
	0,3	0,688	0,744	0,783	0,798	0,805	0,811	0,821
	0,4	0,575	0,641	0,694	0,719	0,733	0,742	0,762
	0,5	0,511	0,559	0,613	0,634	0,661	0,674	0,704
0,6	0,1	0,897	0,904	0,907	0,909	0,909	0,909	0,910
	0,2	0,740	0,780	0,802	0,810	0,814	0,816	0,821
	0,3	0,556	0,631	0,682	0,702	0,713	0,719	0,733
	0,4	0,407	0,483	0,556	0,590	0,609	0,621	0,647
	0,5	0,315	0,376	0,446	0,484	0,508	0,525	0,564
0,8	0,1	0,865	0,873	0,877	0,878	0,879	0,879	0,880
	0,2	0,669	0,715	0,740	0,749	0,754	0,757	0,762
	0,3	0,448	0,533	0,590	0,613	0,624	0,632	0,647
	0,4	0,275	0,362	0,439	0,476	0,495	0,508	0,536
	0,5	0,170	0,235	0,308	0,351	0,373	0,391	0,432

d) Tải trọng phân bố đều  $q$ .

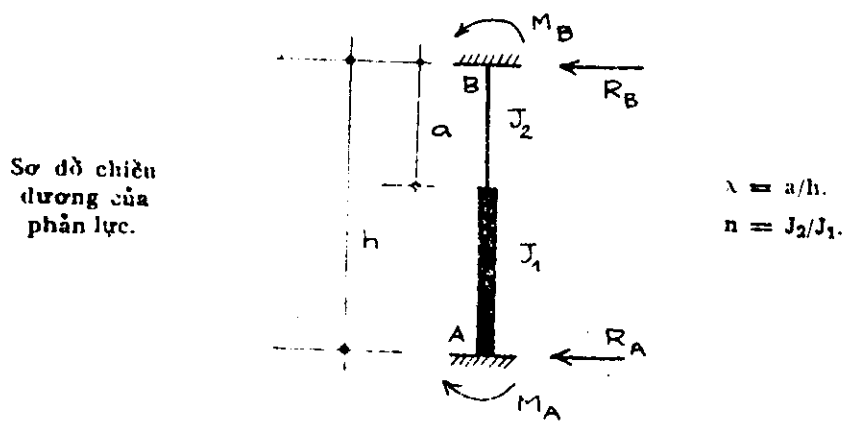


$$R_B = K_D \cdot qh.$$

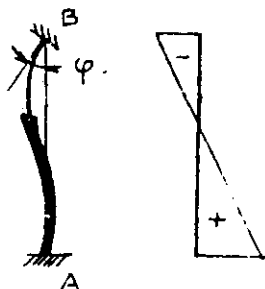
Hệ số	$\lambda$	$n$					
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1,0
$K_D$	0,1	0,3720	0,3736	0,3742	0,3744	0,3746	0,375
	0,2	0,3548	0,3657	0,3094	0,3714	0,3726	0,375
	0,3	0,3237	0,3493	0,3593	0,3649	0,3681	0,375
	0,4	0,2928	0,3201	0,3150	0,3553	0,3614	0,375
	0,5	0,2757	0,3125	0,3326	0,3454	0,3542	0,375

Hệ số xác định phản lực gối tựa ( $M_B$  và  $R_B$ ) cột bậc thang hai đầu ngàm.

Bảng 6.2



a) Đầu trên có góc xoay  $\varphi = 1$ .

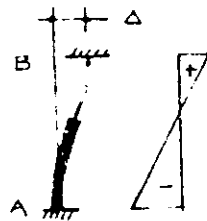


$$M_B^* = K_B \cdot EJ_1/h.$$

$$R_B^* = K_B' \cdot EJ_1/h^2.$$

Hệ số	$\lambda$		0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1,0
	$n$	$\lambda$							
$K_{II}$	0,1		- 0,814	- 0,983	- 1,689	- 2,224	- 2,642	- 2,979	- 4,0
	0,2		- 0,545	- 0,664	- 1,216	- 1,705	- 2,140	- 2,530	- 4,0
	0,3		- 0,480	- 0,580	- 1,055	- 1,499	- 1,918	- 2,313	- 4,0
	0,4		- 0,472	- 0,566	- 1,006	- 1,423	- 1,825	- 2,218	- 4,0
	0,5		- 0,470	- 0,564	- 1,000	- 1,406	- 1,799	- 2,182	- 4,0
$K'_{II}$	0,1		1,345	1,594	2,625	3,405	4,017	4,509	6,0
	0,2		1,092	1,264	2,051	2,748	3,362	3,916	6,0
	0,3		1,120	1,268	1,942	2,560	3,138	3,682	6,0
	0,4		1,160	1,315	1,971	2,551	3,098	3,622	6,0
	0,5		1,120	1,295	2,0	2,586	3,124	3,636	6,0

b) Hai đầu chuyển dịch tương đối  $\Delta = 1$ .



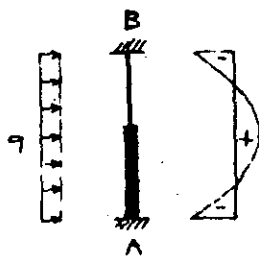
$$M_B = K_B \cdot EJ_1/h^2.$$

$$R_B = K'_B \cdot EJ_1/h^3.$$

Hệ số	$\lambda$		0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1,0
	$n$	$\lambda$							
$K_B$	0,1		1,345	1,594	2,624	3,405	4,017	4,509	6
	0,2		1,092	1,264	2,051	2,745	3,362	3,916	6
	0,3		1,120	1,268	1,942	2,560	3,135	3,682	6
	0,4		1,160	1,315	1,971	2,551	3,098	3,622	6
	0,5		1,120	1,295	2,0	2,586	3,124	3,636	6
$K'_B$	0,1		- 5,19	- 5,555	- 7,606	- 8,208	- 9,102	9,621	- 12
	0,2		- 4,94	- 5,203	- 6,365	- 7,364	- 8,247	- 9,036	- 12
	0,3		- 4,89	- 5,182	- 6,283	- 7,193	- 8,018	- 8,783	- 12
	0,4		- 4,57	- 4,956	- 6,248	- 7,183	- 7,995	- 8,743	- 12
	0,5		- 3,90	- 4,382	- 6,0	- 7,078	- 7,953	- 8,727	- 12



c) Tải trọng phân bố đều  $q$ .

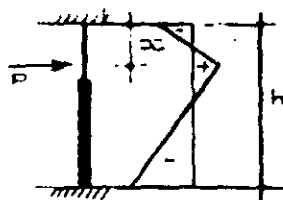


$$M_B = K_B \cdot qh^2$$

$$R_B = K'_B \cdot qh^3$$

Hệ số	$\lambda$		$n$						
			0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1,0
$K_B$	0,1		- 0,031	- 0,034	- 0,040	- 0,054	- 0,061	- 0,067	- 0,083
	0,2		- 0,040	- 0,042	- 0,049	- 0,055	- 0,060	- 0,065	- 0,083
	0,3		- 0,048	- 0,050	- 0,056	- 0,060	- 0,064	- 0,068	- 0,083
	0,4		- 0,051	- 0,054	- 0,061	- 0,065	- 0,069	- 0,072	- 0,083
	0,5		- 0,049	- 0,053	- 0,063	- 0,068	- 0,071	- 0,074	- 0,083
$K'_B$	0,1		0,423	0,427	0,444	0,457	0,467	0,476	0,5
	0,2		0,428	0,434	0,448	0,458	0,466	0,474	0,5
	0,3		0,425	0,432	0,452	0,462	0,470	0,477	0,5
	0,4		0,405	0,417	0,449	0,463	0,472	0,479	0,5
	0,5		0,383	0,397	0,438	0,457	0,469	0,477	0,5

d) Tải trọng tập trung  $P$ .



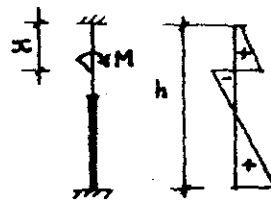
$$M_B = K_B \cdot Ph$$

$$R_B = K'_B \cdot P$$

Hệ số	$\lambda$		$n$						
			0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1,0
$\alpha = x/h = 0,1$									
$K_B$	0,1		- 0,052	- 0,054	- 0,06	- 0,065	- 0,069	- 0,072	- 0,081
	0,2		- 0,068	- 0,069	- 0,071	- 0,073	- 0,075	- 0,076	- 0,081
	0,3		- 0,072	- 0,073	- 0,075	- 0,076	- 0,077	- 0,078	- 0,081
	0,4		- 0,073	- 0,074	- 0,077	- 0,078	- 0,079	- 0,079	- 0,081
	0,5		- 0,073	- 0,074	- 0,077	- 0,078	- 0,079	- 0,079	- 0,081
$K'_B$	0,1		0,928	0,930	0,94	0,948	0,954	0,958	0,972
	0,2		0,945	0,946	0,945	0,958	0,961	0,964	0,972
	0,3		0,942	0,945	0,957	0,961	0,964	0,966	0,972
	0,4		0,940	0,943	0,956	0,962	0,965	0,967	0,972
	0,5		0,935	0,910	0,955	0,961	0,964	0,967	0,972

$\alpha = 0,3$								
$K_B$	0,1	- 0,054	- 0,058	- 0,079	- 0,095	- 0,107	- 0,117	- 0,147
	0,2	- 0,072	- 0,075	- 0,098	- 0,098	- 0,107	- 0,116	- 0,147
	0,3	- 0,093	- 0,096	- 0,111	- 0,114	- 0,120	- 0,125	- 0,147
	0,4	- 0,1	- 0,105	- 0,125	- 0,125	- 0,130	- 0,133	- 0,147
	0,5	- 0,1	- 0,104	- 0,128	- 0,128	- 0,133	- 0,136	- 0,147
$K'_B$	0,1	0,645	0,653	0,684	0,707	0,726	0,740	0,784
	0,2	0,660	0,668	0,693	0,711	0,725	0,738	0,784
	0,3	0,647	0,663	0,704	0,724	0,737	0,746	0,784
	0,4	0,608	0,632	0,697	0,725	0,741	0,753	0,784
	0,5	0,590	0,615	0,625	0,718	0,738	0,751	0,784
$\alpha = 0,4$								
$K_B$	0,1	- 0,047	- 0,053	- 0,074	- 0,090	- 0,103	- 0,113	- 0,144
	0,2	- 0,059	- 0,062	- 0,076	- 0,088	- 0,099	- 0,108	- 0,144
	0,3	- 0,075	- 0,078	- 0,090	- 0,099	- 0,107	- 0,114	- 0,144
	0,4	- 0,082	- 0,087	- 0,103	- 0,111	- 0,118	- 0,123	- 0,144
	0,5	- 0,080	- 0,087	- 0,107	- 0,117	- 0,124	- 0,129	- 0,144
$K'_B$	0,1	0,506	0,513	0,545	0,569	0,588	0,603	0,648
	0,2	0,514	0,522	0,547	0,568	0,582	0,596	0,648
	0,3	0,509	0,518	0,555	0,575	0,590	0,602	0,648
	0,4	0,481	0,477	0,545	0,575	0,591	0,607	0,648
	0,5	0,461	0,432	0,520	0,563	0,587	0,604	0,648

a) Momen tập trung M.

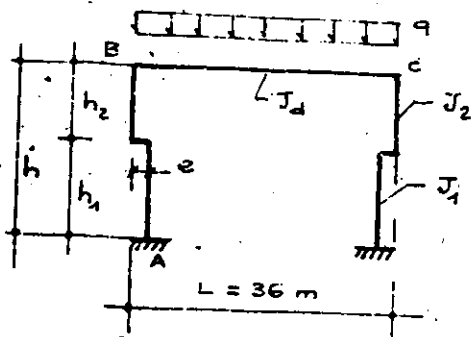


$$M_B = K_B \cdot M$$

$$R_B = K'_B \cdot M/h$$

Hệ số	$\lambda$	0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1,0
$\alpha = \lambda/h = 0,2$								
$K_B$	0,1	0,007	0,022	0,092	0,144	0,186	0,219	0,32
	0,2	0,033	0,075	0,111	0,146	0,098	0,145	0,32
	0,3	0,076	0,093	0,139	0,171	0,198	0,222	0,32
	0,4	0,105	0,131	0,191	0,221	0,242	0,259	0,32
	0,5	0,110	0,130	0,200	0,235	0,257	0,273	0,32
$K'_B$	0,1	1,415	1,392	1,292	1,216	1,156	1,107	0,96
	0,2	1,497	1,487	1,415	1,339	1,269	1,205	0,96
	0,3	1,565	1,499	1,314	1,227	1,168	1,122	0,96
	0,4	1,780	1,638	1,346	1,222	1,149	1,099	0,96
	0,5	1,820	1,713	1,400	1,252	1,165	1,106	0,96

$\alpha = 0,3$								
$K_B$	0,1	- 0,042	- 0,037	- 0,012	- 0,007	- 0,022	- 0,024	0,07
	0,2	- 0,118	- 0,110	- 0,082	- 0,056	- 0,032	- 0,021	0,07
	0,3	- 0,174	- 0,171	- 0,147	- 0,115	- 0,085	- 0,056	0,07
	0,4	- 0,120	- 0,107	- 0,066	- 0,041	- 0,021	- 0,003	0,07
	0,5	- 0,130	- 0,110	- 0,059	- 0,019	- 0,002	- 0,018	0,07
$K_B'$	0,1	1,42	1,412	1,378	1,351	1,33	1,312	1,26
	0,2	1,482	1,483	1,461	1,429	1,399	1,371	1,26
	0,3	1,444	1,471	1,5	1,481	1,452	1,419	1,26
	0,4	1,775	1,713	1,55	1,474	1,424	1,386	1,26
	0,5	2,0	1,912	1,65	1,524	1,449	1,396	1,26
$\alpha = 0,4$								
$K_B$	0,1	- 0,077	- 0,079	- 0,089	- 0,098	- 0,102	- 0,106	- 0,12
	0,2	- 0,131	- 0,132	- 0,132	- 0,130	- 0,128	- 0,127	- 0,12
	0,3	- 0,182	- 0,184	- 0,183	- 0,176	- 0,167	- 0,159	0,12
	0,4	- 0,204	- 0,213	- 0,224	- 0,218	- 0,206	- 0,192	0,12
	0,5	- 0,227	- 0,222	- 0,2	- 0,186	- 0,174	- 0,164	0,12
$K_B'$	0,1	1,37	1,377	1,393	1,404	1,413	1,42	1,44
	0,2	1,42	1,427	1,443	1,446	1,446	1,446	1,44
	0,3	1,383	1,416	1,474	1,485	1,435	1,480	1,44
	0,4	1,224	1,293	1,442	1,486	1,499	1,499	1,44
	0,5	1,7	1,673	1,6	1,561	1,534	1,513	1,44



Hình 6.5

5. Ví dụ 6.1. Xác định nội lực khung, hình 6.5. Số liệu cho

$$J_1 = 1; J_2 = 1/8; J_d = 4,5.$$

$$h_1 = 13,6; h_2 = 5,6; -h = 19,2m.$$

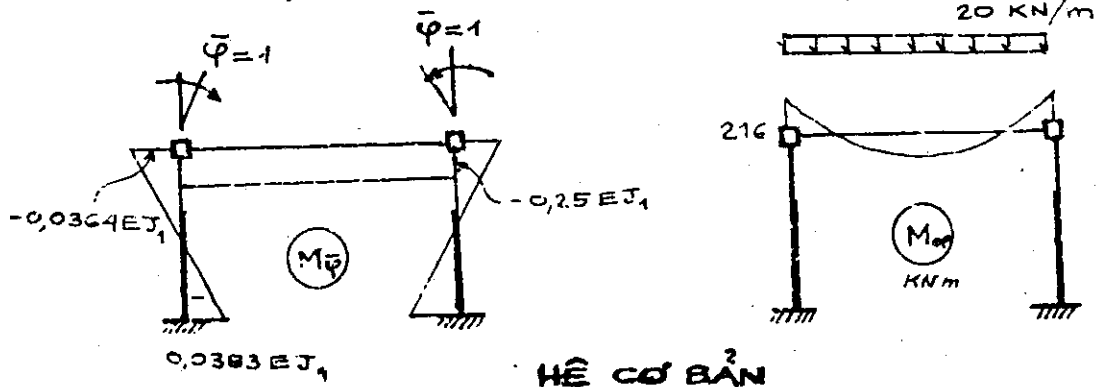
$$L = 36m; q = 20 kN/m.$$

$$b_1 = 500 mm; b_2 = 1250 mm.$$

$$\lambda = \frac{5,6}{19,2} = 0,3; n = \frac{1}{8} = 0,125.$$

$$e = \frac{b_2 - b_1}{2} = 0,375 m.$$

Nội lực khung do q tác dụng.



**HỆ CƠ BẢN**

Chuyển vị đầu khung (B, C):  $\Delta = 0$ ;  $\varphi = X_1$ . Tính  $\Sigma r_{11}$  và  $M_{\varphi}$ .

$$\bar{M}_{B(BC)} = -2EJ_1 \frac{1}{L} = -2E \frac{4,5J_1}{36} = -0,25 EJ_1.$$

$$\bar{M}_{B(AB)} = K_B \frac{EJ_1}{h} = -0,699 \frac{EJ_1}{h} = -0,0364 EJ_1.$$

$$\bar{R}_{B(AB)} = K_B \frac{EJ_1}{h^2} = 1,4365 \frac{EJ_1}{h^2}.$$

$$\begin{aligned} \bar{M}_{A(AB)} &= \bar{M}_{B(AB)} + \bar{R}_{B(AB)} \cdot h = \frac{EJ_1}{h} (-0,699 + 1,4365) \\ &= 0,7375 \frac{EJ_1}{h} = 0,0383 EJ_1. \end{aligned}$$

$$\Sigma r_{11} = \bar{M}_{B(AB)} + \bar{M}_{B(BC)} = -0,2864 EJ_1.$$

Tính  $r_{1p}$  và  $M_{op}$ .

$$r_{1p} = M_{B(BC)} = 0,0839 L^2 = 2160 \text{ kNm}.$$

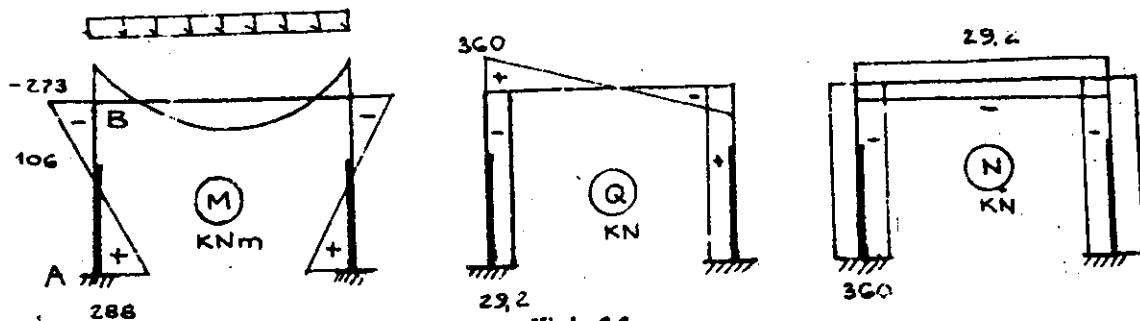
Tính

$$X_1 = \varphi = -\frac{r_{1p}}{\Sigma r_{11}} = \frac{2160}{0,2864 EJ_1} = \frac{7540}{EJ_1}$$

Nội lực của khung (hình 6.6).  $M = M_{op} + \varphi \cdot M_{\varphi}$ .

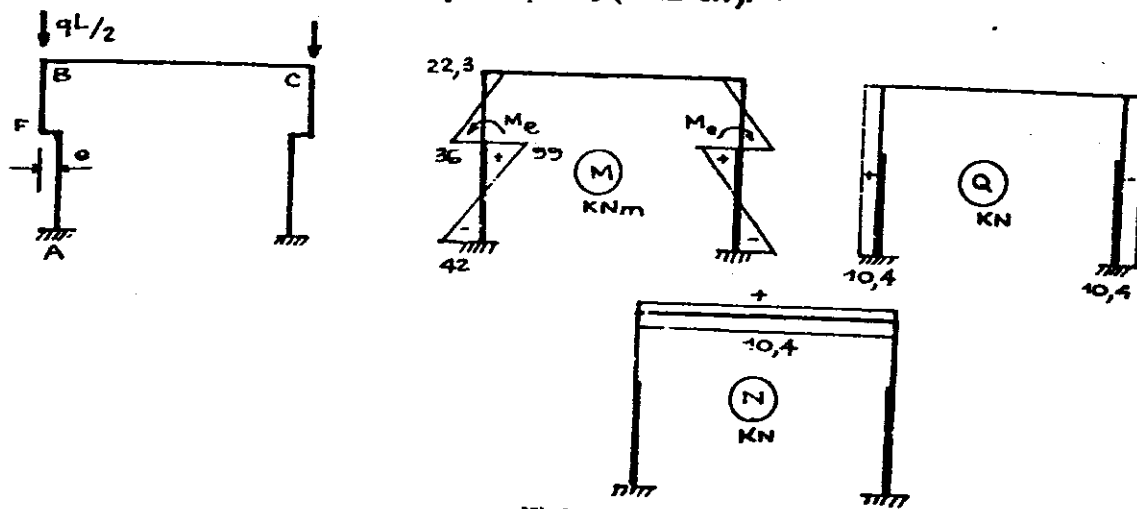
$$M_B = \varphi \cdot \bar{M}_{B(AB)} = -\frac{7540}{EJ_1} \cdot 0,0364 EJ_1 = -273 \text{ kNm}.$$

$$M_A = \varphi \cdot \bar{M}_{A(AB)} = -\frac{7540}{EJ_1} \cdot 0,0384 EJ_1 = 288 \text{ kNm}.$$



Hình 6.6

Nội lực khung do mômen lệch trục  $M_e$  (hình 6.7).



Hình 6.7

$$M_e = \frac{qL}{2} \cdot e = \frac{20,36}{2} \cdot 0,375 = 135 \text{ KNm.}$$

Chuyển vị đầu khung (B, C):  $\Delta = 0$ ;  $\varphi = 0$ .

Tính nội lực khung.

$$M_{B(AB)} = K_B M = 0,165 M_e = 22,3 \text{ KNm.}$$

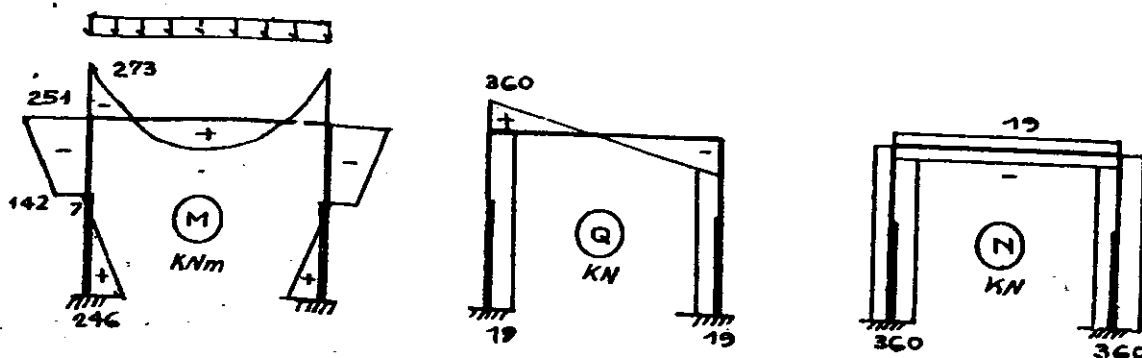
$$R_{B(AB)} = K_B \cdot \frac{M}{h} = -1,478 \frac{M_e}{h} = 10,4 \text{ KN.}$$

$$M_F^a = M_{B(AB)} + R_{B(AB)} \cdot h_2 = 0,165 M_e - 1,478 \frac{5,6}{19,2} M_e = -36 \text{ KNm.}$$

$$M_F^d = M_e - 36 = 135 - 36 = 99 \text{ KNm.}$$

$$M_{A(AB)} = M_{B(AB)} + M_e + R_{B(AB)} h = M_e (0,165 + 1 - 1,478) = -0,313 M_e = -42 \text{ KNm.}$$

Nội lực tổng. Nội lực cuối cùng của khung bằng tổng cộng của hai trạng thái nội lực ở trên (hình 6.8).



Hình 6.8

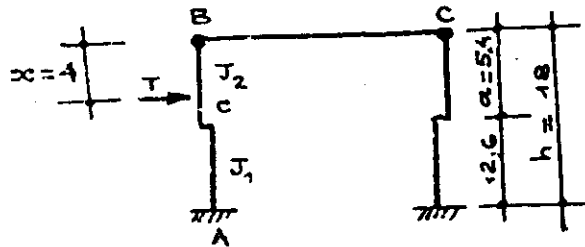
Chú thích: Các hệ số  $K_B$  và  $K_C$  để tính  $M_B$  và  $R_B$  lấy từ bảng 6.2 ứng với  $n = 0,125$  (theo tỷ lệ đường thẳng giữa  $n = 0,1$  và  $0,2$ ) và  $\lambda = 0,3$ .

Ví dụ 6.2. Xác định nội lực khung hình 6.9 (sử dụng bảng 6.1).

$$n = \frac{J_2}{J_1} = 0,1$$

$$\lambda = \frac{a}{h} = 0,3$$

$$\frac{x}{a} = \frac{4}{5,4} = 0,77.$$



Hình 6.9

Chuyển vị đều khung (BC):  $\Delta = X_1$ .

Tính  $r_{1P}$  và  $M_{0P}$

$$r_{1P} = R_B = K_B T = 0,548 T.$$

$$M_C^0 = x \cdot R_B = 4 \cdot 0,548 T = 2,2 T.$$

$$M_A^0 = h \cdot R_B - (h - x) T = T [0,548 \cdot 18 - (18 - 4)] = -4,14 T.$$

Tính  $\Sigma r_{11}$  và  $M_{A1}$

$$\Sigma r_{11} = 2\bar{R}_B = -2K_B \frac{EJ_1}{h^3} = -2 \cdot 2,414 \frac{EJ_1}{h^3}.$$

$$\bar{M}_A = \bar{R}_B \cdot h = -18 \cdot 2,414 \frac{EJ_1}{h^3}.$$

Tính chuyển vị ần

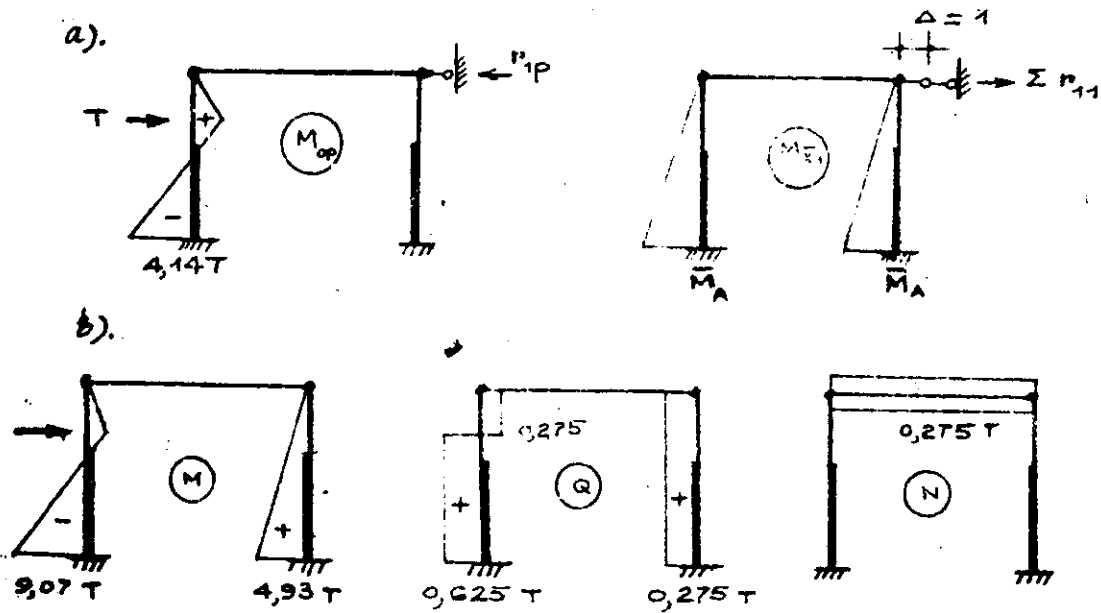
$$\Delta = -\frac{r_{1P}}{\Sigma r_{11}} = \frac{0,548 Th^3}{2 \cdot 2,414 EJ_1}.$$

Nội lực khung (hình 6.10).

$$M_A = M_A^0 + \Delta \cdot \bar{M}_A = -4,14 T - \frac{0,548 T}{2} 18 = -9,07 T.$$

$$M_A' = \Delta \bar{M}_A = -4,93 T.$$

$$M_C = M_C^0 + M_A' \cdot \frac{4}{18} = T \left( 2,2 - 4,93 \times \frac{4}{18} \right).$$



Hình 6.10

- a) Nội lực của hệ cơ bản.  
b) Nội lực khung

§ 65. Nguyên tắc tổ hợp nội lực tĩnh kết cấu khung.

1. Lập bảng nội lực khung. Nội lực khung (M, N, Q) được xác định dưới tác dụng của từng loại tải trọng, sau đó lập thành bảng tổng kết ở bảng tổng kết (bảng 6.3 và 6.5) giới thiệu nội lực khung có sơ đồ liên kết khớp và cứng giữa cột với dầm (hình 6.11 và hình 6.12).

2. Tổ hợp nội lực tĩnh toán. Trên cơ sở các bảng nội lực, tiến hành tổ hợp nội lực tĩnh toán cho từng cấu kiện của khung, bao gồm: cột trên, cột dưới, bu lông neo, chân cột, móng, dầm, liên kết giữa dầm với cột.

Tổ hợp tải trọng dựa theo các nguyên tắc sau:

— Phù hợp với trình tự thi công là tạm lợp lắp lên dầm sau khi dầm đã liên kết (khớp hoặc cứng) với cột khung đúng theo yêu cầu thiết kế.

— Tải trọng tĩnh luôn luôn có mặt trong mọi tổ hợp không phụ thuộc vào dấu của nội lực.

— Đối với khung nhà công nghiệp, lực hãm (T) của cần trục không thể xảy ra khi không có lực đứng ( $D_{max}$ ,  $D_{min}$ ) và ngược lại lực đứng của cần trục có thể xảy ra khi không có lực hãm. Lực đứng tác dụng lên cột đang chịu lực T có thể là  $D_{max}$  hoặc  $D_{min}$ . Trên mỗi cột, lực T có thể có hai chiều tác dụng.

Các vấn đề khác về nguyên tắc tổ hợp xem § 5.

### § 66. Tổ hợp nội lực tính cột.

Để tính cột, ở mỗi tiết diện cần tìm 3 tổ hợp sau

-- Mômen lớn nhất với dấu dương  $M_{max}$  và lực nén tương ứng  $N_{10}$ .

-- Mômen lớn nhất với dấu âm  $M_{min}$  và lực nén tương ứng  $N_{10}$ .

-- Lực nén lớn nhất  $N_{max}$  và mômen tương ứng có khuynh lớn nhất với cả hai dấu âm dương  $M_{10}^{\pm}$ .

Riêng đối với cột dưới rỗng cần tìm  $Q_{max}$  ở tiết diện chân cột để tính thanh giằng hoặc bản giằng.

Xác định tổ hợp nội lực tính bu lông neo: Bu lông neo được tính theo lực kéo lớn nhất. Vì vậy cần tìm tổ hợp lực nén nhỏ nhất  $N_{min}$  và mômen tương ứng có khuynh lớn nhất cả hai dấu âm dương  $M_{10}^{\pm}$ . Ở đây tải trọng tĩnh cần được nhân với giá trị  $\frac{0,9}{1,1}$  để tăng lực kéo cho bu lông neo (trong đó 0,9 và 1,1 là các hệ số thiếu tải và vượt tải của tải trọng tĩnh). Ví dụ về tổ hợp nội lực tính cột xem các bảng 6.4 và bảng 6.6.

### § 67. Tổ hợp nội lực tính dàn gối khớp lên cột.

Dưới tác dụng từng loại tải trọng, trình tự tính nội lực dàn gối khớp lên cột như sau:

-- tính dàn theo sơ đồ gối đơn giản để tìm nội lực từng thanh dàn

-- tính khung để tìm lực dọc trong xà ngang. Lực dọc này chỉ tác dụng lên cánh dưới của dàn.

Vì vậy khi tổ hợp nội lực tính toán thanh dàn chia ra hai trường hợp

-- đối với thanh cánh trên và thanh bụng thì tổ hợp theo nội lực dàn gối đơn giản (xem mục § 48, ví dụ 5.1).

-- đối với thanh cánh dưới cần kể thêm lực dọc trong xà ngang của khung (xem bảng 6.4, N<sup>o</sup> VII).

Cần chú ý rằng lực dọc trong xà ngang của khung cũng đồng thời là lực đập H hoặc lực cắt Q ở đầu cột. Vậy liên kết giữa dàn với cột được tính dưới tác dụng của hai lực: phản lực đứng ở đầu dàn theo sơ đồ dàn gối đơn giản và lực đập nói trên

### § 68. Tổ hợp nội lực tính dàn liên kết cứng với cột.

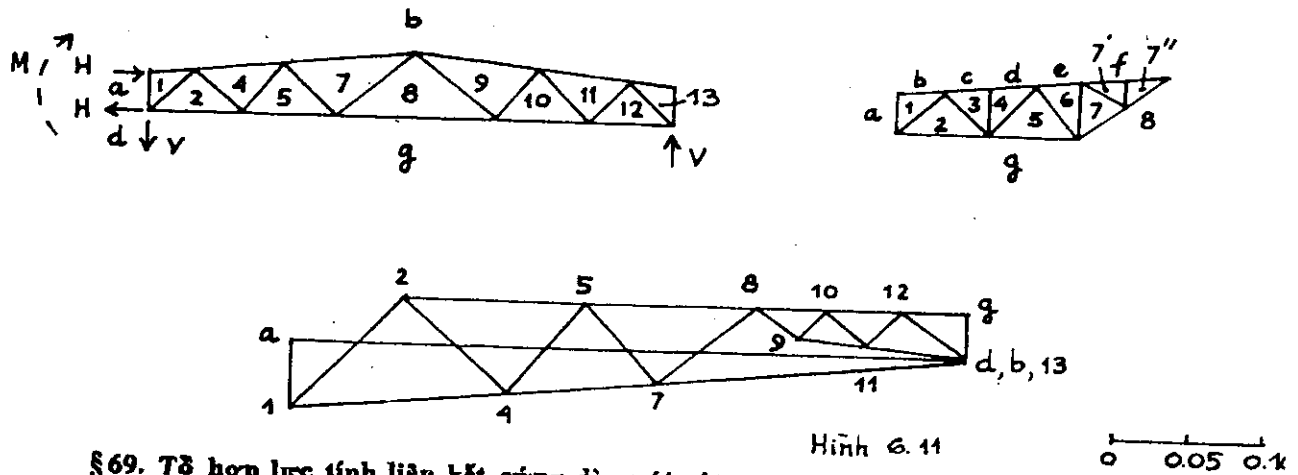
Dưới tác dụng của mỗi tải trọng, nội lực thanh dàn gồm có hai thành phần:

-- thành phần nội lực các thanh của dàn có sơ đồ gối đơn giản.

-- thành phần nội lực (gồm có M, N) của xà ngang trong khung cứng. Trong đó lực dọc của xà ngang N chỉ tác dụng lên cánh dưới của dàn. Các mômen đầu dàn M sẽ gây nội lực các thanh dàn, giá trị các nội lực này được xác định bằng cách dùng giản đồ Crémóna với lực tác dụng là ngẫu lực  $H = M/h_0$  (xem hình 6.11,  $h_0$  là chiều cao đầu dàn).



Vậy khi tìm tổ hợp thì nội lực thanh dàn phải lấy tổng của hai thành phần nói trên, riêng đối với cánh dưới của dàn còn phải kể thêm  $N$ . Cách tổ hợp cụ thể xem ví dụ ở bảng 6.9.



§69. Tổ hợp lực tính liên kết cứng dàn với cột.

Tính liên kết cứng đầu dàn gồm các nội dung sau:

Tính liên kết nút trên chịu các lực đập lớn nhất với dấu dương và âm  $H_t^\pm$ . Các lực đập này được xác định từ các tổ hợp mômen lớn nhất với dấu âm và dương  $M_{min}$   $M_{max}$  ở đầu dàn:

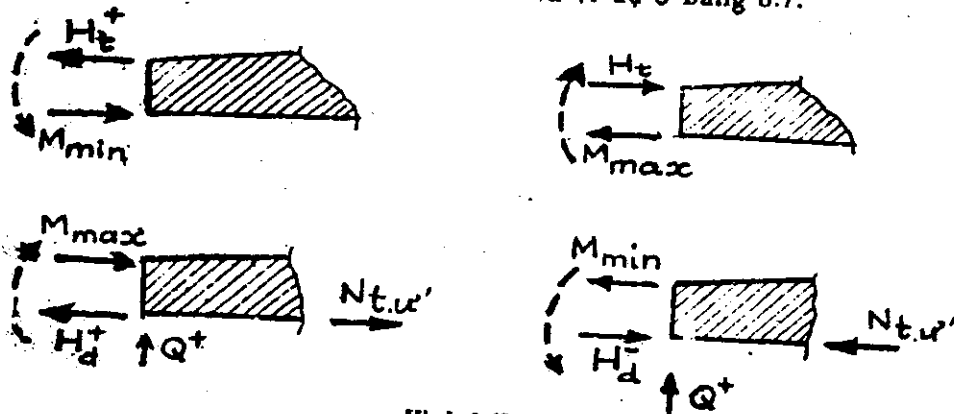
$$H_t^+ = \frac{M_{min}}{h_0}; \quad H_t^- = \frac{M_{max}}{h_0}$$

Tính liên kết nút dưới chịu các lực đập lớn nhất với dấu dương và âm  $H_d^\pm$ , xác định từ các tổ hợp mômen lớn nhất với dấu dương và âm  $M_{max}$   $M_{min}$  ở đầu dàn và lực dọc tương ứng  $N_{t,u}$  trong xà ngang:

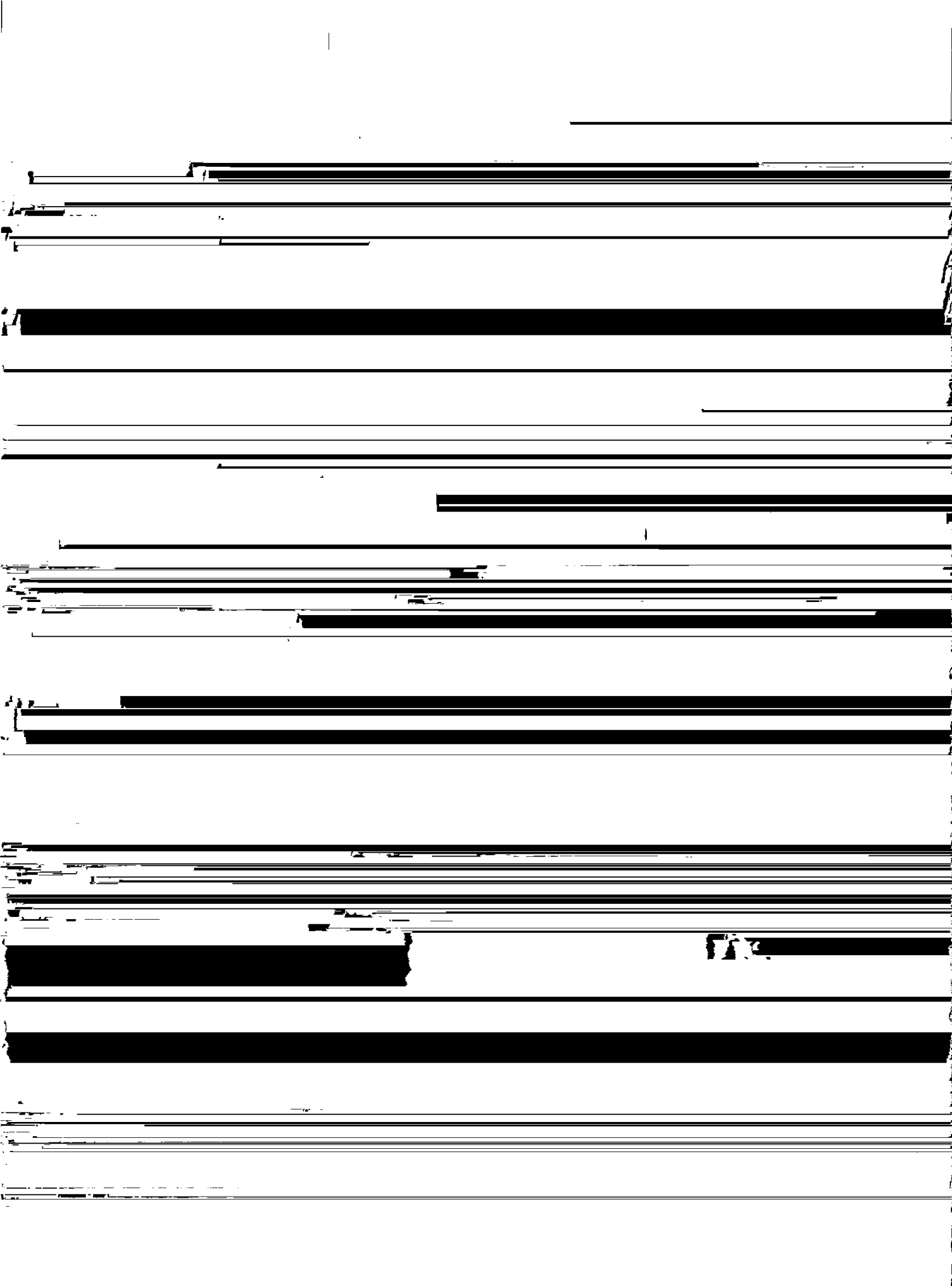
$$H_d^+ = \frac{M_{max}}{h_0} + N_{t,u}$$

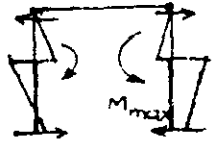

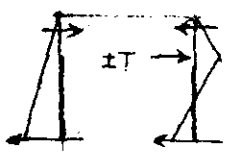
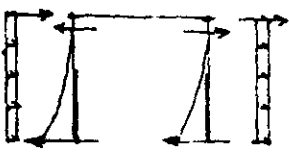
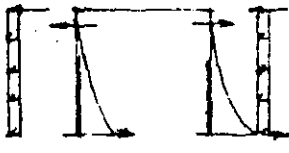
$$H_d^- = \frac{M_{min}}{h_0} + N_{t,u}$$

Ngoài lực  $H_d^\pm$  đã nêu, ở nút dưới còn chịu phản lực đứng ở đầu dàn là tổ hợp lực cắt lớn nhất  $Q^+$  ở đầu dàn. Xem hình 6.12 và ví dụ ở bảng 6.7.



Hình 6.12



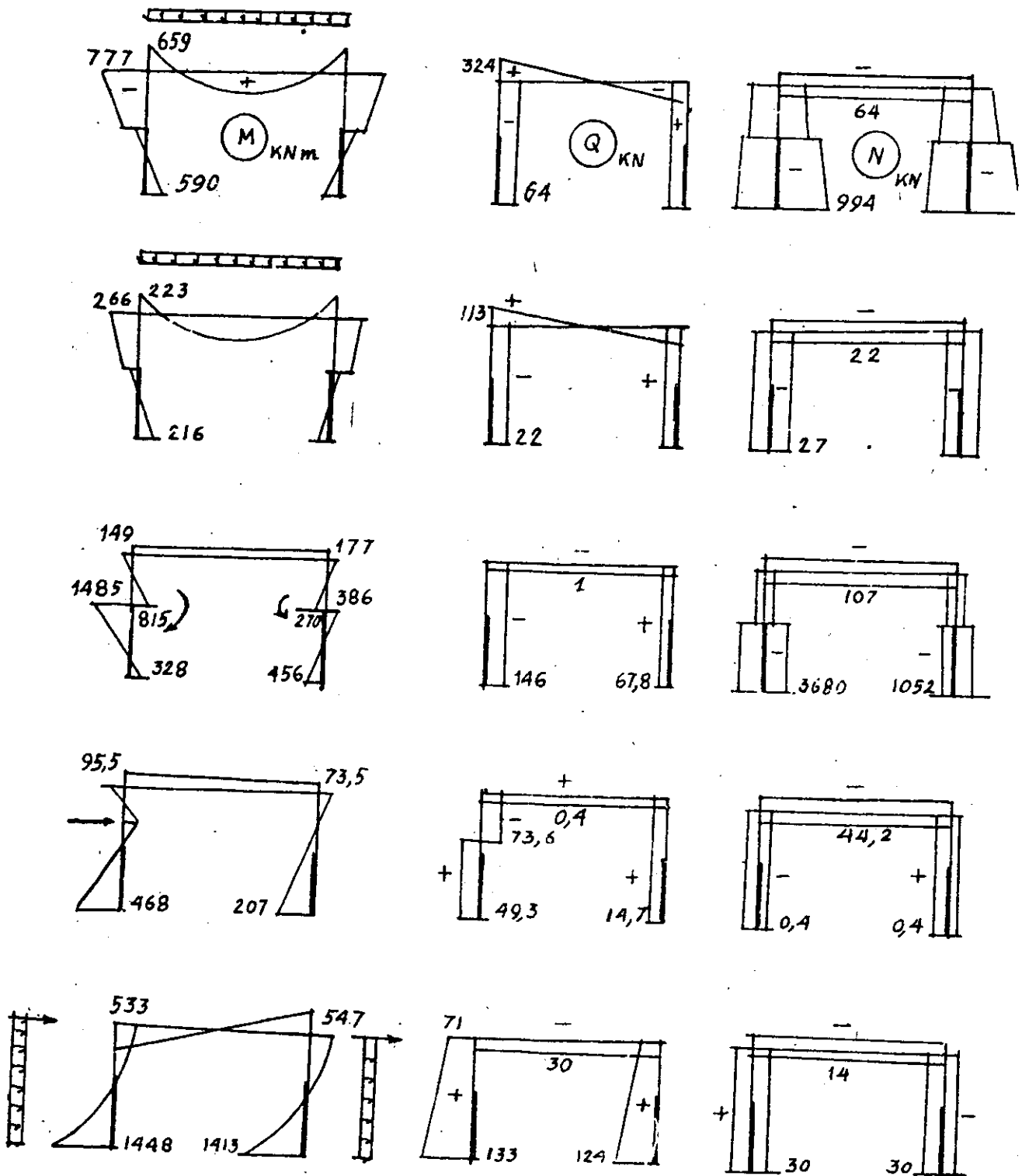
3 <sub>p</sub>	M cầu trục		1	-31,7	185	0	-86	-543	254	-543	31,7
			0,9	-28	167	0	-77,4	-488	229	-133	28
4 <sub>t</sub>	Lực hãm lên cột trái		1	+30,2	+3,6	0	+3,6	0	+528	0	+33,2
			0,9	+27,2	+3,2	0	+3,2	0	+475	0	+29,9
4 <sub>p</sub>	Lực hãm lên cột phải		1	+30,2	+90,6	0	+90,6	0	+256	0	+30,2
			0,9	+27,2	+81,6	0	+81,6	0	+236	0	+27,2
5 <sub>t</sub>	Gió trái		1	-13,7	-227	0	-227	0	-1051	0	-90
			0,9	-12,3	-204	0	-204	0	-945	0	-81
5 <sub>p</sub>	Gió phải		1	-13,7	248	0	242	0	958	0	90
			0,9	-12,3	223	0	223	0	860	0	81

Bảng tổ hợp nội lực tính cột (KN.m, KN). (h. 6.13)

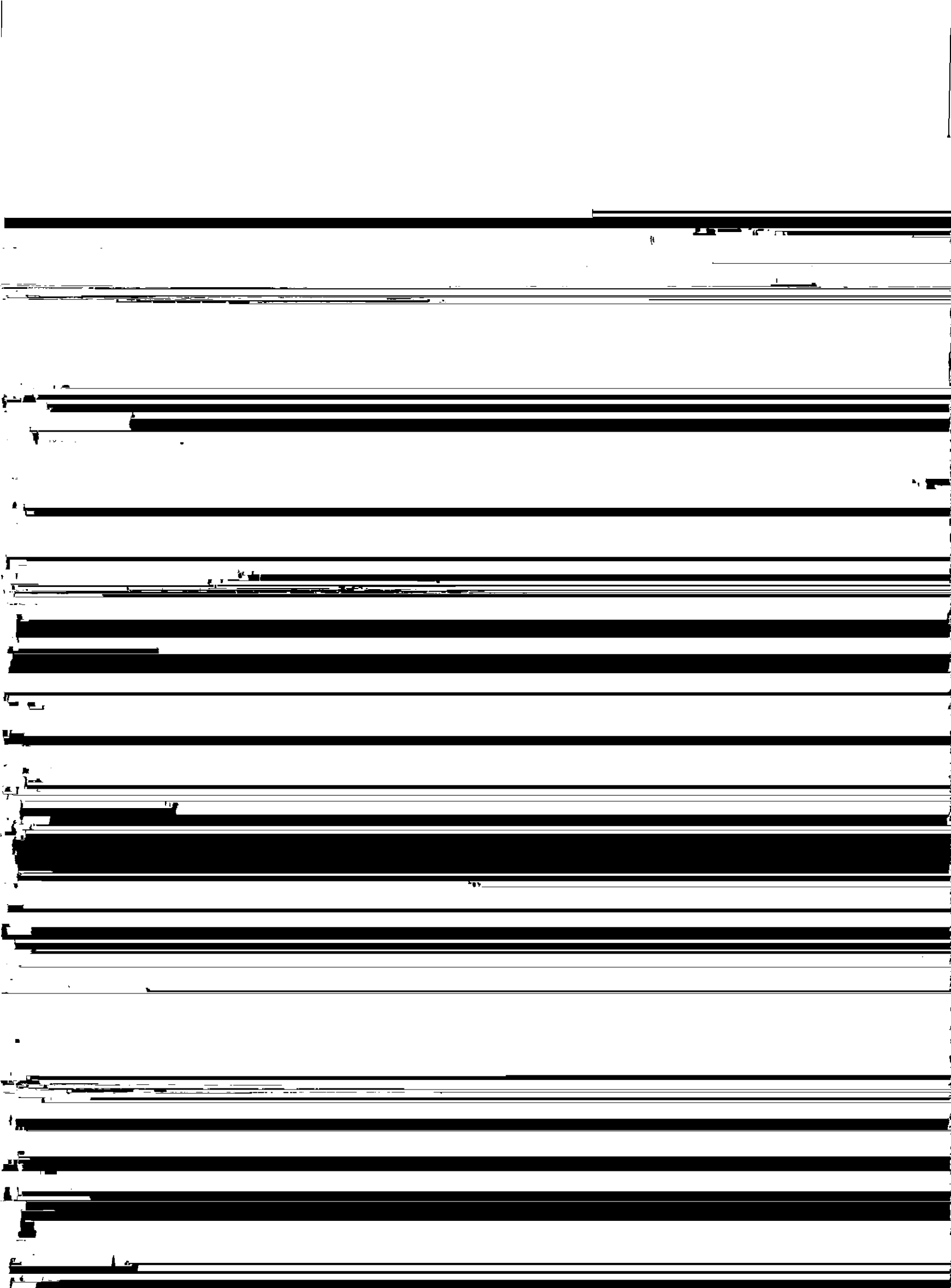
Bảng 6.4

N <sub>tr</sub>	Các tổ hợp lực (đường để chọn tiết diện cột)	Tổ hợp cơ bản	Cột trên		Cột dưới			
			T diện 2-2		3-3		4-4	
			M	N	M	N	M	N
I	M <sub>max</sub> , N <sub>tr</sub>	1	215	-404	314	-404	961,5	-457
			1,5p		1,5p		1,5p	
		2	439	-404	303	-502	1571	-102
			1,3p, 4p, 5p		1, 2, 5p		1, 2, 3p, 4p, 5p	

II	M... N...	1	-280	-404	-580.6	-2100	-1045.5	-457
			1.5t		1. 3t. 4p		1.5t	



Hình 6.14



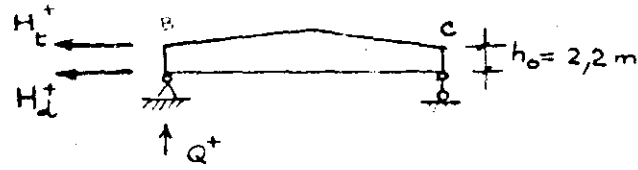
Bảng tổ hợp nội lực tính cốt (KNm, KN) xem hình 6.14

Bảng 6.6

No	Các tổ hợp lực (để chọn tiết diện cột).	Tổ hợp cơ bản	Cột trên				Cột dưới			
			T. diện 1-1		2-2		3-3		4-4	
			M	N	M	N	M	N	M	N
I	$M_{max} \cdot N_{tư}$	1	-241	-693	627	-762	-166	-888	1514	-2046
			1,5t		1, 3t, 4t		1,5p		1,3p,4t	
II	$M_{min} \cdot N_{tư}$	1	-1324	-752	-453	-990	-1684	-4538	450	-4674
			1,5p		1,2		1, 3t, 4t		1, 3t, 4t	
III	$N_{max} \cdot M_{tư}^+$	1	-1778	-954	-469	-940	-1756	-4368	-639	-4277
			1,2, 3p, 4t, 5p		1,2, 5t		1,2, 3t, 4t, 5t		1, 3t, 4t, 5t	
IV	$N_{max} \cdot M_{tư}^-$	1	-1043	-949	-453	-990	-1829	-4538	450	-4674
			1,2		1,2		1,3t, 4t		1, 3t, 4t	
V	Tiết diện 4-4. $Tổ\ hợp\ lực\ cột\ lớn\ nhất\ để\ tính\ thanh\ giằng\ cột\ dưới.$	1	-1751	-954	-441	-994	-1698	-4399	-653	-4481
			1,2, 3p, 4t, 5p		1,2, 5p		1,2, 3t, 4t, 5p		1,2, 3t, 4t, 5t	
VI	Tiết diện 4-4. $N_{min}$ và $M_{tư}^+$ để tính bulông neo	1	$N_{min} = -994 \cdot \frac{0,9}{1,1} + 30 = -783$		$M_{tư}^- = 590 \cdot \frac{0,9}{1,1} - 1448 = -965$		(1, 3t)			
			$N_{min} = -991 \cdot \frac{0,9}{1,1} - 30 = -843$		$M_{tư}^+ = 590 \cdot \frac{0,9}{1,1} + 1413 = 1896$		(1, 5p).			

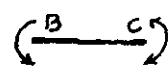
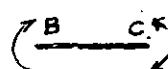
Tổ hợp lực đầu dầm để tính liên kết dầm với cột. (hình 6.14)

Bảng 6.7

<p>Dấu dương của phản lực đầu dầm</p> 	
<p>Lực tính liên kết nút trên</p>	
<p><math>H_c^+</math> (1, 2, 3p, 4t, 5p)</p>	$M_{\min} = -659 - 0,9(223 + 177 + 95,5 + 547) = -1597 \text{ KNm}$ $H_d^+ = \frac{M_{\min}}{h_0} = \frac{-1597}{2,2} = 726 \text{ KN.}$
<p>Lực tính liên kết nút dưới.</p>	
<p><math>H_d^+</math> (1, 5t)</p>	$M_{\max} = -659 + 533 = -126$ $N_{t\grave{a}} = -64 - 14 = -78$ $H_d^+ = \frac{M_{\max}}{h_0} + N_{t\grave{a}} = \frac{-126}{2,2} - 78 = -113$
<p><math>H_d^-</math> (1, 2, 3p, 4t, 5p)</p>	$M_{\min} = -1597$ $N_{t\grave{a}} = -64 - 0,9(22 + 107 + 44,2 + 14) = -232$ $H_d^- = \frac{M_{\min}}{h_0} + N_{t\grave{a}} = -\frac{1597}{2,2} - 232 = -958$
<p><math>Q^+</math> (1, 2, 5p)</p>	$Q^+ = 324 + 113 + 30 = 467$
<p>Lựa chọn</p>	<p>— Không có lực đáp <math>H_c^+</math></p> <p>— Dùng lực <math>H_d^- = -958</math> và <math>Q = 467</math> để tính nút dưới.</p>

Tổ hợp Momen đầu dầm do tải trọng cầu trục và gió.  
(dùng để tính thanh dầm, xem bảng 6.5 và 6.9)

Bảng 6.8

 (3p, 4t, 5p)	$M_{B\min} = 0,9(-177 - 95,5 - 547) = -738$ $M_{C\grave{a}} = 0,9(-149 - 73,5 + 533) = 280$ $N_{t\grave{a}} = 0,9(-107 - 44 - 14) = -149$
 (5t)	$M_{B\max} = 533$ $M_{C\grave{a}} = -547$ $N_{t\grave{a}} = -14$



**Bảng tổ hợp nội lực thanh dầm.**  
(Dầm liên kết cứng với cột, xem hình 6.11 và 6.14)

Bảng 6.9

Loại thanh	Ký hiệu	Nội lực dầm gối đơn giản do					Nội lực dầm dưới tác dụng M đều dầm và lực dọc do						
		tĩnh tải	hoạt tải		M=1 ở đầu dầm		tĩnh tải			hoạt tải			
			1	0,9	B	C	NBC = -64		Tổng	NBC = -22		Tổng	
							M <sub>B</sub> = -659	M <sub>C</sub> = -659		M <sub>B</sub> = -223	M <sub>C</sub> = -223	1	0,9
1	2	3					4			5	6		
Cánh trên	b-1	—	—	—	-0,46	—	303	—	303	103	—	103	93
	c-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	d-4	-567	-188	-189	-0,3	-0,054	198	36	234	67	12	79	71
	e-6	-729	-236	-213	-0,184	-0,09	121	59	180	41	20	61	55
	f-7' f-7''	-775	-248	-223	-0,184	-0,09	121	59	180	41	20	61	55
Cánh dưới	g-2	340	118	106	0,367	0,028	-242	-18	-324	-82	-6	-110	-99
	g-5	674	225	203	0,233	0,074	-153	-48	-265	-52	-16	-90	-81
	g-8	668	214	193	0,114	0,114	-75	-75	-214	-25	-25	-72	-65
Xiên	1-2	-453	-158	-142	0,125	-0,04	-83	26	-57	-28	9	-19	-17
	2-3	283	90	81	-0,1	0,034	66	-22	44	22	-8	14	13
	4-5	-167	-54	-49	0,087	-0,031	-57	20	-37	-19	7	-12	-11
	5-6	70	14	13	-0,071	0,024	47	-16	31	16	-5	11	10
	7-8	70	26	23	0,086	-0,03	-57	20	-37	-19	7	-12	-11
	7''-8	127	42	38	0,086	-0,03	-57	20	-37	-19	7	-12	-11
Đứng	3-4	-31	-21	-19	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6-7	-92	-26	-24	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Chống	7-7'	51	14	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	7''-7''	-54	-15	-14	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Bảng 6.9

Ký hiệu	Nội lực đàn dưới tác dụng M đầu đàn do tải trọng cầu trục và gió (xem bảng 6.8)								Nội lực tính toán ở tổ hợp cơ bản			
	$N_{BC} = -149$		Tổng		$N_{EC} = -14$		Tổng		1		2	
	$M_B = -738$	$M_C = 280$	1	0,9	$M_B = 333$	$M_C = -347$	1	0,9	N	$n_2$	N	$n_2$
				7			8	9				
b-1	339	—	—	339	-245	—	-245	-221	—	—	735	4, 6, 7
c-3	221	-15	—	206	-160	30	-130	-117	—	—	-546	1, 3, 4, 6, 9
e-6	136	-25	—	111	-98	49	-49	-44	—	—	-751	1, 3, 4, 6, 9
f-7'	136	-25	—	111	-88	49	-49	-44	—	—	-807	1, 3, 4, 6, 9
g-2	-271	3	—	-412	196	-15	167	150	—	—	-396 173	1, 4, 7, 1, 3, 4, 6, 9
g-5	-171	21	—	-299	124	-10	70	63	—	—	594	1, 3, 4, 6, 9
g-8	-84	-32	—	-201	61	-62	-15	-14	596	1, 2, 4, 5	—	—
1-2	-92	-11	—	-103	67	22	89	80	—	—	-772	1, 3, 4, 6, 7
2-3	74	10	—	84	-53	-19	-72	-65	—	—	505	1, 3, 4, 6, 7
4-5	-64	-9	—	-73	46	17	63	57	—	—	-337	1, 3, 4, 6, 7
5-6	52	7	—	59	-38	-13	-51	-46	—	—	183	1, 3, 4, 6, 7
7-8	-63	-8	—	-71	46	16	62	56	—	—	-25 101	1, 3, 4, 6, 7, 1, 3, 4, 6, 9
7''-8	-63	-8	—	-71	46	16	62	56	—	—	173	1, 3, 4, 6, 9
3-4	—	—	—	—	—	—	—	—	-73	1, 2	—	—
6-7	—	—	—	—	—	—	—	—	-118	1, 2	—	—
7-7'	—	—	—	—	—	—	—	—	65	1, 2	—	—
7'-7''	—	—	—	—	—	—	—	—	-69	1, 2	—	—

§ 70. Chiều dài tính toán cột.

1. Công thức tính:  $l_0 = \mu l$ .

$l_0, l, \mu$  - Chiều dài tính toán, chiều dài hình học và hệ số chiều dài tính toán cột.

2. Chiều dài tính toán cột trong mặt phẳng khung:

a) Cột tiết diện thay đổi. Chiều dài tính toán cột dưới và cột trên xác định theo  $\mu_1$  và  $\mu_2$ .

Sơ đồ cột khung.	Hệ số $\mu$ khi $\frac{J_2}{J_1} \leq 0,6$ và $\frac{N_1}{N_2} \geq 3$		
	$\mu_1$		$\mu_2$
	$0,3 \geq \frac{J_2}{J_1} \geq 0,1$	$0,1 \geq \frac{J_2}{J_1} \geq 0,05$	
	2,5	3	3
	2	2	3
	1,6	2	2,5
	1,2	1,5	2

b) Cột tiết diện không đổi.

Sơ đồ cột khung. (1)	Hệ số $\mu$ khi $K = \frac{J_d}{L} \times \frac{L}{J_c}$							
	0	0,2	0,3	0,5	1	2	3	$\geq 10$
	2	1,5	1,4	1,28	1,16	1,08	1,06	1
	-	3,42	3	2,63	2,33	2,17	2,11	2

### 3. Chiều dài tính cột ngoài mặt phẳng khung :



Chiều dài tính toán bằng các chiều dài hình học tương ứng  $l, l_1, l_2$ .

§ 71. Ví dụ. Tính cột khung hình 6.13. Xem bảng 6.4.

1. Xác định chiều dài tính toán cột.

Tỷ số chiều dài cột :  $\frac{l_2}{l_1} = \frac{6}{11} = 0,546 < 0,6$ .

Tỷ số lực nén lên tiết diện 2 và 4  $\frac{N_1}{N_2} = \frac{2140}{498} = 4,3 > 3$ .

Lấy  $\mu_1 = 3$  và  $\mu_2 = 3$  (xem § 70) chiều dài tính toán cột trong mặt phẳng khung.

$$l_{1x} = \mu_1 \cdot l_1 = 3 \cdot 11 = 33\text{m.}$$

$$l_{2x} = \mu_2 \cdot l_2 = 3 \cdot 6 = 18\text{m.}$$

Trong đó  $l_1$  — khoảng cách từ mặt móng đến mặt dưới dầm cầu trục (chiều dài cột dưới)

$l_2$  — khoảng cách từ mặt dưới dầm cầu trục đến mặt dưới của dầm (chiều dài cột trên).

2. Chọn tiết diện cột trên.

Cột trên dùng tiết diện dẹt, chữ I. Chọn cấp nội lực tính toán

$$M = 432\text{KNm và } N = 489\text{KN.}$$

Chọn tiết diện sơ bộ.

Độ lệch tâm  $e = \frac{M}{N} = \frac{432}{489} = 0,88\text{m.}$

Tiết diện chữ I có chiều cao tiết diện chọn trước là 50 cm và giá trị gần đúng bán kính quán tính là :

$$r_x = 0,24h = 0,24 \cdot 50 = 21\text{cm.}$$

Độ mảnh cột  $\lambda_x = \frac{l}{r_x} = \frac{1800}{21} = 85$ .

Độ mảnh qui ước :  $\bar{\lambda}_x = \lambda_x \sqrt{\frac{R}{E}} = 85 \sqrt{\frac{21000}{21 \cdot 10^6}} = 85 \cdot 0,03162 = 2,688$ .

Bán kính lõi tiết diện :  $\rho_x = \frac{W_x}{F} = \frac{2J_x}{h \cdot F} = 2 \frac{r_x^2}{h} = \frac{2 \cdot 21^2}{50} = 17,6 \text{ cm.}$

Độ lệch tâm tương đối :  $m_x = \frac{e}{\rho_x} = \frac{88}{17,6} = 5.$

Hệ số ảnh hưởng hình dáng tiết diện :

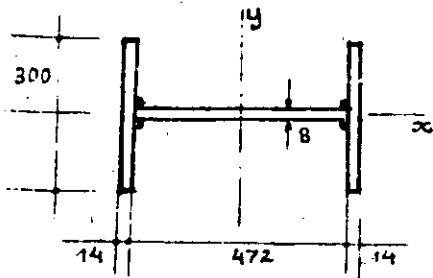
$$\eta = 1,2 - 0,04\bar{\lambda} = 1,2 - 0,04 \cdot 2,688 = 1,09$$

Độ lệch tâm tương đương :

$$m_1 = \eta m_x = 1,09 \cdot 5 = 5,45.$$

Hệ số nén lệch tâm (xem § 42, bảng 4.1).

$$\varphi_{lt} = 0,184.$$



Hình 6.15

Diện tích tiết diện yêu cầu :

$$F_{yc} = \frac{N}{\varphi_{lt} R} = \frac{489}{0,184 \cdot 21} = 126,5 \text{ cm}^2.$$

Sơ bộ chọn tiết diện như sau (h. 6.15)

Bán cánh : 2 — 14 × 300 ;  $F_c = 84 \text{ cm}^2.$

Bán bụng : — 8 × 468 ;  $F_b = 37,76 \text{ cm}^2.$

Tổng diện tích :  $F = 121,76 \text{ cm}^2.$

Kiểm tra tiết diện về ổn định trong mặt phẳng uốn. Tính chính xác các đặc trưng và các thông số :

$$J_x = 0,8 \times 47,2^2 \frac{1}{12} + 84 \cdot 24,3^2 = 56611 \text{ cm}^4$$

$$r_x = \sqrt{\frac{J_x}{F}} = \sqrt{\frac{56611}{121,76}} = 21,56 \text{ cm.}$$

$$\rho_x = \frac{W_x}{F} = \frac{56611}{25 \cdot 121,76} = 18,6 \text{ cm.}$$

$$\lambda = \frac{l}{r_x} = \frac{1800}{21,56} = 83,5$$

$$\bar{\lambda} = 83,5 \cdot 0,03162 = 2,64.$$

$$m = \frac{e}{\rho_x} = \frac{88}{18,6} = 4,73.$$

$$\eta = (1,4 - 0,04m) - 0,04\bar{\lambda} = (1,4 - 0,04 \cdot 4,73) - 0,04 \cdot 2,64 = 1,1054.$$

$$m_1 = \eta m = 1,1054 \cdot 4,73 = 5,28.$$

$$\varphi_{lt} = 0,194$$

Ứng suất kiểm tra :

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_{lt} F} = \frac{489}{0,194 \cdot 121,76} = 2070 \text{ daN/cm}^2 < R = 2100 \text{ daN/cm}^2.$$

Vậy tiết diện đã chọn bảo đảm khả năng ổn định trong mặt phẳng uốn.

Kiểm tra ổn định ngoài mặt phẳng uốn.

Nội lực tính toán :

$N = 489 \text{ KN}$  và

$$M_1 = \frac{2}{3} M_x = \frac{2}{3} 432 = 288 \text{ KNm} \quad (M_1 \text{ là giá trị momen lớn nhất trong phạm vi đoạn } \frac{1}{3} \text{ giữa của cột trên - xem §42}).$$

Độ lệch tâm

$$e_x = \frac{M}{N} = \frac{288}{489} = 0,59 \text{ m}.$$

$$\text{Độ lệch tâm tương đối} \quad m = \frac{e_x}{\rho_x} = \frac{59}{18,6} = 3,17.$$

$$\text{Các đặc trưng tiết diện} \quad J_y = 2 \cdot \frac{1,4 \cdot 30^3}{12} = 6300 \text{ cm}^4.$$

$$r_y = \sqrt{\frac{J_y}{F}} = \sqrt{\frac{6300}{121,76}} = 7,2 \text{ cm}$$

Chiều dài tính toán cột ngoài mặt phẳng uốn  $l_{2x}$  lấy bằng khoảng cách từ mặt trên của dầm cầu trục đến mặt dưới của dầm :

$$\begin{aligned} l_{2x} &= l_x - h_{ct} \quad (\text{chiều cao dầm cầu trục } 1,6 \text{ m}) \\ &= 6 - 1,6 = 4,4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Độ mảnh cột : } \lambda_y = \frac{l_{2x}}{r_y} = \frac{440}{7,2} = 62$$

Các hệ số  $\alpha$  và  $\beta$  (xem §42 và bảng 4.3)

$$\alpha = 0,7 + 0,05 (m - 1) = 0,7 + 0,05 (3,17 - 1) = 0,809.$$

$$\beta = 1 \quad \text{vì } \lambda_y = 62 < \lambda_0 = 100.$$

Hệ số uốn dọc ứng với  $\lambda_y = 62$  là  $\varphi_y = 0,810$  (xem §38).

$$\text{Hệ số } C = \frac{\beta}{1 + \alpha m} = \frac{1}{1 + 0,809 \cdot 3,17} = 0,28$$

Ứng suất kiểm tra :

$$\sigma = \frac{N}{C \varphi_y F} = \frac{489}{0,28 \cdot 0,81 \cdot 121,76} = 17,7 \text{ KN/cm}^2 < R = 21 \text{ KN/cm}^2.$$

Vậy cột bảo đảm ổn định ngoài mặt phẳng uốn.

Kiểm tra ổn định cục bộ. Nội dung phương pháp kiểm tra ổn định bản bụng và bản cánh của cột xem mục §44.

### 3. Chọn tiết diện cột dưới :

Cột dưới cũng dùng thép CT3. Tiết diện rỗng, thanh giằng. Từ bảng 6.4, chọn hai cặp lực để tính :

$$M_1 = 1056 \text{ KNm} \text{ và } N_1 = 2052 \text{ KN.}$$

$$M_2 = -1699 \text{ KNm} \text{ và } N_2 = 2052 \text{ KN.}$$

Chọn tiết diện nhánh má. Nhánh má được tính như thanh nén đúng tâm.

Lực nén lên nhánh má :

$$N_m = \frac{N_1}{2} + \frac{M_1}{h} = \frac{2052}{2} + \frac{1056}{1} = 2082 \text{ KN}$$

trong đó :  $h_1 = 1\text{m}$  — chiều cao tiết diện cột rỗng.

Diện tích yêu cầu của nhánh được tính theo giả thiết  $\varphi = 0,85$  :

$$F_{yc} = \frac{N_m}{\varphi R} = \frac{2082}{0,85 \cdot 21} = 114 \text{ cm}^2$$

Tiết diện được bố trí gồm (xem hình 6.16) :

$$2L 100 \times 12 \text{ với } F_g = 45,8 \text{ cm}^2.$$

$$- 470 \times 14 \text{ với } F_b = 65,8 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Tổng diện tích } F = 111,4 \text{ cm}^2.$$

Tính trọng tâm nhánh má.

$$a = \frac{F_g(z_g + \delta/2)}{F_g + F_b} = \frac{45,6(2,91 + 0,7)}{111,4} = 1,48 \text{ cm}$$

$$z = a + \frac{\delta}{2} = 1,48 + 0,7 = 2,18. \text{ Lấy } 2,2 \text{ cm}$$

Tính  $J$  và  $r$  của nhánh

$$J_{xx} = 65,8 \cdot (2,2 - 0,7)^2 + 2[209 + 45,8(2,91 + 1,4 - 2,2)^2] = 972 \text{ cm}^4$$

$$J_{yy} = \frac{1,4 \cdot 47^3}{12} + 2 \left[ 209 + \frac{45,6}{2} (2,6 - 2,91)^2 \right] = 35441 \text{ cm}^4.$$

$$r_{xx} = \sqrt{\frac{972}{111,4}} = 3 \text{ cm}; \quad r_{yy} = \sqrt{\frac{35441}{111,4}} = 17,8 \text{ cm}$$

(trong đó 209 là  $J_g$  của  $L 100 \times 12$ ).

Chiều dài tính toán của nhánh :

— Trong mặt phẳng khung (đối với trục  $x_m$ ) lấy theo khoảng cách nút của thanh giằng bằng chiều cao tiết diện cột là  $l_{xm} = 1m$ .

— Ngoài mặt phẳng khung lấy bằng khoảng cách nút của giằng cột là  $l_y = 11m$ .

Độ mảnh của nhánh.

$$\lambda_{xm} = \frac{100}{3} = 33 ; \lambda_{ym} = \frac{1100}{17,8} = 61,8.$$

Tương ứng với  $\lambda_{max} = 61,8$  dùng bảng tra có  $\varphi = 0,815$ .

Tiết diện nhánh cầu trục.

$$\text{Lực nén } N_{ct} = \frac{N_2}{2} + \frac{M_2}{h} = \frac{2052}{2} + \frac{1699}{1} = 2725 \text{ KN}$$

Giả thiết  $\varphi = 0,8$

$$\text{Diện tích yêu cầu : } F_{yc} = \frac{2725}{0,8 \cdot 21} = 162 \text{ cm}^2$$

Bố trí tiết diện (h. 8.16):

Bản cánh :  $2 - 25 \times 2$  ;  $F_c = 100 \text{ cm}^2$

Bản bụng :  $48 \times 14$  ;  $F_b = 67,2 \text{ cm}^2$

Tổng diện tích  $F = 167,2 \text{ cm}^2$

Tính các đặc trưng hình học :

$$J_{xct} = 2 \cdot \frac{2 \cdot 25^3}{12} = 5208 \text{ cm}^4,$$

$$J_{yct} = 1,4 \cdot \frac{48^3}{12} + 100 \cdot 24^2 = 70502 \text{ cm}^4$$

$$r_{xct} = \sqrt{\frac{5208}{167,2}} = 5,6 \text{ cm} ; r_{yct} = \sqrt{\frac{70502}{167,2}} = 20,53 \text{ cm}$$

$$\lambda_{xct} = \frac{100}{5,6} = 18 ; r_{yct} = \frac{1100}{20,53} = 54.$$

Tương ứng  $\lambda_{max} = 54$ , có  $\varphi = 0,844$ .

Kiểm tra ổn định từng nhánh.

Trọng tâm tiết diện cột

$$y_1 = \frac{111,4 \cdot (100 - 2,2)}{111,4 + 167,2} = 39,1 \text{ cm.}$$

$$y_2 = 100 - 2,2 - 39,1 = 58,7 \text{ cm.}$$



Lực tác dụng lên các nhánh

$$N_m = \frac{2052 \cdot 39,1}{97,8} + \frac{1056}{0,978} = 1900 \text{ KN}$$

$$N_{ct} = \frac{2052 \cdot 58,7}{97,8} + \frac{1609}{0,978} = 2939 \text{ KN.}$$

Ứng suất kiểm tra :

$$\text{Nhánh mái : } \sigma = \frac{1900}{0,815 \cdot 111,4} = 20,92 \text{ KN/cm}^2$$

$$\text{Nhánh cầu trục : } \sigma = \frac{2939}{0,814 \cdot 167,2} = 20,82 \text{ KN/cm}^2.$$

Chọn tiết diện thanh bụng giằng.

Góc nghiêng thanh xiên là  $45^\circ$

$$\text{Chiều dài thanh xiên } l = \frac{1\text{m}}{\cos 45^\circ} = \frac{1}{0,71} = 1,41\text{m}$$

$$\text{Lực cắt, qui ước } Q_{qv} = 0,2 F = 0,2 (111,4 + 167,2) = 55, \text{ KN.}$$

Lực cắt thực tế (xem bảng 6.4)

$$Q = 123,5 \text{ KN} > Q_{qv}.$$

Lực nén trong thanh xiên do Q gây ra.

$$N = \frac{Q}{2 \cdot \sin 45^\circ} = \frac{123,5}{2 \cdot 0,71} = 87 \text{ KN}$$

Diện tích yêu cầu (giả thiết  $\varphi = 0,6$ )

$$F_{yo} = \frac{N}{m R_\varphi} = \frac{87}{0,75 \cdot 21 \cdot 0,6} = 9 \text{ cm}^2.$$

Chọn 1 thép góc L 80  $\times$  5,5 (có  $F = 8,63 \text{ cm}^2$  và  $r_{\min} = 1,59$ )

$$\text{Độ mảnh } \lambda_{\max} = \frac{141}{1,59} = 89. \text{ Tương ứng có } \varphi_{\min} = 0,67$$

Ứng suất kiểm tra :

$$\sigma = \frac{87}{0,75 \cdot 8,63 \cdot 0,67} = 20,06 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2} < R = 21 \text{ KN/cm}^2$$

Liên kết thanh xiên vào nhánh cột dùng đường hàn góc  $h_h = 6 \text{ mm}$ , que hàn E42, hàn tay. Chiều dài đường hàn sống và mép.

$$l_{hs} = \frac{0,7 N}{m \cdot 0,7 h_h R_g^h} + 1 \text{ cm} = \frac{87}{0,75 \cdot 0,6 \cdot 15} + 1 = 14 \text{ cm}$$

$$l_{hm} = \frac{0,3 N}{m \cdot 0,7 h_h R_g^h} + 1 = 7 \text{ cm}$$

Thanh giằng ngang lấy cấu tạo bằng thanh xiên.

Kiểm tra ổn định tổng thể của cột dưới,

Tính các giá trị

$$\begin{aligned} J_x &= J_{xm} + F_m y_1^2 + J_{xct} + F_{ct} y_1^2 \\ &= 972 + 111,4 \cdot 58,7^2 + 5208 + 167,2 \cdot 39,1^2 \\ &= 645646 \text{ cm}^4. \end{aligned}$$

$$r_x = \sqrt{\frac{J_x}{F}} = \sqrt{\frac{645646}{278,6}} = 48 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \frac{l_{ix}}{r_x} = \frac{3300}{48} = 69.$$

$$\lambda_{td} = \sqrt{\lambda_x^2 + 27 \frac{F}{F_g}} = \sqrt{69^2 + 27 \frac{278,6}{2 \cdot 8,63}} = 73$$

$$\bar{\lambda} = 73 \cdot 0,03162 = 2,31$$

Kiểm tra tiết diện theo cặp lực:

$$M_1 = 1056 \text{ KNm và } N = 2052 \text{ KN.}$$

Độ lệch tâm tương đối  $m$  (tính theo  $W_x$  phía nén nhiều)

$$m = \frac{e}{\rho} = \frac{M_1 y_1 \cdot F}{N_1 J_x} = \frac{105600}{2052} \times \frac{58,7 \cdot 278,6}{645646} = 1,38$$

Theo  $\bar{\lambda} = 2,31$  và  $m = 1,38$  tra bảng 1.4 có  $\varphi_{lt} = 0,355$

Ứng suất kiểm tra:

$$\sigma = \frac{N_1}{\varphi_{lt} F} = \frac{2052}{0,355 \cdot 278,6} = 20,75 < R = 21 \text{ KN/cm}^2$$

Kiểm tra theo cặp lực:

$$M_2 = -1699 \text{ KNm và } N = 2052 \text{ KN.}$$

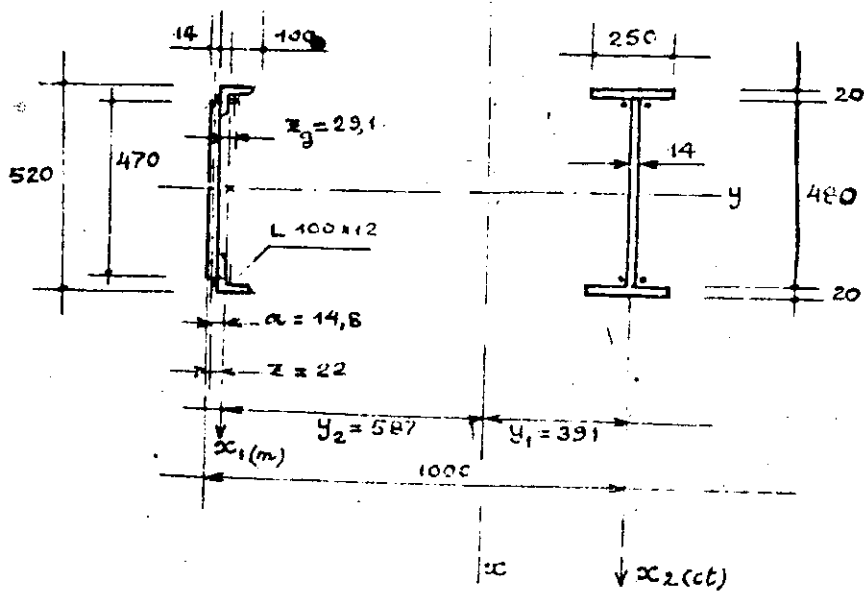
$$m = \frac{169900}{2052} \cdot \frac{39,1 \cdot 278,6}{645646} = 1,39$$

Theo  $\bar{\lambda} = 2,31$  và  $m = 1,39$  có  $\varphi_{lt} = 0,355$

Ứng suất kiểm tra:

$$\sigma = \frac{N_2}{\varphi_{lt} F} = \frac{2052}{0,355 \cdot 278,6} = 20,77 \text{ KN/cm}^2.$$

Vậy cột được bảo đảm ổn định tổng thể.



Hình 6.16

4. Nối cột trên và dưới (hình 6.17)

Dùng hai cặp lực để tính

$$M_1 = 432 \text{ KNm} \quad \text{và} \quad N_1 = 489 \text{ KN.}$$

$$M_2 = -245 \text{ KNm} \quad \text{và} \quad N_2 = 489 \text{ KN}$$

Nối cánh ngoài.

Lực tác dụng:

$$P_1 = \frac{M_1}{h} + \frac{N_1}{2} = \frac{432}{0,5} + \frac{489}{2} = 1108,5 \text{ KN}$$

Dùng bản ốp  $\delta = 14 \text{ mm}$ . Liên kết với ảnh bằng hai đường hàn góc dọc  $h_h = 16 \text{ mm}$ , với chiều dài đường hàn là:

$$i_h = \frac{P_1}{2 \cdot 0,7 h_h \cdot R_g^h} = \frac{1108,5}{2 \cdot 0,7 \cdot 1,6 \cdot 15} = 33 \text{ cm}$$

Chiều dài bản ốp:

$$l = 2(33 + 2) = 70 \text{ cm}$$

Nối cánh trong:

Lực tác dụng:

$$P_2 = \frac{M_2}{h} + \frac{N_2}{2} = \frac{245}{0,5} + \frac{489}{2} = 735 \text{ KN.}$$

Tính chiều cao 4 đường hàn góc liên kết cánh trong với bụng của dầm vai có chiều cao  $h_v = 48 \text{ cm}$ :

$$h_h = \frac{735}{4 \cdot 0,7 \cdot (48 - 1) \cdot 15} = 0,4 \text{ cm. Lấy } h_h = 8 \text{ mm.}$$

Tính dầm vai (h. 6.17)

Bề dày bụng dầm vai xác định theo điều kiện ép mặt dưới tác dụng của  $D_{max}$ . vì  
đủ lực cho trước  $D_{max} = 1682$  KN.

$$\delta_v = \frac{D_{max}}{z \cdot R_{em}} = \frac{1682}{(34 + 2 \cdot 2) 3200} = 1,38 \text{ cm. Lấy } \delta_v = 1,4 \text{ cm.}$$

trong đó :  $z = b_{ct} + 2\delta_c$  — phạm vi chịu ép mặt của bụng dầm vai.

$b_{ct}$  — bề rộng sườn gối tựa của dầm cầu trục.

$\delta_c$  — bề dày cánh dầm vai.

Tính chiều cao đường hàn liên kết bụng dầm vai với nhánh mái  $h_{h_1}$  (có 2 đường hàn)  
và với nhánh cầu trục  $h_{h_2}$  (có 4 đường hàn).

$$h_{h_1} = \frac{1}{2} P_2 \cdot \frac{1}{0,7(l_h - 1)R_g^h \cdot 2} = \frac{367,5}{2 \cdot 0,7 \cdot 47 \cdot 15} = 0,4; \text{ Lấy } 8 \text{ mm}$$

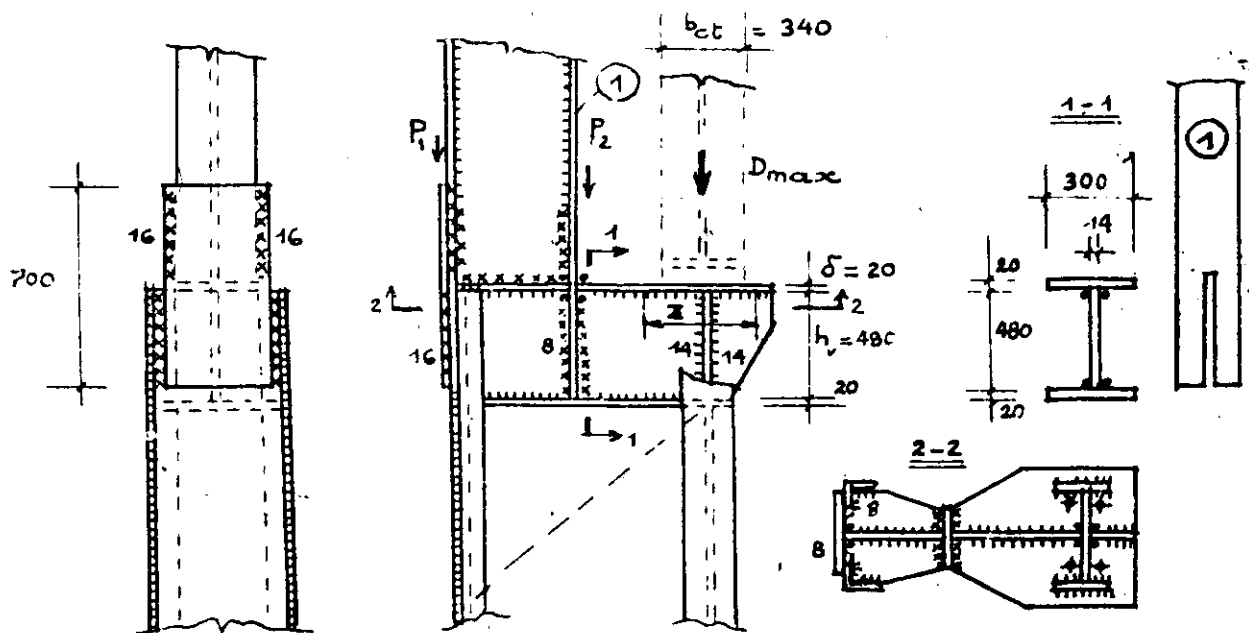
$$h_{h_2} = \left( \frac{1}{2} P_2 + D_{max} \right) \frac{1}{4 \cdot 0,7(l_h - 1)R_g^h} = \frac{367,5 + 1682}{4 \cdot 0,7 \cdot 47 \cdot 15} = 1,04 \text{ cm.}$$

Lấy 14mm.

Dầm vai có tiết diện : bụng —  $1,4 \times 48$ cm và 2 cánh —  $2 \times 30$ cm. Dầm vai làm việc  
như dầm đơn giản nhịp 1m chịu lực  $P_2$  ở giữa dầm.

Momen lớn nhất trong dầm :

$$M = \frac{P_2 \cdot l}{4} = \frac{735}{4} = 184 \text{ KNm.}$$



Hình 6.17

Kiểm tra ứng suất trong đường hàn (2 đường hàn có  $h_h = 1,4\text{cm}$ ) liên kết cánh dầm vai với cánh trong của cột.

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{18400}{3470} = 5,3 < R_g^h = 15 \text{ KN/cm}^2$$

trong đó  $W = \frac{1}{26} \left[ \frac{1}{12} (1,4 \cdot 48^3) + 2 \cdot 60 \cdot 25^2 \right] = 3470 \text{cm}^3$ .

Vậy dầm vai đủ khả năng chịu lực.

### §72. Tính liên kết đầu dầm với cột.

Trường hợp đầu dầm gối khớp lên cột xem cấu tạo đã giới thiệu ở mục §59.

Mục này trình bày cấu tạo và tính toán liên kết cứng dầm với cột. Dầm liên kết cứng với cột nhờ hai nút trên và dưới ở đầu dầm (hình 6.18). Các liên kết này có bản mắt m, bản gối g và các bulông. Riêng nút dưới còn có bản đỡ đ.

Ở nút dưới bản mắt cấu tạo không đối xứng vì có thanh xiên. Để giảm kích thước bản mắt, điểm hội tụ các thanh dầm tại nút được bố trí ở biên cột.

Hai đường hàn đường 1 liên kết giữa bản mắt và bản gối tính theo lực đập  $H_d$  (là lực có giá trị tuyệt đối lớn nhất lấy từ  $H_d^+$  và  $H_d^-$ ) và phản lực A ở đầu dầm, xem §69. Ứng suất kiểm tra trong đường hàn 1 là.

$$\sigma = \sqrt{\sigma_H^2 + \sigma_A^2} \leq R_g^h$$

$$\sigma_H = \frac{H_d}{2 \cdot 0,7h_h(l_1 - 1)} + \frac{6H_d e}{2 \cdot 0,7h_h(l_1 - 1)^2}$$

$$\sigma_A = \frac{A}{2 \cdot 0,7h_h(l_1 - 1)}$$

e — Độ lệch tâm giữa lực  $H_d$  và tâm đường hàn  $l_1$ .

Bản gối liên kết với cánh cột bằng 6 ~ 8 bu lông. Bu lông chịu lực đập kéo  $H_d^+$  với độ lệch tâm e. Quy ước rằng liên kết bu lông quay quanh trục O của hàng đỉnh bu lông trên cùng, nên lực kéo lớn nhất trong hàng đỉnh bu lông dưới cùng được kiểm tra theo công thức:

$$N_{\max} = \frac{H_d^+ \cdot z y_1}{\sum y_i^2} \leq \frac{\pi d_b^2}{4} R_b$$

z — Khoảng cách từ  $H_d^+$  tới bu lông trên cùng

$y_1$  — Khoảng cách hai bu lông ngoài cùng

$y_i$  — Khoảng cách từ các bu lông đến bu lông trên cùng

$d_b$  — Đường kính bu lông qua tiết diện ren

$R_b$  — Cường độ tính toán chịu kéo của bu lông, xem §14.

Nếu nút dưới không có  $H_d^+$  thì đặt cấu tạo 6 bu lông  $\varnothing 20 \text{mm}$

Bản gối được tính như bản ngàm giữa hai hàng bu lông có bề rộng là b. Mô-men bản gối có giá trị

$$M = \frac{H_d^+ b}{8}$$

và ứng suất của bản gối được kiểm tra theo công thức

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{H_d^+ b}{\delta} \cdot \frac{l_1 \cdot \delta^2}{6} = \frac{3H_d^+ b}{4l_1 \delta^2} \leq R.$$

Mặt khác bản gối còn được kiểm tra theo điều kiện ép mặt với bản đỡ dưới tác dụng lực A :

$$\sigma = \frac{A}{F} = \frac{A}{a \cdot \delta} = R_{em}$$

trong đó : a, l<sub>1</sub>, δ — bề rộng, dài và bề dày của bản gối.

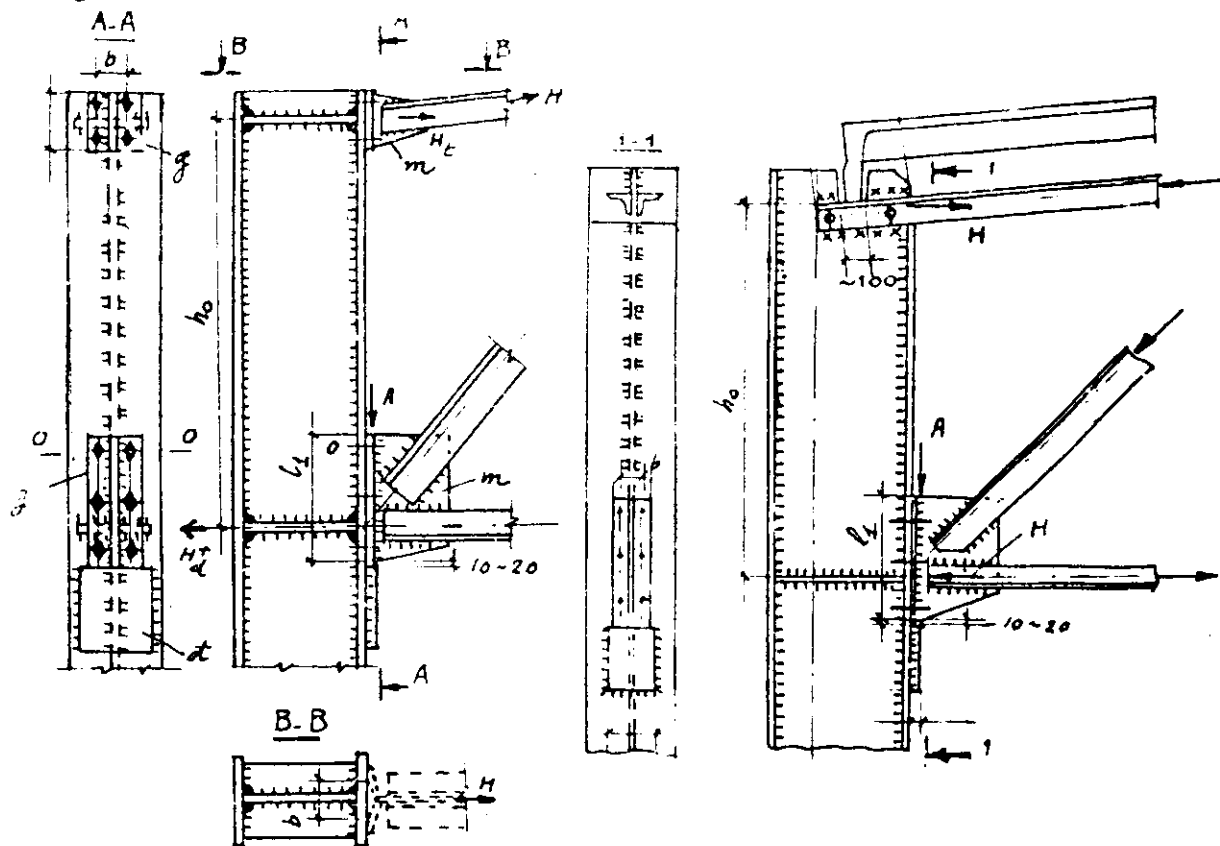
Bản gối lấy bề dày 16 ~ 20 mm.

Bản đỡ có bề dày 30 ~ 40 mm chịu lực A liên kết với cánh cột bằng hai đường hàn đứng. Xét đến khả năng lực A chuyển không đều lên hai đường hàn, nên mỗi đường hàn được tính theo  $\frac{2}{3} A$ .

Nút trên thường cấu tạo đối xứng, dùng 4 ~ 6 bu lông. Nội dung tính nút trên cũng giống như đối với nút dưới, nhưng có mấy điều lưu ý như sau :

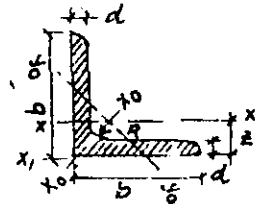
— Lực đập dùng để tính nút trên là được lựa chọn từ các lực H<sub>1</sub><sup>+</sup>, H<sub>1</sub><sup>-</sup> và nội lực cánh trên ở đầu dàn.

— Nếu liên kết cấu tạo đối xứng thì liên kết được tính theo lực đập chịu tác dụng đúng tâm.



Hình 6.18

Thép góc đều cạnh. TCVN 1656 — 75

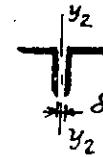


Ký hiệu : b — bề rộng cánh

d — bề dày cánh

J — mômen quán tính

r — bán kính quán tính



Kích thước		R mm	Diện tích tiết diện F cm <sup>2</sup>	Khối lượng Kg/m	Σ cm	J <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	r <sub>x</sub> cm	J <sub>x1</sub> cm <sup>4</sup>	J <sub>x0</sub> cm <sup>4</sup>	r <sub>x0</sub> cm	J <sub>y0</sub> cm <sup>4</sup>	r <sub>y0</sub> cm	Bán kính quán tính r <sub>y2</sub> của 2 thép góc khi δ, mm.			
b	d												δ=8	δ=10	δ=12	δ=14
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
20	3	3,5	1,13	0,89	0,60	0,4	0,59	0,81	0,63	0,75	0,17	0,39				
	4		1,46	0,15	0,64	0,5	0,58	1,09	0,78	0,73	0,22	0,38				
25	3	3,5	1,43	1,12	0,73	0,81	0,75	1,57	1,29	0,95	0,34	0,49				
	4		1,86	1,46	0,76	1,03	0,74	2,11	1,62	0,93	0,44	0,48				
28	3	4	1,62	1,27	0,80	1,16	0,85	2,2	1,84	1,07	0,48	0,55				
32	3	4,5	1,86	1,45	0,89	1,77	0,97	3,26	2,8	1,23	0,74	0,63				
	4		2,43	1,91	0,94	2,26	0,96	4,39	3,58	1,21	0,94	0,62				
36	3	4,5	2,1	1,65	0,99	2,56	1,1	4,64	4,06	1,39	1,06	0,71				
	4		2,75	2,16	1,04	3,29	1,09	6,24	5,21	1,38	1,36	0,70				
40	3	5	2,35	1,85	1,09	3,55	1,23	6,85	5,83	1,55	1,47	0,79				
	4		3,08	2,42	1,13	4,58	1,22	8,53	7,26	1,53	1,9	0,78				
	5		3,79	2,97	1,17	5,53	1,2	10,73	8,75	1,54	2,3	0,79				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
45	3	5	2,65	2,08	1,21	5,13	1,39	9,04	8,13	1,75	2,12	0,89				
	4		3,48	2,73	1,26	8,63	1,38	12,1	10,5	1,74	2,74	0,89	2,16	2,24	2,32	2,4
	5		4,29	3,37	1,3	8,03	1,37	15,3	12,7	1,72	3,33	0,88	2,18	2,26	2,34	2,42
50	3	5,5	2,96	2,32	1,33	7,11	1,55	12,4	11,3	1,95	2,95	1				
	4		3,89	3,05	1,38	9,21	1,54	16,6	14,6	1,94	3,8	0,99	2,35	2,43	2,51	2,59
	5		4,8	3,77	1,42	11,2	1,53	20,9	17,8	1,92	4,63	0,98	2,38	2,45	2,53	2,61
56	4	6	4,38	3,44	1,52	13,1	1,73	23,3	20,8	2,18	5,41	1,11	2,58	2,66	2,73	2,81
	5		5,41	4,25	1,57	16	1,72	29,2	25,4	2,16	6,59	1,1	2,61	2,72	2,77	2,85
63	4	7	4,96	3,9	1,69	18,9	1,95	33,1	29,9	2,45	7,81	1,25	2,86	2,93	3,01	3,09
	5		6,13	4,81	1,74	23,1	1,94	41,5	36,6	2,44	9,52	1,25	2,89	2,96	3,04	3,12
	6		7,28	5,72	1,78	27,1	1,93	50	42,9	2,43	11,2	1,24	2,9	2,99	3,06	3,14
70	5	8	6,26	5,38	1,9	31,9	2,16	56,7	50,7	2,72	13,2	1,39	3,16	3,23	3,3	3,38
	6		8,15	6,39	1,94	37,6	2,15	68,4	59,6	2,71	15,5	1,38	3,18	3,25	3,33	3,4
	7		9,12	7,39	1,99	43	2,14	80,1	68,2	2,69	17,8	1,37	3,2	3,28	3,36	3,44
	8		10,7	8,37	2,02	48,2	2,13	91,9	76,4	2,68	20	1,37	3,22	3,29	3,37	3,45
80	6	9	7,38	7,36	2,19	57	2,47	102	90,4	3,11	23,5	1,58	3,58	3,65	3,72	3,8
	7		10,8	8,51	2,23	65,3	2,45	119	104	3,09	27	1,58	3,6	3,67	3,75	3,82
	8		12,3	9,65	2,27	73,4	2,44	137	116	3,08	30,3	1,57	3,62	3,69	3,77	3,84
90	6	10	10,6	8,33	2,43	82,1	2,78	145	130	3,5	34	1,79	3,96	4,04	4,11	4,19
	7		12,3	9,64	2,47	94,3	2,77	169	150	3,49	38,9	1,78	3,99	4,06	4,13	4,21
	8		13,9	10,9	2,51	106	2,76	194	168	3,48	43,8	1,77	4,01	4,08	4,16	4,23
	9		15,6	12,2	2,55	118	2,75	219	186	3,46	48,6	1,77	4,04	4,11	4,18	4,26



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
100	7	12	13,8	10,8	2,71	131	3,08	231	207	3,88	54,2	1,98	4,38	4,45	4,52	4,59
	8		15,6	12,2	2,75	147	3,07	265	233	3,87	60,9	1,98	4,4	4,47	4,54	4,62
	10		19,2	15,1	2,83	179	3,05	333	284	3,84	74,1	1,96	4,444	4,52	4,59	4,66
	12		22,8	17,9	2,91	209	3,03	402	331	3,81	86,9	1,95	4,48	4,56	4,63	4,71
	14		26,3	20,6	2,99	237	3	472	375	3,78	99,3	1,94	4,53	4,6	4,68	4,76
	16		29,7	23,3	3,06	264	2,98	542	416	3,74	112	1,94	4,57	4,64	4,72	4,8
110	7	12	15,2	11,9	2,96	176	3,4	308	279	4,29	72,7	2,19	4,78	4,85	4,92	5
	8		17,2	13,5	3	198	3,39	353	315	4,28	81,8	2,18	4,8	4,87	4,95	5,02
125	8	14	19,7	15,5	3,36	294	3,87	516	467	4,87	122	2,49	5,39	5,46	5,53	5,6
	9		22	17,3	3,4	327	3,86	582	520	4,86	135	2,48	5,41	5,48	5,56	5,63
	10		24,3	19,1	3,45	360	3,85	649	571	4,84	149	2,47	5,44	5,52	5,58	5,66
	12		28,9	22,7	3,53	422	3,82	782	670	4,82	174	2,46	5,48	5,55	5,62	5,7
	14		33,4	26,2	3,61	482	3,8	916	764	4,78	200	2,45	5,52	5,6	5,67	5,75
	16		37,8	29,6	3,68	539	3,78	1051	853	4,75	224	2,44	5,56	5,63	5,72	5,78
140	9	14	24,7	19,4	3,78	466	4,34	818	739	5,47	192	2,79	6,02	6,1	6,16	6,24
	10		27,3	21,5	3,82	512	4,33	911	814	5,46	211	2,78	6,05	6,12	6,19	6,26
	12		32,5	25,5	3,9	602	4,31	1097	957	5,43	248	2,76	6,08	6,15	6,25	6,3
160	10	16	31,4	24,7	4,3	774	4,96	1356	1229	6,25	319	3,19	6,84	6,91	6,97	7,05
	11		34,4	27	4,35	944	4,95	1494	1341	6,24	348	3,18	6,86	6,93	7	7,07
	12		37,4	29,4	4,39	913	4,94	1633	1450	6,23	376	3,17	6,88	6,95	7,02	7,09
	14		43,3	34	4,47	1046	4,92	1911	1662	6,2	431	3,16	6,91	6,98	7,05	7,13
	16		49,1	38,5	4,55	1175	4,89	2191	1866	6,17	485	3,14	6,95	7,03	7,1	7,18
	18		54,8	43	4,63	1299	4,87	2472	2061	6,13	537	3,13	7	7,07	7,14	7,22
	20		60,4	47,4	4,7	1419	4,85	2756	2248	6,1	589	3,12	7,04	7,11	7,18	7,25

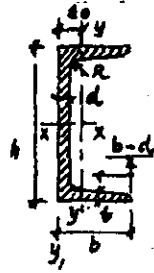
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
180	11	16	38,8	30,5	4,85	1216	5,6	2128	1933	7,06	500	3,59	7,67	7,74	7,8	7,82
	12		42,2	33,6	4,89	1317	5,59	2224	2093	7,04	540	3,58	7,69	7,76	7,83	7,84
200	12		47,1	37	5,37	1823	6,22	3182	2896	7,84	749	3,99	8,48	8,55	8,62	8,69
	13		50,9	39,9	5,42	1961	6,21	3452	3116	7,83	806	3,98	8,5	8,58	8,64	8,71
	14		54,6	42,8	5,46	2097	6,2	3722	3333	7,81	861	3,97	8,52	8,6	8,66	8,73
	16		62	48,7	5,54	2363	6,17	4284	3755	7,78	970	3,96	8,56	8,64	8,7	8,77
	20		76,5	60,6	5,7	2871	6,12	5355	4560	7,72	1182	3,93	8,65	8,72	8,79	8,86
	25		94,3	74	5,89	3466	6,06	6733	5494	7,63	1438	3,91	8,74	8,81	8,88	9,95
	30		111,5	87,6	6,07	4020	6	8130	6351	7,55	1688	3,89	8,83	8,9	8,97	8,95



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
50	32	3	5,5	2,42	1,9			6,17	1,6	1,99	0,91	12,4	3,36	1,18	0,70								
		4		3,17	2,49			7,98	1,59	2,56	0,90	16,6	4,42	1,52	0,69								
56	36	4	6	3,58	2,81	1,82	0,84	11,4	1,78	3,7	1,02	23,2	8,25	2,19	0,78	1,6	1,68	1,76	1,84	2,85	2,93	3,01	3,09
		5		4,41	3,46	1,86	0,88	13,8	1,77	4,48	1,01	29,2	7,91	2,66	0,78	1,63	1,71	1,79	1,87	2,87	2,95	3,03	3,11
63	40	4	7	4,04	3,17	2,03	0,87	16,3	2,01	5,16	1,13	33	8,51	3,07	0,87	1,73	1,81	1,89	1,96	3,15	3,23	3,31	3,39
		5		4,98	3,91	2,98	0,86	19,9	2	8,28	1,12	41,4	10,8	3,73	0,86	1,75	1,83	1,91	1,99	3,19	3,26	3,34	3,42
		6		5,9	4,63	2,12	0,99	23,3	1,99	7,28	1,11	49,9	13,1	4,36	0,86	1,78	1,89	1,94	2,02	3,21	3,29	3,36	3,45
		8		7,68	6,03	2,2	1,07	29,6	1,96	9,15	1,09	66,9	17,9	5,58	0,85	1,83	1,91	1,99	2,08	3,26	3,34	3,42	3,5
70	45	5	7,5	5,59	4,39	2,28	1,05	27,8	2,23	9,05	1,27	56,7	15,2	5,34	0,98	1,93	2,01	2,08	2,17	3,49	3,56	3,64	3,72
80	50	5	8	6,36	4,99	2,6	1,13	41,6	2,56	12,7	1,41	84,6	30,8	7,58	1,09	2,08	2,16	2,23	2,3	3,94	4,02	4,11	4,19
		6		7,55	5,92	2,65	1,17	49	2,55	14,8	1,4	102	25,2	8,88	1,08	2,1	2,18	2,26	2,34	3,97	4,05	4,13	4,21
90	56	5,5	9	7,86	6,17	2,92	1,26	65,3	2,88	19,7	1,58	132	32,2	11,8	1,22	2,29	2,36	2,44	2,52	4,4	4,47	4,55	4,63
		6		8,54	6,7	2,95	1,28	70,6	2,88	21,2	1,58	115	35,2	12,7	1,22	2,3	2,38	2,45	2,53	4,42	4,49	4,57	4,65
		8		11,18	8,77	3,04	1,36	90,9	2,85	27,1	1,56	194	47,8	16,3	1,21	2,35	2,43	2,51	2,53	4,47	4,52	4,62	4,7
100	63	6	10	9,59	7,53	3,23	1,42	98,3	3,2	39,6	1,79	198	49,9	18,2	1,38	2,55	2,62	2,7	2,7	4,84	4,92	4,99	5,07
		7		11,1	8,7	3,28	1,46	113	3,19	35	1,78	232	58,7	20,8	1,37	2,57	2,64	2,72	2,78	4,87	4,95	5,02	5,1
		8		12,6	9,87	3,32	1,5	127	3,18	39,2	1,77	266	67,6	23,4	1,36	2,59	2,66	2,74	2,82	4,89	4,97	5,04	5,12
		10		15,5	12,1	3,4	1,58	154	3,15	47,1	1,75	323	85,8	28,3	1,35	2,64	2,71	2,79	2,87	4,94	5,01	5,09	5,17
110	70	6,5	10	11,4	8,98	3,55	1,58	142	3,53	45,6	2	286	74,3	26,9	1,53	2,81	2,88	2,96	3,03	5,3	5,37	5,44	5,52
		8		13,9	10,9	3,61	1,64	172	3,51	54,6	1,98	353	92,3	32,3	1,52	2,84	2,92	2,99	3,07	5,33	5,41	5,49	5,56
125	80	7	11	14,1	11	4,01	1,8	227	4,01	72,7	2,29	453	119	43,4	1,76	3,17	3,24	3,31	3,39	5,96	6,04	6,11	6,19
		8		16	12,5	4,05	1,84	256	4	83	2,28	518	137	48,3	1,75	3,19	3,27	3,34	3,41	5,98	6,06	6,13	6,21
		10		19,7	15,5	4,14	1,92	312	3,98	110	2,26	649	173	59,3	1,74	3,23	3,31	3,37	3,46	6,04	6,11	6,19	6,27
		12		23,4	18,3	4,22	2	365	3,95	117	2,27	781	213	69,5	1,72	3,28	3,35	3,43	3,51	6,08	6,15	6,23	6,31

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
140	90	8	12		14,1	4,49	2,03	364	4,49	120	2,58	727	194	70,3	1,98	3,55	3,61	3,89	3,76	6,64	6,72	6,79	6,86
		10			17,5	4,58	2,12	444	4,47	146	2,56	911	245	85,5	1,96	3,6	3,67	3,74	3,82	6,69	6,77	6,84	6,92
160	100	9	13	22,9	18	5,19	2,23	606	5,15	186	2,85	1221	300	110	2,2	3,87	3,95	4,02	4,09	7,6	7,67	7,75	7,82
		10		25,3	19,8	5,23	2,28	667	5,18	204	2,84	1359	325	121	2,19	3,9	3,97	4,04	4,12	7,62	7,69	7,77	7,84
		12		30	23,6	5,32	2,36	784	5,11	239	2,82	1634	405	142	2,18	3,95	4,02	4,09	4,16	7,67	7,75	7,82	7,90
		14		34,7	27,3	5,4	2,43	897	5,08	272	2,8	1910	477	162	2,16	3,98	4,05	4,13	4,2	7,71	7,78	7,86	7,94
180	110	10	14	28,3	22,2	5,88	2,44	952	5,8	276	3,12	1933	444	165	2,42	4,22	4,29	4,36	4,43	8,55	8,62	8,69	8,77
		12		33,7	26,4	5,97	2,52	1123	5,77	324	3,1	2,24	537	194	2,4	4,26	4,33	4,4	4,47	8,59	8,67	8,75	8,82
200	125	11	14	34,9	27,4	6,5	2,79	1449	6,45	446	3,58	2920	718	264	2,75	4,79	4,86	4,93	5	9,44	9,51	9,59	9,66
		12		37,9	29,7	6,54	2,83	1568	6,43	482	3,57	3189	786	285	2,74	4,81	4,88	4,95	5,02	9,46	9,54	9,62	9,68
		14		43,9	34,4	6,62	2,91	1801	6,41	551	3,54	3726	922	327	2,73	4,85	4,92	4,99	5,06	9,5	9,58	9,65	9,73
		16		49,8	39,1	6,71	2,99	2026	6,38	617	3,52	4264	1061	357	2,72	4,89	4,95	5,03	5,1	9,55	9,63	9,7	9,78
250	160	12	18	48,3	37,9	7,97	3,53	3147	8,07	1032	4,62	6212	1634	604	3,54	6,07	6,13	6,2	6,27	11,62	11,71	11,77	11,85
		16		63,6	49,9	8,14	3,69	4091	8,02	1333	4,58	8308	2200	781	3,5	6,14	6,21	6,27	6,34	11,73	11,78	11,86	11,94
		18		71,1	55,8	8,23	3,77	4545	7,99	1475	4,56	9358	2487	866	3,49	6,18	6,21	6,31	6,38	11,76	11,84	11,91	11,98
		20		78,5	61,7	8,31	3,85	4987	7,97	1613	4,53	10410	2776	949	3,48	6,2	6,28	6,35	6,42	11,81	11,88	11,95	12,03

Thép L. TCVN. 1654 -- 75

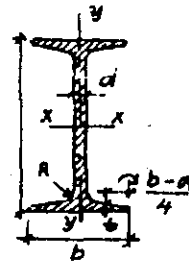


Ký hiệu : h -- chiều cao hình ; R -- bán kính lượn góc  
 b -- bề rộng cánh ; J -- mômen quán tính  
 d -- bề dày bụng ; r -- bán kính quán tính  
 t -- bề dày trung bình cánh ; W -- mômen chống uốn  
 S -- mômen tĩnh của nửa tiết diện

Số hiệu	Khối lượng 1m chiều dài kg:	Kích thước mm					Diện tích mặt cắt ngang cm <sup>2</sup>	J <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	r <sub>x</sub> cm	S <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	J <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	r <sub>y</sub> cm	l <sub>0</sub> cm
		h	b	d	t	R									
5	4,84	50	32	4,4	7	6	6,16	22,8	9,1	1,92	5,59	5,61	2,75	0,954	1,16
6,5	5,9	65	36	4,4	7,2	6	7,51	48,6	15	2,54	9	8,7	3,68	1,08	1,24
8	7,05	80	40	4,5	7,4	6,5	8,98	89,4	22,4	3,16	13,3	12,8	4,75	1,18	1,31
10	8,59	100	46	4,5	7,6	7	10,9	174	34,8	3,99	20,4	20,4	6,46	1,37	1,44
12	19,4	120	52	4,8	7,8	7,5	13,3	304	50,6	4,78	29,8	31,2	8,52	1,53	1,54
14	12,3	140	58	4,9	8,1	8	15,6	491	70,2	5,6	40,8	45,4	11	1,7	1,67
14a	13,3	140	62	4,9	8,7	8	17	545	77,8	5,86	45,1	57,5	13,3	1,84	1,87
16	14,2	160	64	5	8,4	8,5	18,1	747	93,4	6,42	54,1	63,3	13,8	1,87	1,8
16a	15,3	160	68	5	9	8,6	19,5	823	103	6,49	59,4	78,8	16,4	2,01	2
18	16,3	180	70	5,1	8,7	9	20,7	1090	121	7,24	68,8	86	17	2,04	1,94
18a	17,4	180	74	5,1	9,3	9	22,2	1190	132	7,32	76,1	105	20,7	2,18	2,3
20	18,4	200	76	5,2	9	9,5	23,4	1520	152	8,07	87,8	113		2,2	

20a	19,8	200	80	5,2	9,7	9,6	25,2	1670	167	8,15	95,9	139	24,2	2,35	2,28
22	21	220	82	5,4	9,5	10	26,7	2110	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21
22a	22,6	220	87	5,4	10,2	10	28,8	2330	212	8,99	121	187	30	2,55	2,46
24	24	240	90	5,6	10	10,5	30,6	2900	242	9,73	139	208	31,6	2,6	2,42
24a	25,8	240	95	5,6	10,7	10,5	32,9	3180	265	9,84	151	254	37,2	2,78	2,67
27	27,7	270	95	6	10,5	11	35,2	4160	308	10,9	178	262	37,3	2,73	2,47
30	31,8	300	100	6,5	11	12	40,5	5810	387	12	224	327	43,6	2,84	2,52
33	36,5	330	105	7	11,7	13	46,5	7990	484	13,1	281	410	51,8	2,97	2,59
36	41,9	360	110	7,5	12,6	14	53,4	10820	601	14,2	350	513	61,7	3,1	2,68
40	48,3	400	115	8	13,5	15	61,5	15220	761	15,7	444	642	73,4	3,23	2,75

Thép chữ I. TCVN 1655 -- 75



Ký hiệu : h -- chiều cao dầm  
 b -- bề rộng cánh;  
 d -- bề dày bụng;  
 t -- bề dày trung  
 hình cánh  
 R -- bán kính lượn góc;  
 J -- Mômen quán tính  
 r -- bán kính quán tính;  
 W -- mômen chống uốn;  
 S -- mômen tĩnh nửa tiết diện

Số hiệu	Kích thước mm					Diện tích mặt cắt ngang cm <sup>2</sup>	Khối lượng 1m chiều dài kg	J <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	r <sub>x</sub> cm	S <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	J <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	r <sub>y</sub> cm
	h	b	d	t	R									
10	100	55	4,5	7,2	7	12	9,46	198	39,7	4,06	23	17,6	6,49	1,22
12	120	64	4,8	7,3	7,5	14,7	11,5	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38
14	140	73	4,9	7,5	8	17,4	13,7	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,5	1,55
16	160	81	5	7,8	8,5	20,2	15,9	873	109	6,57	62,3	58,6	14,5	1,7
18	180	90	5,1	8,1	9	23,4	18,4	1290	143	7,42	81,4	82,6	18,4	1,88
18a	180	100	5,1	8,3	9	25,4	19,9	1430	159	7,51	89,0	114	22,8	2,12
20	200	100	5,2	8,4	9,5	26,8	21	1840	184	8,28	104	115	23,1	2,07
20a	200	110	5,2	8,6	9,5	28,9	22,7	2030	203	8,37	114	155	28,2	2,32
22	220	110	5,4	8,7	10	30,6	24	2550	232	9,13	131	157	28,6	2,27
22a	220	120	5,4	8,9	10	32,8	25,8	2790	254	9,23	143	206	34,3	2,5
24	240	115	5,6	9,5	10,5	34,8	27,3	3460	289	9,97	163	198	34,5	2,37
24a	240	125	5,6	9,8	10,5	37,5	29,4	3800	317	10,1	178	260	41,8	2,63



	<i>h</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>τ</i>			<i>g<sup>10</sup></i>	<i>3x</i>	<i>u<sup>10</sup></i>	<i>n<sub>e</sub></i>	<i>3x</i>			
27	270	125	6	9,8	11	40,2	31,5	5010	371	11,2	210	260	41,5	2,54
27a	270	135	6	10,2	11	43,2	33,9	5500	407	11,3	229	337	50	2,8
30	300	135	6,5	10,2	12	46,5	36,5	7080	472	12,3	268	337	49,9	2,69
30a	300	145	6,5	10,7	12	49,9	39,2	7790	518	12,5	292	436	60,1	2,95
33	330	140	7	11,2	13	53,8	42,2	9840	597	13,5	339	419	59,9	2,79
36	360	145	7,5	12,3	14	61,9	48,6	13380	743	14,7	423	516	71,1	2,89
40	400	155	8,3	13	15	72,7	57	19062	953	16,2	545	667	86,1	3,03
45	450	160	9	14,2	16	84,7	66,5	27696	1231	18,1	708	808	101	3,09
50	500	170	10	15,2	17	100	78,5	39727	1589	19,9	919	1043	123	3,23
55	550	180	11	16,5	18	118	92,6	55962	2035	21,8	1181	1356	151	3,39
60	600	190	12	17,8	20	138	108	76806	2560	23,6	1491	1715	182	3,54