

BỘ XÂY DỰNG

GIÁO TRÌNH

KẾT CẤU XÂY DỰNG



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

BỘ XÂY DỰNG

GIÁO TRÌNH
KẾT CẤU XÂY DỰNG

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2001

LỜI NÓI ĐẦU

Giáo trình "**Kết cấu xây dựng**" là tài liệu dùng để giảng dạy và học tập trong trường trung học chuyên nghiệp xây dựng.

Giáo trình gồm 4 phần:

Phần I: Kết cấu gỗ.

Phần II: Kết cấu thép.

Phần III: Kết cấu bê tông cốt thép.

Phần IV: Các bảng phụ lục

Nhóm tác giả là cán bộ giảng dạy của trường Trung học xây dựng số 4 gồm kỹ sư kết cấu Phan Đình Tô, thạc sĩ Nguyễn Đức Chương, kỹ sư xây dựng Nguyễn Thị Tèo.

Nhà trường, bộ môn kết cấu và nhóm tác giả đã có nhiều cố gắng để biên soạn và xuất bản giáo trình này, nhằm khắc phục tình trạng thiếu tài liệu trong giảng dạy và học tập, góp phần nâng cao chất lượng đào tạo.

Vì khả năng có hạn nên không thể tránh khỏi sai sót - Rất mong được bạn đọc góp ý.

Nhóm tác giả

Phần I

KẾT CẤU GỖ

Chương 1

GỖ DÙNG TRONG XÂY DỰNG

§1-1. ƯU KHUYẾT ĐIỂM CỦA GỖ

1. Ưu điểm

- Gỗ là loại vật liệu nhẹ cường độ khá cao.

Để so sánh chất lượng của vật liệu xây dựng về mặt chịu lực, người ta dùng hệ số $C = \frac{\gamma}{R}$ (Tỷ số giữa trọng lượng riêng và cường độ tính toán), C có trị số càng nhỏ thì vật liệu chất lượng càng cao. Thép $C = 3,7 \cdot 10^{-4}$; Bê tông $C = 2,4 \cdot 10^{-3}$; Gỗ xoan $C = 4,3 \cdot 10^{-4}$. Ta thấy hệ số chất lượng của gỗ xấp xỉ thép và lớn hơn so với bê tông.

- Gỗ là loại vật liệu phổ biến và mang tính chất địa phương. Ở Việt Nam, 3/4 đất dai là rừng với hơn 400 loài gỗ khác nhau, ngoài ra gỗ còn thấy nhiều ở nông thôn (xoan, mít, bạch đàn,...).

- Gỗ là loại vật liệu dễ gia công chế tạo : cưa, đục, khoan... trang trí mỹ thuật, cách âm tốt.

2. Khuyết điểm

- Gỗ là loại vật liệu có tính không đồng nhất và không đẳng hướng, ví dụ cùng một loại gỗ, tính chất có thể khác nhau tùy theo địa phương, tuỳ từng khu rừng, thậm chí khác nhau tuỳ theo từng phần của cây gỗ. Gỗ không phù hợp với giả thuyết thường dùng trong khi tính toán là vật liệu đồng nhất và đẳng hướng. Do đó phải lấy độ an toàn cao và phải lựa chọn gỗ cẩn thận cho phù hợp với yêu cầu của thiết kế.

- Gỗ có nhiều khuyết tật làm giảm khả năng chịu lực : mắt gỗ, khe nứt, thớ ván...

- Gỗ là loại vật liệu có nhược điểm : bị nấm mốc, mối mọt, mục, là vật liệu cháy được. Ở những nơi nhiệt độ cao hơn 50°C không được dùng gỗ.

- Gỗ là vật liệu ngâm nước, lượng nước chứa trong gỗ thay đổi theo môi trường không khí xung quanh, dễ bị co ngót, dãn nở làm cho nó bị cong vênh, nứt. Kết cấu làm

bằng gỗ ẩm, khi khô các mộng bị lỏng ra ảnh hưởng đến quá trình chịu lực, có khi không dùng được.

Có thể hạn chế khuyết điểm của gỗ bằng cách xử lý gỗ bằng hoá chất chống mối mọt trước khi dùng, sử dụng gỗ đúng chỗ, không dùng gỗ tươi có độ ẩm lớn.

Ở các nước tiên tiến, gỗ dùng phổ biến dưới dạng gỗ dán. Gỗ dán do được sấy và xử lý bằng hoá chất nên không bị mối mọt, là loại vật liệu xây dựng nhẹ, đẹp. Gỗ dán khó cháy, năm 1971 ở Pháp đã làm thí nghiệm độ chịu lửa của 1 dầm gỗ dán chịu tải trọng, cho dầm chịu nhiệt độ 900°C trong 1 giờ, dầm chịu hư hỏng ít còn có thể chịu được lâu hơn nữa, trong khi đó với cùng điều kiện như vậy thì thép không chịu được lâu quá 10 phút.

§ I-2. PHẠM VI SỬ DỤNG KẾT CẤU GỖ

Sử dụng gỗ làm các cấu kiện và các kết cấu trong xây dựng phải tuân theo các quy phạm nhà nước :

- + Nghị định 10 CP ngày 26-4-1960 của Chính phủ.
- + Quy phạm thiết kế kết cấu gỗ : TCXD 44/70.
- + Tiêu chuẩn nhà nước về gỗ : TCVN 1072-71 đến 1077-71.
- + Bảng phân loại gỗ được sử dụng ban hành kèm theo quyết định số 2198 ngày 20-11-1977 của Bộ Lâm nghiệp,...

- Kết cấu gỗ được sử dụng rộng rãi trong xây dựng cơ bản. Ở nước ta kết cấu gỗ thường dùng trong các trường hợp sau :

1. Nhà dân dụng

Nhà ở 1 tầng, 2 tầng, hội trường, nhà văn hoá, trụ sở... làm bằng gỗ rất thích hợp.

2. Nhà xưởng sản xuất nông nghiệp

Kho thóc, gạo, nhà chăn nuôi, xưởng chế biến, sán xuất nông sản, thường nhà xưởng nhịp không lớn thì dùng kết cấu gỗ là thích hợp hơn cả. Trong một số xưởng hoá chất có chất ăn mòn kim loại cũng có thể dùng gỗ thay cho thép.

3. Trong giao thông vận tải

Gỗ thích hợp với cầu nhỏ, cầu tạm trên đường cấp thấp.

4. Trong thuỷ lợi

Gỗ dùng làm cầu tàu, bến cảng, cửa van, cống.

Ngoài ra, gỗ dùng nhiều làm đà giáo, ván khuôn, cầu công tác cho thi công.

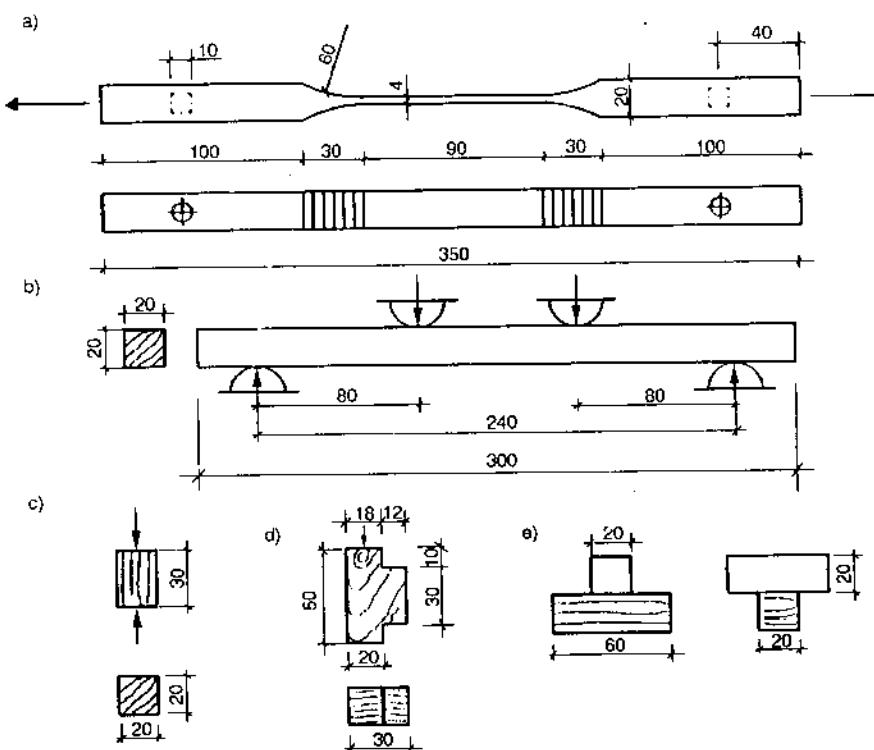
Hiện nay, ở nước ta kết cấu gỗ thích hợp với những công trình loại vừa và nhỏ, không mang tính chất vĩnh cửu.

Ở các nước tiên tiến, gỗ được chế biến thành gỗ dán, được xử lý bằng hóa chất nên kết cấu gỗ được sử dụng rộng rãi.

§1-3. TÍNH CHẤT CƠ HỌC CỦA GỖ

Tính chất cơ học của gỗ gồm các chỉ tiêu về độ bền, độ đàn hồi khi chịu lực kéo, nén, ép mặt, trượt,...

Theo tiêu chuẩn TCVN 363-70 đến 370-70 về phương pháp thử cơ học của gỗ, và mẫu thử để tìm đặc trưng cơ học có hình dạng và kích thước như hình vẽ.



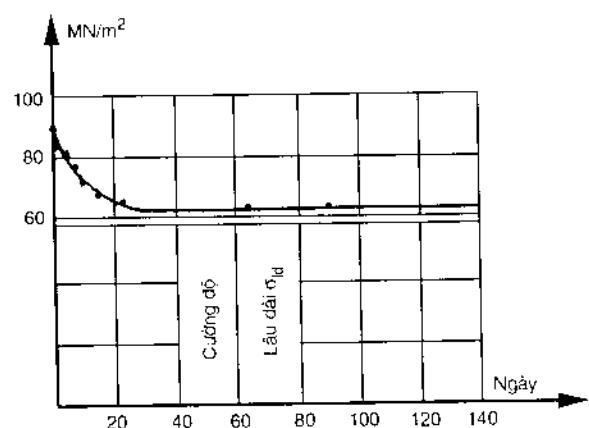
Hình 1.1: Mẫu gỗ tiêu chuẩn để thử về cường độ
a) Kéo dọc thớ; b) Uốn ; c) Ép dọc thớ; d) Trượt dọc thớ; e) Ép ngang thớ

Mẫu thí nghiệm dùng gỗ nhỏ, không khuyết tật, thực hiện trên máy trong phòng thí nghiệm với tốc độ gia tải nhất định. Nhưng ngoài thực tế gỗ có kích thước lớn hơn mẫu thí nghiệm nhiều lần, có khuyết tật. Ngay trong 1 cây gỗ, lấy mẫu thử ở các đoạn thân khác nhau cũng cho các kết quả khác nhau. Vì vậy để xác định tính chất cơ học của gỗ, người ta phải làm rất nhiều thí nghiệm với nhiều mẫu để lấy kết quả trung bình.

1. Ảnh hưởng của thời gian chịu lực, cường độ lâu dài của gỗ

Người ta đã tiến hành thí nghiệm trên máy trong phòng thí nghiệm một loại mẫu gỗ giống nhau chịu tải trọng khác nhau, thời gian tải trọng tác dụng lên mẫu thử khác nhau, kết quả vẽ được biểu đồ quan hệ giữa cường độ phá hoại và thời gian tác dụng của tải trọng cho đến lúc mẫu gỗ bị phá hoại (mẫu gỗ thông chịu uốn).

Trị số ứng suất lớn nhất lâu dài (σ_{ld}) gỗ không bị phá hoại. Nếu ứng suất thực tế $\sigma > \sigma_{ld}$ - gỗ sẽ bị phá hoại. Nếu $\sigma < \sigma_{ld}$ - gỗ không bị phá hoại trong quá trình sử dụng. Trong tính toán dùng σ_{ld} làm giới hạn chịu lực.



Hình 1.2: Đường cong chịu lực lâu dài
của gỗ thông Liên Xô (cũ)

2. Sự làm việc của gỗ chịu kéo, nén, uốn

a) Chịu kéo

Trong thí nghiệm mẫu gỗ chuẩn, cường độ chịu kéo dọc thớ của gỗ rất cao, gỗ thông Liên Xô (cũ) ở độ ẩm 15% cường độ đạt tới 10KN/cm^2 . Nhưng thực tế tính toán không thể sử dụng trị số này được vì gỗ có nhiều nhân tố làm giảm cường độ chịu kéo, do khuyết tật của gỗ (mắt gỗ, thớ chéo, thanh gỗ có chỗ tiết diện thay đổi đột ngột). Mặt khác gỗ không đồng nhất, kích thước gỗ càng lớn thì mức độ không đồng nhất càng cao và cường độ giảm đi so với mẫu chuẩn, do đó trong kết cấu gỗ, khi dùng gỗ chịu kéo phải rất thận trọng.

Cường độ chịu kéo ngang thớ của gỗ rất nhỏ, chỉ đạt khoảng $1/20 - 1/15$ cường độ chịu kéo dọc thớ, do đó người ta không dùng kết cấu gỗ chịu kéo ngang thớ.

b) Chịu nén

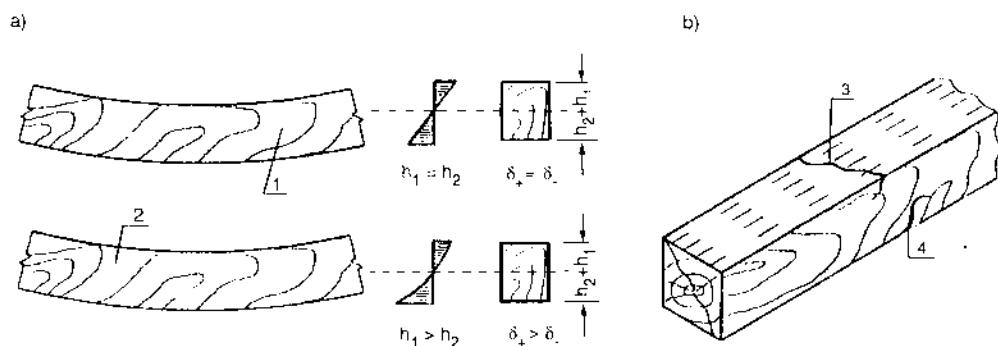
Thí nghiệm nén mẫu gỗ chuẩn (gỗ dổi). Khi nén dọc thớ, cường độ gỗ nhỏ hơn cường độ kéo dọc thớ vài lần khoảng từ $3 - 4\text{ KN/cm}^2$. Khi chịu nén, khuyết tật của gỗ ít ảnh hưởng tới cường độ chịu lực. Cường độ chịu nén dọc thớ là chỉ tiêu ổn định nhất trong các chỉ tiêu về cường độ, nó được dùng để đánh giá và phân loại gỗ.

Khả năng chịu nén ngang thớ của gỗ thấp hơn khả năng chịu nén dọc thớ.

c) Chịu uốn

Thí nghiệm cho kết quả cường độ của gỗ chịu uốn vào khoảng trung bình giữa cường độ chịu kéo và chịu nén. Ảnh hưởng do khuyết tật, (mắt gỗ, khuyết tật, kích thước,...). Cũng ở mức trung gian giữa chịu kéo và chịu nén.

Một dầm gỗ thí nghiệm (mẫu chuẩn) chịu uốn. Khi mô men uốn nhỏ, ứng suất pháp phân bố dọc tiết diện theo quy luật đường thẳng (hình 1-3a). Trị số ứng suất thớ biên có thể tính bằng công thức $\sigma = \frac{M}{W}$



Hình 1.3: Sự làm việc của gỗ khi uốn

- a) *Sự phân bố ứng suất qua đoạn đầu (1), qua đoạn sau (2)*
- b) *Nếp gãy ở vùng nén (3). Thớ dứt ở vùng kéo (4)*

Tăng tải trọng lên, ứng suất vùng 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 phá hoại khi ứng suất đạt cường độ nén, các thớ gỗ nén bị gãy. Mẫu gỗ bị phá hoại khi ứng suất các thớ biên dưới đạt cường độ kéo.

Do sự phân bố ứng suất thực tế theo đường cong nên xác định ứng suất thớ biên bằng công thức sức bền vật liệu không còn đúng. Trị số $\sigma = \frac{M}{W}$ chỉ là cường độ quy ước.

Trong tính toán kết cấu vẫn dùng công thức sức bền vật liệu cho đơn giản nhưng phải thêm hệ số điều chỉnh vào W để xét đến hiện tượng nói trên.

Mô đun đàn hồi của gỗ chịu kéo, uốn xấp xỉ bằng nhau. (Gỗ thông Liên Xô cũ $E = 10^3 \text{ KN/cm}^2$).

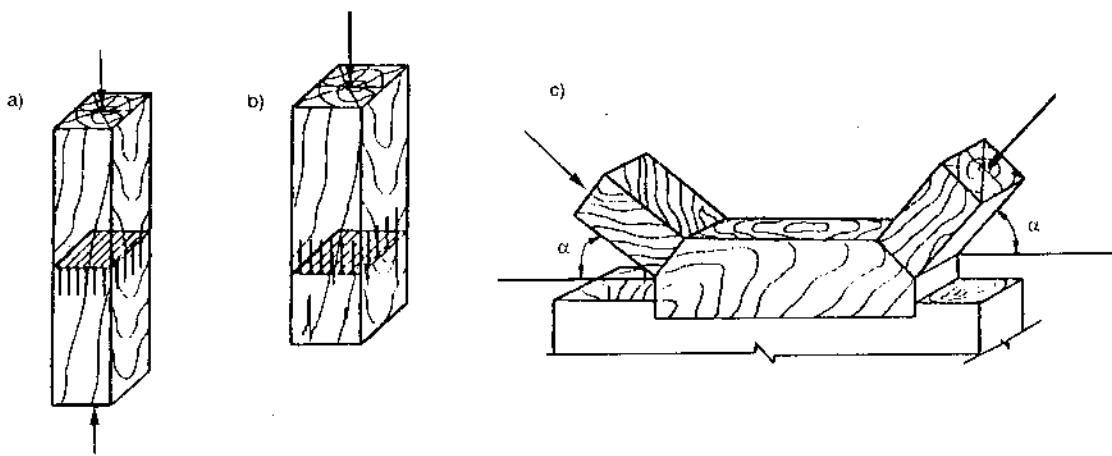
3. Sự làm việc của gỗ chịu ép mặt và trượt

a) *Chịu ép mặt*

Ép mặt là sự truyền lực từ cấu kiện này sang cấu kiện khác qua mặt tiếp xúc nhau. Ứng suất ép mặt xuất hiện ở mặt tiếp xúc.

Cường độ ép mặt được xác định $\sigma_{em} = \frac{N}{F_{em}}$ (trong đó N là lực ép mặt, F_{em} là diện tích chịu ép mặt - diện tích tiếp xúc).

Tùy phương của lực tác dụng đối với thớ gỗ mà phân ra : ép mặt dọc thớ, ép mặt ngang thớ, ép mặt xiên thớ.

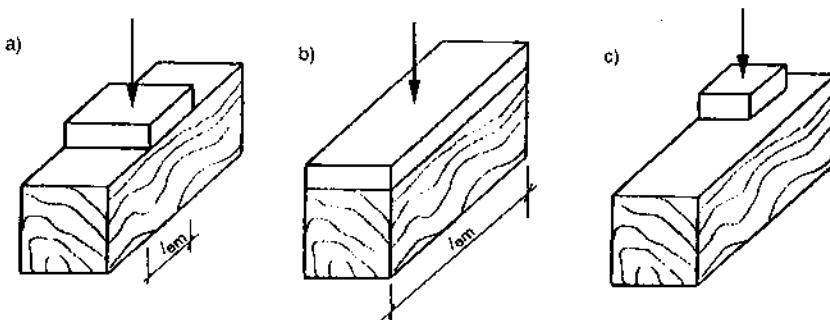


Hình 1.4: Các dạng ép mặt

a) Dọc thớ; b) Ngang thớ; c) Xiên thớ

Ép mặt dọc thớ : cường độ tương đương với nén dọc thớ.

Ép mặt ngang thớ cũng như nén ngang thớ - Ép mặt ngang thớ còn phân ra ép mặt toàn bộ và ép mặt cục bộ.



Hình 1.5: Ép mặt ngang thớ

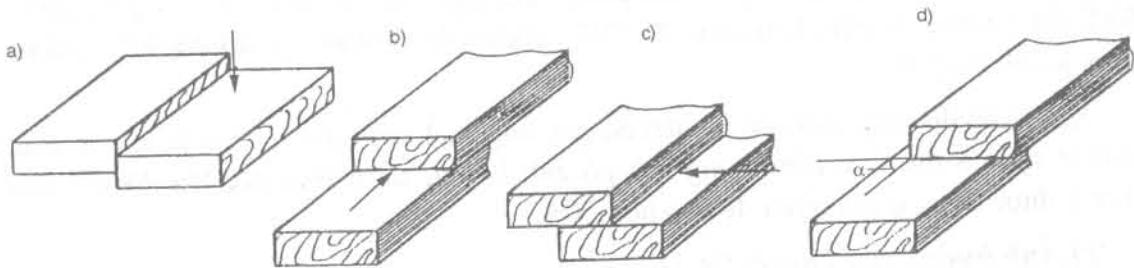
Ép mặt toàn bộ thực chất là nén ngang thớ, ép mặt cục bộ trên một phần diện tích tiếp xúc thì cường độ cao nhất vì còn có sự tham gia chịu lực của các bộ phận xung quanh (hình 1-5c).

b) Chịu trượt

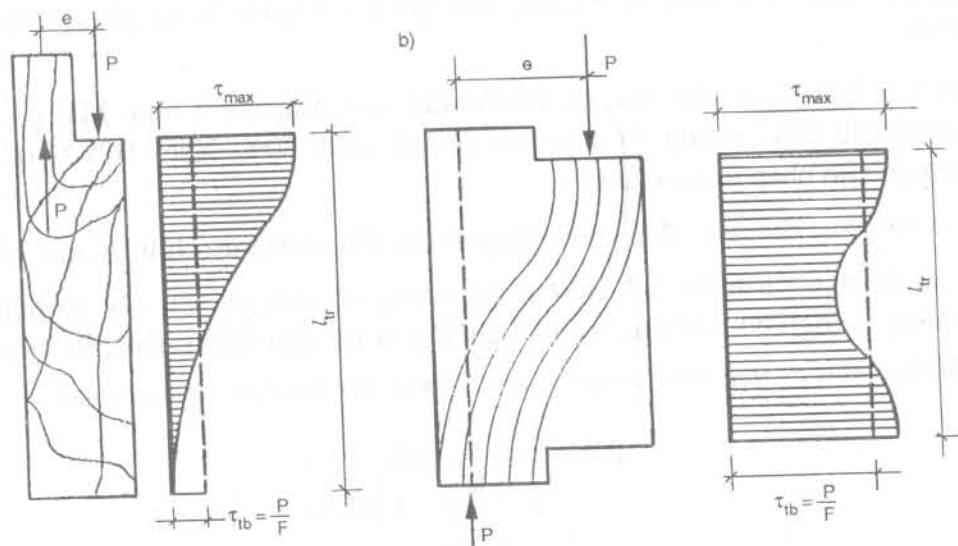
Tùy theo vị trí lực tác dụng đối với thớ gỗ mà ta phân ra trượt dọc thớ, trượt ngang thớ, trượt xiên thớ.

Cường độ trượt tính toán là cường độ trung bình $\tau_{tb} = \frac{P}{F_{tr}}$. Nếu ngoại lực chỉ đặt ở 1

phía thì gọi là trượt 1 phía (hình 1-7a). Nếu ngoại lực đặt ở 2 phía thì gọi là trượt 2 phía (hình 1-7b).



Hình 1.6: Các trường hợp chịu trượt
 a) Cắt đứt thớ; b) Trượt dọc thớ; c) Trượt ngang thớ; d) Trượt xiên thớ



Hình 1.7: Biểu đồ phân bố ứng suất trượt

4. Các nhân tố ảnh hưởng đến cường độ của gỗ

a) Ảnh hưởng của độ ẩm

Độ ẩm có ảnh hưởng nhiều đến cường độ của gỗ - Độ ẩm càng lớn thì cường độ gỗ càng giảm. Ở Việt Nam độ ẩm cân bằng của gỗ tiêu chuẩn là 18%. Cường độ gỗ ở độ ẩm nào đó σ_w khi tính toán được đưa về cường độ ở độ ẩm tiêu chuẩn.

$$\sigma_{18} = \sigma_w [1 + \alpha(w-18)] \text{ KN/cm}^2$$

σ_{18} : Cường độ gỗ ở độ ẩm tiêu chuẩn 18%

α : Hệ số điều chỉnh độ ẩm (gỗ chịu kéo dọc thớ $\alpha = 0,015$, nén dọc thớ

$\alpha = 0,05$; nén ngang thớ $\alpha = 0,035$, uốn $\alpha = 0,04$; trượt $\alpha = 0,03$).

W: Độ ẩm của gỗ.

σ_w : Cường độ gỗ ở độ ẩm W.

b) *Ảnh hưởng của nhiệt độ*

Khi nhiệt độ tăng, cường độ gỗ giảm. Thí nghiệm khi nhiệt độ tăng từ 20°C lên 50°C thì: Cường độ chịu kéo giảm 15-20%, cường độ chịu nén giảm 20-40%, cường độ trượt giảm 15-20%.

Khi nhiệt độ tăng làm cho gỗ dân nở gây ứng suất cục bộ lớn, nhất là khi có mắt gỗ, khuyết tật, có thể làm đứt những thớ gỗ ảnh hưởng tới cường độ. Do đó kết cấu gỗ không được dùng ở nơi nhiệt độ cao hơn 50°C.

c) *Ảnh hưởng của khuyết tật*

- Do mắt gỗ: Thớ gỗ bị lượn vẹo, cấu tạo gỗ biến đổi đột ngột, ứng suất cục bộ tập trung lớn, ứng suất gỗ bị giảm.

Với cấu kiện chịu kéo, kích thước mắt gỗ = 1/4 cạnh thanh gỗ, cường độ của gỗ giảm 70%.

Đối cấu kiện chịu nén, mắt gỗ ảnh hưởng tới cường độ ít hơn. Mắt gỗ kích thước = 1/3 cạnh cấu kiện, cường độ chịu nén của gỗ giảm 30%. Xem TCVN 1074 -71 quy định mắt gỗ cho phép trong cấu kiện.

- Do thớ vặn, khe nứt - đều ảnh hưởng nhiều đến cường độ chịu lực của gỗ.

Vì nhiều nguyên nhân ảnh hưởng tới cường độ của gỗ nên các số liệu xác định trong phòng thí nghiệm khi tính toán gỗ chỉ lấy từ 1/8 đến 1/10 cường độ thí nghiệm.

Chú thích: Cường độ tính toán của gỗ khi chịu ép mặt xiên thớ 1 góc α được tính theo công thức:

$$R_{em}^{\alpha} = \frac{R_{em}}{1 + \left(\frac{R_{em}}{R_{90}} - 1 \right) \sin^3 \alpha} \quad (1-1)$$

Trong đó: R_{em} : Cường độ ép mặt tính toán dọc thớ.

R_{em}^{90} : Cường độ ép mặt ngang thớ của gỗ.

Cường độ tính toán của gỗ khi chịu trượt xiên thớ 1 góc α được xác định theo công thức:

$$R_{tr}^{\alpha} = \frac{R_{tr}}{1 + \left(\frac{R_{tr}}{R_{90}} - 1 \right) \sin^3 \alpha} \quad (1-2)$$

Trong đó: R_{tr} : Cường độ trượt tính toán dọc thớ của gỗ.

R_{tr}^{90} : Cường độ trượt tính toán ngang thớ của gỗ.

Thông thường lấy: $R_{tr}^{90} = \frac{1}{2} R_{tr}$

$$R_{tr}^{\alpha} = \frac{R_{tr}}{1 + \sin^3 \alpha} \quad (1-3)$$

Chương 2

TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CƠ BẢN

Phương pháp tính toán kết cấu gỗ theo trạng thái giới hạn được dùng phổ biến trong thiết kế.

§2-1. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU KÉO ĐÚNG TÂM

1. Khái niệm

Cấu kiện chịu kéo đúng tâm khi lực nằm dọc theo trục cấu kiện. Khi cấu kiện có các chỗ giảm yếu (rãnh, lỗ,...) thì hiện tượng kéo đúng tâm xảy ra khi các chỗ giảm yếu này đối xứng với trục cấu kiện (hình 2-1).

2. Điều kiện làm việc: Tính toán theo cường độ

Thanh chịu kéo đúng tâm được tính toán theo công thức:

$$\sigma = \frac{N}{F_{th}} \leq R_k \quad (2-1)$$

Trong đó:

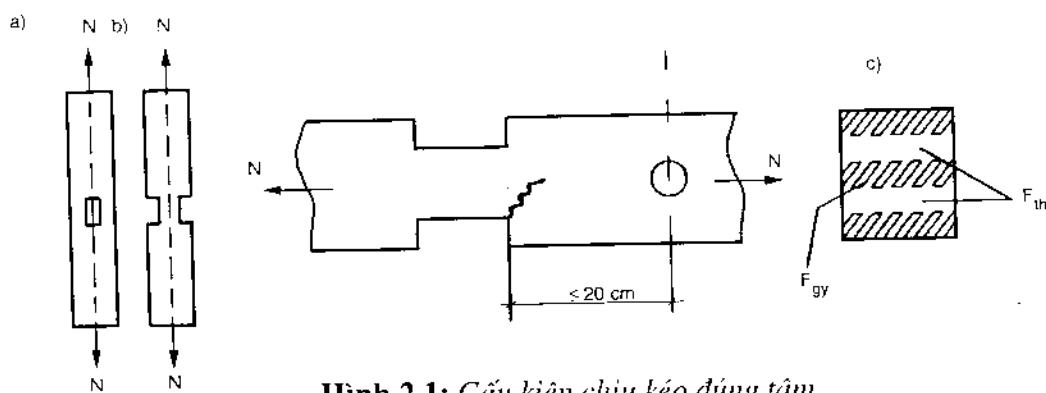
N: Lực kéo tính toán.

R_k: Cường độ chịu kéo của gỗ.

F_{th}: Diện tích tiết diện ngang của cấu kiện đã bị thu hẹp do có diện tích giảm yếu (F_{gy}).

F_{th} = F - F_{gy} (F: Diện tích tiết diện ngang, F_{gy} do lỗ liên kết, khuyết tật,...).

Nếu khoảng cách giữa các tiết diện giảm yếu (F_{gy}) nhỏ hơn hay bằng 20cm coi như trên cùng 1 tiết diện ngang để tránh sự phá hoại của gỗ theo đường gãy khúc.



Hình 2.1: Cấu kiện chịu kéo đúng tâm

§2-2. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU NÉN ĐÚNG TÂM

1. Cấu kiện chịu nén đúng tâm phải tính toán kiểm tra về cường độ và tính toán kiểm tra ổn định, kiểm tra về độ mảnh

a) Kiểm tra về cường độ

$$\sigma = \frac{N}{F_{th}} \leq R_n \quad (2-2)$$

Trong đó:

N: Lực nén tính toán.

F_{th}: Diện tích tiết diện ngang của cấu kiện bị thu hẹp.

R_n: Cường độ chịu nén của gỗ.

b) Kiểm tra về ổn định

$$\sigma = \frac{N}{\varphi F_u} \leq R_n \quad (2-3)$$

Trong đó:

F_u: Diện tích tính toán tiết diện ngang của thanh, được lấy như sau:

- + Nếu chỗ giảm yếu không ở mép cấu kiện (hình 2-1a) và F_{gy} ≤ 25% F_{ng} (tiết diện nguyên) thì F_u = F_{ng}; khi F_{gy} > 25% F_{ng} thì F_u = 4/3 F_{th}
- + Nếu chỗ giảm yếu ở mép cấu kiện và đối xứng (hình 2-1b) thì F_u = F_{th}
- + Nếu chỗ giảm yếu ở mép cấu kiện và không đối xứng (hình 2-1c) thì phải tính theo nén lệch tâm.

φ : Hệ số uốn dọc, dùng để xét sự giảm khả năng chịu lực khi bị uốn dọc, được lấy như sau:

- + Vật liệu gỗ làm việc trong giai đoạn đàn hồi:

$$\varphi = \frac{3100}{\lambda^2}; \quad \text{khi } \lambda > 75$$

- + Vật liệu gỗ làm việc ngoài giai đoạn đàn hồi:

$$\varphi = 1 - 0,8 \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2; \quad \text{khi } \lambda \leq 75.$$

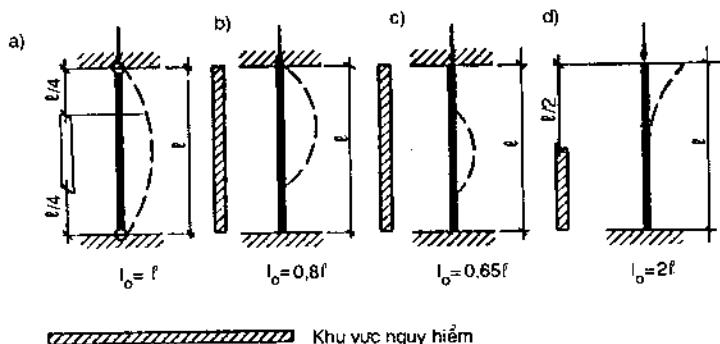
c) Kiểm tra về độ mảnh

$$\lambda = \frac{l_o}{r_{min}} \quad (2-4)$$

l_o: Chiều dài tính toán của cấu kiện; l_o = μl

μ: Hệ số phụ thuộc sự liên kết giữa 2 đầu của cấu kiện:

- Nếu 2 đầu cầu kiện liên kết khớp (hình 2-2a) thì $\mu = 1$.
- Nếu 1 đầu ngầm 1 đầu khớp (hình 2-2b) thì $\mu = 0,8$.
- Nếu 2 đầu cầu kiện kết ngầm (hình 2-2c) thì $\mu = 0,65$.
- Nếu 1 đầu ngầm, 1 đầu tự do (hình 2-2d) thì $\mu = 2$.



Hình 2.2: Hệ số μ phụ thuộc điều kiện liên kết

Trị số μ có khác với lý thuyết vì thực tế gỗ không thể ngầm chặt được. Chỗ ngầm bị nén và bị biến dạng.

r_{min} : Bán kính quan tính nhỏ nhất của tiết diện nguyên của cầu kiện được tính toán theo $r_{min} = \sqrt{\frac{J_{min}}{F_{ng}}}$

Đối với tiết diện chữ nhật $r_{min} = 0,289b$

Đối với tiết diện tròn $r_{min} = 0,25d$.

- b: Là cạnh ngắn của tiết diện chữ nhật.
- d: Là đường kính của tiết diện hình tròn.

[λ]: Độ mảnh giới hạn cho phép của cầu kiện.

Các cầu kiện chịu nén chủ yếu [λ] = 120

Các cầu kiện phụ [λ] = 150

Thanh giằng kết cấu [λ] = 200

2. Bài toán thiết kế

Căn cứ vào điều kiện liên kết, lực tác dụng, chọn kích thước tiết diện của cầu kiện để kết cấu an toàn trong sử dụng.

Thông thường dựa vào điều kiện ổn định để chọn tiết diện.

Từ (2-3) Đ.A Cosecôp đã nêu ra phương pháp đơn giản để trực tiếp tìm ra diện tích tiết diện cần thiết F đối với các trường hợp cầu kiện tiết diện tròn, vuông, chữ nhật.

a) Trường hợp 1 - Độ mảnh $\lambda > 75$

- Đối với tiết diện tròn đường kính d:

$$F \geq \frac{l_o}{15,75} \sqrt{\frac{N}{R_n}} \quad (2-5)$$

$$d = 1,135 \sqrt{F}$$

- Đối với tiết diện chữ nhật:

$$F \geq \frac{l_o}{16,08} \sqrt{\frac{kN}{R_n}} \quad (2-6)$$

k: Tỷ số giữa 2 cạnh tiết diện $k = \frac{h}{b}$

- Đối với tiết diện vuông:

$$F \geq \frac{l_o}{16} \sqrt{\frac{N}{R_n}} \quad (2-7)$$

b) Trường hợp 2 - Độ mảnh $\lambda \leq 75$

- Đối với tiết diện tròn:

$$F \geq \frac{N}{R_n} + 0,001l_o^2 \quad (2-8)$$

- Đối với tiết diện chữ nhật:

$$F \geq \frac{N}{R_n} + 0,001k \cdot l_o^2 \quad (2-9)$$

- Đối với tiết diện vuông:

$$F \geq \frac{N}{R_n} + 0,001l_o^2 \quad (2-10)$$

Thí dụ 2-1:

Kiểm tra điều kiện làm việc của cột gỗ tiết diện vuông có cạnh a = 16cm, chiều dài tính toán $l_o = 3m$, chịu lực nén N = 100KN. Cột có tiết diện giảm yếu đối xứng (hình 2-3). Biết gỗ thuộc nhóm 7, độ ẩm W = 18%.

Gidi:

Gỗ nhóm 7, W = 18% - Tra bảng 1(phần phụ lục) được $R_n = 1\text{KN/cm}^2$.

Kiểm tra điều kiện ổn định: $\sigma = \frac{N}{\phi F_{th}} \leq R_n$

$$+ \text{Tính} \quad \lambda = \frac{l_o}{0,289 \cdot a} = \frac{300}{0,289 \cdot 16} = 64,8$$

$$\lambda = 64,8 \rightarrow \varphi = 1 - 0,8 \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2$$

$$= 1 - 0,8 \left(\frac{64,8}{100} \right)^2 = 0,667$$

$$+ F_{th} = 16 \cdot (16 - 3 \cdot 2) = 160 \text{ cm}^2.$$

$$\sigma = \frac{100}{0,667 \cdot 160} = 9,945 \text{ KN/cm}^2 < R_n$$

Cột làm việc an toàn.

Thí dụ 2-2:

Tính toán khả năng chịu lực nén của cột gỗ, tiết diện

Cột $12 \times 16 \text{ cm}$, liên kết 2 đầu cột là khớp, $l_0 = 4 \text{ m}$.

Cột có lỗ khuyết ở giữa tiết diện $d = 3\text{cm}$ (hình 2-4).

Biết $[\lambda] = 150$; $R_n = 1,15 \text{ KN/cm}^2$.

Giai:

Kiểm tra độ mảnh của cột:

$$\lambda = \frac{l_0}{0,289 \cdot b} = \frac{400}{0,289 \cdot 12} = 115,3$$

$$\lambda = 115,3 < [\lambda]$$

Tính khả năng chịu lực của cột theo (2-3)

$$\sigma = \frac{N}{\varphi \cdot F_u} \leq R_n \rightarrow N \leq \varphi \cdot F_u \cdot R_n$$

$$\varphi = \frac{3100}{115,3^2} = 0,223$$

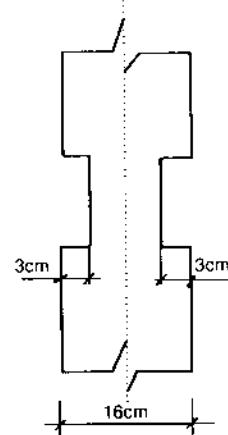
$$\frac{F_{sy}}{F_{ng}} = \frac{3 \times 12}{16 \times 12} = 0,18 = 18\% \text{ do vậy } F_u = F_{ng}$$

$$N = 0,223 \times 12 \times 16 \times 1,15 = 51,44 \text{ KN.}$$

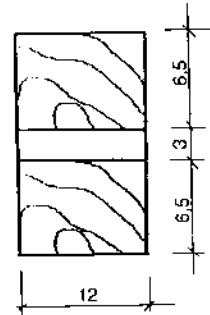
Khả năng chịu lực tối đa của cột $N = 51 \text{ KN}$.

Thí dụ 2 - 3:

Chọn tiết diện một cột gỗ chịu lực nén đúng tâm trong một kết cấu sử dụng lâu dài. Cho biết: Chiều dài tính toán $l_0 = 5 \text{ m}$; Tải trọng tính toán $N = 100 \text{ KN}$, $R_n = 1,3 \text{ KN/cm}^2$.



Hình 2.3



Hình 2.4

Giải:

Giả thiết $\lambda > 75$

* Nếu chọn tiết diện tròn (dùng công thức 2-4).

$$F = \frac{l_o}{15,75} \sqrt{\frac{N}{R_u}} = \frac{500}{15,75} \sqrt{\frac{100}{1,31}} = 278 \text{cm}^2$$

Diameter d of the column:

$$d = 1,135 \sqrt{F} = 1,135 \sqrt{278} = 18,90 \text{cm}$$

Using diameter d of the column is 20cm.

Thử lại độ mảnh

$$\lambda = \frac{500}{0,289 \cdot 20} = 100 > 75 \quad \text{Đúng giả thiết}$$

Đồng thời $\lambda = 100 < |\lambda| = 120$.

* Nếu chọn tiết diện vuông (dùng công thức 2-7)

$$F = \frac{l_o}{16} \sqrt{\frac{N}{R_u}} = \frac{500}{16} \sqrt{\frac{100}{1,3}} = 282 \text{cm}^2$$

và cạnh a = $\sqrt{282} = 16,8 \text{ cm}$.

Using square section then side a is 18 cm.

Thử lại độ mảnh:

$$\lambda = \frac{500}{0,289 \cdot 18} = 93,5 \quad \text{Đúng giả thiết}$$

§2-3. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU UỐN

Cấu kiện chịu uốn dùng phổ biến trong công trình kết cấu bằng gỗ, như ván sàn, đầm trần, xà gỗ,...

Tùy theo phương của lực tác dụng, cấu kiện chịu uốn chia thành 2 loại: uốn phẳng và uốn xiên.

1. Uốn phẳng

Uốn phẳng khi : Mặt phẳng tải trọng trùng với mặt phẳng đối xứng của tiết diện, nếu tải trọng là lực tập trung hay lực phân bố thì lực ấy phải vuông góc với trực thanh.

a) Kiểm tra về cường độ của cấu kiện

- Kiểm tra về ứng suất pháp

$$\sigma = \frac{M}{W_{sh}} \leq mR_u \quad (2-11)$$

Trong đó:

M: Mô men uốn tính toán.

W_u : Mô men chống uốn của tiết diện đã thu hẹp, ở chỗ có mô men uốn tính toán.

R_w : Cường độ chịu uốn tính toán của gỗ.

m: Hệ số điều kiện làm việc do ảnh hưởng của hình dạng và kích thước tiết diện (nếu cạnh tiết diện nhỏ hơn 15cm thì $m = 1$, nếu cạnh tiết diện lớn hơn hoặc bằng 15cm thì $m = 1,15$ đối với gỗ xẻ, $m = 1,2$ đối với gỗ tròn).

b) Kiểm tra về ứng suất tiếp

$$\tau = \frac{Q.S_x}{J_x.b} \leq R_w \quad (2-12)$$

Trong đó:

Q: Lực cắt tính toán trên tiết diện đang xét.

S_x : Mô men tĩnh của phần tiết diện nguyên bị trượt đối với trục chính trung tâm x.

J_x : Mô men quán tính chính trung tâm của tiết diện.

b: Bề rộng tiết diện ở mặt trượt.

R_w : Cường độ trượt dọc thớ của gỗ.

$$\text{Đối với tiết diện chữ nhật } \tau = \frac{3}{2} \frac{Q}{F}$$

$$\text{Đối với tiết diện hình tròn } \tau = \frac{4}{3} \frac{Q}{F}$$

Chỉ kiểm tra ứng suất tiếp đối với các cấu kiện có chiều dài ngắn (Tỷ số chiều dài cấu kiện và chiều cao tiết diện $\frac{l}{h} \leq 5$ mà lại chịu trọng tải lớn, hoặc khi có tải trọng tập trung lớn gần gối đỡ).

c) Kiểm tra về độ vông cấu kiện (độ cung)

$$\frac{f}{l} \leq \left[\frac{f}{l} \right] \quad (2-13)$$

Ở đây - $\frac{f}{l}$ tính theo công thức của sức bền vật liệu $\frac{f}{l} = \frac{kM.I}{E.J}$

$\left[\frac{f}{l} \right]$ - độ vông cho phép của cấu kiện lấy theo bảng 2 (Phụ lục)

- Dầm hai đầu khớp chịu tải trọng phân bố đều $k = 0,104$

- Dầm hai đầu khớp chịu tải trọng tập trung ở giữa $k = 0,083$

d) Thiết kế tiết diện của cấu kiện

Từ điều kiện về cường độ (2-11) ta có:

$$W_{TK} \geq \frac{M}{R_u} \quad (2-14)$$

Có W_{TK} tìm ra kích thước tiết diện của cấu kiện, nếu tiết diện tròn từ W_{TK} tìm d, nếu tiết diện chữ nhật từ W_{TK} tìm b, h.

- Sau khi có kích thước tiết diện, tính toán kiểm tra cấu kiện theo độ võng cho phép $\left[\frac{f}{l}\right]$

Ta có thể chọn tiết diện cấu kiện theo độ võng cho phép $\left[\frac{f}{l}\right]$

Từ: $\frac{f}{l} = \frac{M \cdot l}{E \cdot J} \leq \left[\frac{f}{l}\right]$

Ta có: $J_x \geq -\frac{M \cdot l}{E \cdot \left[\frac{f}{l}\right]}$

Sau khi tìm được J_x ta tính được kích thước tiết diện.

- Tiết diện chữ nhật $J_x = \frac{b \cdot h^3}{12}$

- Tiết diện tròn $J_x = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$

Thí dụ 2-4:

Chọn tiết diện cho 1 dầm gỗ liên kết 2 đầu là khớp - Chiều dài dầm gỗ $l = 4,5m$, chịu trọng tải phân bố đều $q_{ic} = 4 \text{ KN/m}$, tải trọng tính toán $q = 4,85 \text{ KN/m}$, độ võng tương đối cho phép $\left[\frac{f}{l}\right] = 1/250 : R_u = 1,3 \text{ KN/cm}^2$.

Giải:

- Tính $M_{max} = \frac{q l^2}{8} = \frac{4,85 \cdot 4,5^2}{8} = 12,474 \text{ KNm}$

- Chọn tiết diện của dầm hình chữ nhật, b và $h \geq 15\text{cm}$.

$$W_1 = \frac{M_{max}}{m \cdot R_u} = \frac{12,474 \cdot 10^2}{1,15 \cdot 1,3} = 832 \text{ cm}^3$$

- Tính mô men quán tính:

$$J_1 = \frac{5}{384} \cdot \frac{q^2 \cdot l^3}{E} \left[\frac{l}{f} \right] = \frac{5}{384} \times \frac{40 \times 4,5^3 \times 250}{10^6} \approx 12000 \text{ cm}^4$$

Cạnh tiết diện chữ nhật tỷ số $\frac{h}{b} = 1,25 \rightarrow b = 0,8 \cdot h$

$$W_1 = \frac{0,8 \cdot h^3}{6}; J_x = \frac{0,8 \cdot h^4}{12}$$

Kích thước tiết diện:

- Theo cường độ: $h = \sqrt[3]{\frac{6W}{0.8}} = \sqrt[3]{\frac{6 \times 832}{0.8}} = 18.4\text{cm}$
 $b = 0.8 \times 18.4 = 15.1\text{cm}$

- Theo điều kiện độ cứng:

$$h = \sqrt[3]{\frac{12J_x}{0.8}} = \sqrt[3]{\frac{12 \times 12000}{0.8}} = 20.6 \text{ cm}$$

$$b = 0.8 \times 20.6 = 16.5$$

Chọn tiết diện $20 \times 18\text{cm}$ có $W = 12000\text{cm}^3 > W_r$ $J = 12000\text{cm}^4 = J_1$

Như vậy chọn tiết diện theo độ cứng là thích hợp.

2. Uốn xiên

Khi phương tải trọng tác dụng không nằm trong mặt phẳng của 1 trục quán tính chính nào của tiết diện gọi là uốn xiên.

Ta thường gặp là các thanh xà gỗ đặt trên kèo.

Trước hết phân tải trọng tác dụng theo các trục chính của tiết diện $q_y = q \cdot \cos \alpha$; $q_x = q \cdot \sin \alpha$, sau đó tính mô men chống uốn của tiết diện đã thu hẹp W_x và W_y đối với các trục x và y.

a) Kiểm tra cường độ theo công thức

$$\sigma = \sigma_x + \sigma_y = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq R_u \quad (2-16)$$

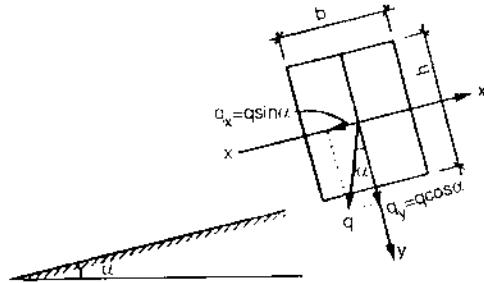
Trong đó R_u là cường độ chịu uốn tính toán của gỗ.

- Để chọn tiết diện cấu kiện ta biến đổi (2-16)

$$\frac{M_x}{W_x} \left(1 + \frac{M_y \cdot W_x}{M_x \cdot W_y} \right) \leq R_u \quad (a)$$

Nếu tiết diện là chữ nhật và nhíp cấu kiện theo 2 trục x và y như nhau thì:

$$\frac{W_x}{W_y} = \frac{h}{b} = k \text{ và } \frac{M_y}{M_x} = \tan \alpha$$



Hình 2.5: Sơ đồ tính toán
cấu kiện uốn xiên

Thay các trị số này vào (a) giải ra đối với W_x sẽ có:

$$W_x \geq \frac{M_x}{R_u} (1 + k \cdot \tan \alpha) \quad (b)$$

b) Kiểm tra theo độ cứng (độ vông) theo công thức

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \leq [f] \quad (2-17)$$

Trong đó: f_x, f_y - Độ vông thành phần đối với trục x và y tính với tải trọng thành phần tiêu chuẩn gây ra (f_x do q_x^{tc} , f_y do q_y^{tc}).

Thí dụ 2-5:

Chọn tiết diện xà gồ cho nhà có mái dốc $\alpha = 25^\circ$.

Cho biết chiều dài nhịp $l = 3,6m$. Tải trọng tiêu chuẩn $q^{tc} = 1,3 \text{ KN/m}$. Tải trọng tính toán $q^n = 1,8 \text{ KN/m}$. Độ vông tương đối cho phép $\left[\frac{f}{l} \right] = 1/200$. Cường độ chịu uốn của gỗ $R_u = 1.3 \text{ KN/cm}^2$.

Giải:

- Phân tải trọng theo 2 phương:

$$q_x^{tc} = 1,3 \cos \alpha = 1,3 \times 0,906 = 1,18 \text{ KN/m}$$

$$q_y^{tc} = 1,3 \sin \alpha = 1,3 \times 0,423 = 0,55 \text{ KN/m}$$

$$q_x^n = 1,8 \cos \alpha = 1,8 \times 0,906 = 1,63 \text{ KN/m}$$

$$q_y^n = 1,8 \sin \alpha = 1,8 \times 0,423 = 0,76 \text{ KN/m}$$

- Tính mô men uốn theo 2 trục:

$$M_x = \frac{1,63 \times 3,6^2}{8} = 2,64 \text{ KNm} ; M_y = \frac{0,76 \times 3,6^2}{8} = 1,23 \text{ KNm}$$

- Chọn xà gồ tiết diện chữ nhật, tỷ số giữa các cạnh tiết diện $k = \frac{h}{b} = 1,2$ và $\tan 25^\circ = 0,456$.

$$W_x = \frac{M_x}{R_u} (1 + k \cdot \tan \alpha) = \frac{2,64 \times 10^2}{1,3} (1 + 0,466 \times 1,2) = 318 \text{ cm}^3$$

$$W_x = \frac{bh^3}{6} = \frac{h^3}{6k}$$

$$\text{ta có } h = \sqrt[3]{6k_x} = \sqrt[3]{6 \times 1,2 \times 318} = 13,2 \text{ cm}$$

$$b = \frac{h}{k} = \frac{13,2}{1,2} = 11 \text{ cm}$$

Dùng tiết diện xà gồ kích thước $12 \times 14 \text{ cm}$ - có $W_x = 391 \text{ cm}^3$; $W_y = 336 \text{ cm}^3$; $J_x = 2740 \text{ cm}^4$, $J_y = 2018 \text{ cm}^4$.

- Kiểm tra ứng suất :

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} = \frac{2,64 \times 10^2}{391} + \frac{1,23 \times 10^2}{336} = 1,04 \text{ KN/cm}^2$$

$$\sigma = 1,04 \text{ KN/cm}^2 < R_u = 1,3 \text{ KN/cm}^2$$

- Kiểm tra độ vông :

$$\frac{f}{l} = \frac{\sqrt{f_x^2 + f_y^2}}{L} = \frac{1}{360} \sqrt{0,598^2 + 1,04^2} = \frac{1}{300} < \left[\frac{f}{l} \right]$$

Trong đó :

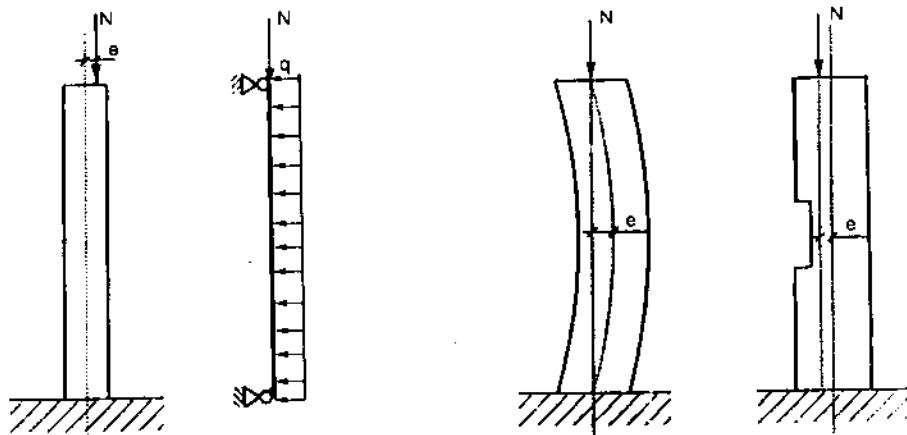
$$f_x = \frac{5 \cdot q_y l^4}{384 \cdot E \cdot J_y} = \frac{5 \times 5,5 \times 3,6^4 \times 10^8}{384 \times 10^6 \times 2018} = 0,598 \text{ cm}$$

$$f_y = \frac{5 \cdot q_x l^4}{384 \cdot E \cdot J_x} = \frac{5 \times 11,8 \times 3,6^4 \times 10^8}{384 \times 10^6 \times 2740} = 1,042 \text{ cm}$$

Như vậy tiết diện đã chọn $12 \times 14 \text{ cm}$ là phù hợp.

§2-4. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU NÉN - UỐN

Trong kết cấu gỗ thường gặp các cấu kiện vừa chịu lực nén dọc, vừa chịu mô men uốn như cột chịu lực nén lệch tâm, cột vừa chịu lực mái vừa chịu gió, cấu kiện bị cong hay có lỗ khuyết không đối xứng (hình 2-6).



Hình 2.6: Các loại cấu kiện chịu nén uốn

1. Kiểm tra ứng suất trong mặt phẳng uốn

$$\sigma = \frac{N}{F_{th}} + \frac{M}{\xi \cdot W_{th}} \cdot \frac{R_n}{R_u} \leq R_n \quad (2-18)$$

- Hệ số ξ xét đến hiện tượng tăng mô men do ảnh hưởng của lực dọc N gây ra và tính theo công thức:

$$\xi = 1 - \frac{N}{N_{th}}$$

$$N_{th} = \varphi \cdot F_u \cdot R_n$$

Ở đây λ xác định trong mặt phẳng uốn với chiều dài tính toán như cấu kiện chịu nén đúng tâm.

Nếu $\xi = 1$ ta có $\lambda = 0$, nghĩa là thanh rất cứng, không cần xét đến biến dạng của nó, lúc này (2-18) sẽ là:

$$\sigma = \frac{N}{F_{th}} + \frac{M}{W_{th}} \cdot \frac{R_n}{R_u} \leq R_n.$$

Nếu $\xi = 0$ ta có $N = R_n \cdot \varphi \cdot F$ (vì $\frac{3100}{\lambda^2} = \varphi$), trong trường hợp này, toàn bộ khả năng chịu lực của cấu kiện là để chịu lực nén, không cho phép có thêm lực uốn tác dụng.

- Tỉ số $\frac{R_n}{R_u}$: Hệ số quy đổi ứng suất tương đương giữa cường độ chịu nén và uốn của gỗ.

- Quy phạm quy định: Nếu ứng suất uốn $\frac{M}{W} \leq 10\% \frac{N}{F}$ thì không xét đến mô men uốn, tính như cấu kiện chịu nén đúng tâm theo điều kiện ổn định.

2. Kiểm tra ứng suất trong mặt phẳng vuông góc với mặt phẳng uốn

Trường hợp này bỏ qua mô men uốn và tính như cấu kiện chịu nén đúng tâm theo điều kiện ổn định (2-3).

3. Chọn tiết diện của cấu kiện chịu nén - uốn

$$\text{Căn cứ vào độ lệch tâm } c = \frac{M}{N}$$

$$\text{Nếu } c > 25\text{cm} \text{ thì } W = \frac{M}{0,86 \cdot R_n}$$

$$\text{Nếu } 1\text{cm} < c < 25\text{cm} \text{ thì } W = \frac{N}{R_n} \left[3,3 + 0,35(l-1)^2 + \frac{M}{N} \right]$$

Đơn vị của l là m, N là KN, R_u là KN/cm², M là KN.cm.

Nếu $e \leq 1$ cm thì tính như cấu kiện chịu nén đúng tâm.

Thí dụ 2-6:

Chọn tiết diện cho một kết cấu chịu nén - uốn.

Biết chiều dài kết cấu 3m, hai đầu liên kết ngầm cố định, lực nén tính toán $N = 200$ KN
mô men uốn tính toán $M = 4$ KNm, cường độ tính toán của gỗ $R_u = 1,3$ KN/cm², $R_v = 1,5$ KN/cm².

Giai:

$$\text{Độ lệch tâm } c = \frac{M}{N} = \frac{400}{200} = 2\text{cm} ; 1\text{cm} < e < 25\text{cm}$$

$$\text{Tính } W_s = \frac{N}{R_u} \left[3,3 + 0,35(l-1)^2 + \frac{400}{200} \right] = \frac{200}{1,3} \left[3,3 + 0,35(3-1)^2 + \frac{400}{200} \right] = 726\text{cm}^3$$

Chọn tiết diện chữ nhật 16×18 cm thì $W_s = 768\text{cm}^3$ và $F = 16 \times 18 = 288\text{cm}^2$.

Chiều dài tính toán của thanh

$$l_0 = \mu \cdot l = 0,65 \times 300 = 195\text{cm}$$

$$r_{max} = r_x = 0,289 \cdot h = 0,289 \times 18 = 5,2\text{cm}$$

$$\text{Độ mảnh } \lambda_s = \frac{l_0}{r_x} = \frac{195}{5,2} = 37,5$$

$$\varphi = 1 - 0,8 \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2 = 1 - 0,8 \left(\frac{37,5}{100} \right)^2 = 0,887$$

$$\xi = 1 - \frac{N}{N_{th}} = 1 - \frac{200}{0,887 \cdot 1,3 \cdot 288} = 0,4$$

Kiểm tra về cường độ

$$\sigma = \frac{N}{F} + \frac{M}{\xi \cdot W} \cdot R_u = \frac{200}{288} + \frac{400}{0,4 \cdot 864} \cdot \frac{1,3}{1,5} = 1,35\text{KN/cm}^2$$

$$\sigma = 1,35\text{KN/cm}^2 > R_u = 1,3\text{KN/cm}^2$$

Nhưng $\frac{\sigma - R_u}{R_u} = 3,7\%$ nhỏ hơn giới hạn quy phạm cho phép 5%

- Như vậy vẫn cho phép sử dụng.

Kiểm tra cấu kiện ngoài mặt phẳng uốn:

$$r_y = 0,289 \cdot b = 0,289 \cdot 16 = 4,6\text{cm}$$

$$\lambda_y = \frac{195}{4,6} = 42,3$$

$$\varphi = 1 - 0,8 \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2 = 1 - 0,8 \left(\frac{42,3}{100} \right)^2 = 0,857$$

$$\sigma = \frac{N}{\varphi F} = \frac{200}{0,857 \cdot 288} = 0,8 \text{ KN/cm}^2 < R_u = 1,3 \text{ KN/cm}^2$$

Vậy tiết diện $(16 \times 18) \text{ cm}^2$ là đảm bảo chịu lực.

§2-5. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU KÉO - UỐN

Nguyên nhân gây ra hiện tượng kéo - uốn cũng giống như trường hợp chịu nén - uốn, nhưng ở đây lực dọc trực N là lực kéo.

$$\text{Khi tính toán dùng công thức : } \sigma = \frac{N}{F_{th}} + \frac{M}{W_{th}} \cdot \frac{R_k}{R_u} \leq R_k \quad (2-20)$$

Trong đó :

N: Lực kéo tính toán

M: Mô men do tải trọng ngang hoặc lực dọc tác dụng lệch tâm gây ra

W_{th}, F_{th} : Tính tại tiết diện có mô men tính toán M.

Chương 3

LIÊN KẾT KẾT CẤU GỖ

Mục đích liên kết là để tăng chiều dài cấu kiện hoặc mở rộng tiết diện, ghép nối các cấu kiện thành kết cấu chịu lực hoàn chỉnh.

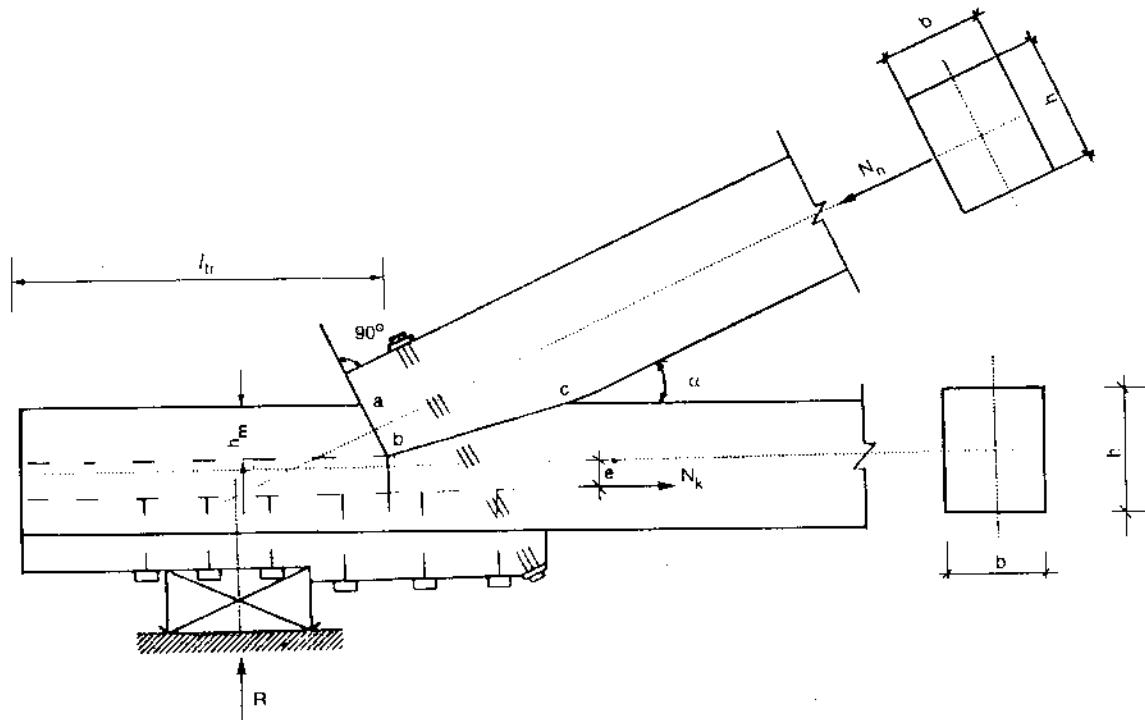
Chúng ta thường gặp 4 hình thức liên kết trong kết cấu gỗ:

- Liên kết mộng.
- Liên kết chốt.
- Liên kết chêm.
- Liên kết dán.

§3-1. LIÊN KẾT MỘNG

Liên kết mộng thường dùng ở những thanh chịu nén, đặc điểm sự làm việc của liên kết mộng là lực truyền qua mặt tiếp xúc.

1. Mộng đuôi kèo 1 răng



Hình 3.1

a) Yêu cầu cấu tạo

- $2\text{cm} \leq h_m \leq \frac{h}{3}$
- $1,5h \leq l_b \leq 10h_m$
- Mặt truyền lực (qua ab) phải khít chật.

Trong đó:

h_m : Chiều sâu rãnh mộng.

h : Chiều cao quá giang.

l_b : Chiều dài mặt trượt quá giang.

- Lực nén của kèo N_n vuông góc và đi qua trọng tâm mặt truyền lực (mặt bị ép).
- Giao điểm của N_n (Lực nén của thanh kèo) và N_k (lực kéo của thanh quá giang) là tâm của gỗ đệm trên đỉnh cột.
- N_k đi qua trọng tâm tiết diện thu hẹp F_{th} .

b) Tính toán liên kết mộng

- Kiểm tra chịu ép mặt theo công thức:

$$\sigma = \frac{N_n}{F_{em}} \leq R_{em}^{\alpha} \quad (3-1)$$

Trong đó:

N_n : Lực nén tính toán của kèo tác dụng lên diện tích ép mặt.

F_{em} : Diện tích ép mặt : $F_{em} = \frac{b \cdot h_m}{\cos \alpha}$

b : Chiều rộng thanh kèo thường lấy như bê rộng quá giang.

h_m : Chiều sâu rãnh mộng.

Từ (3-1):

$$b \cdot h_m \geq \frac{N_n \cdot \cos \alpha}{R_{em}^{\alpha}} \text{ lấy } h_m = \frac{h}{3} \text{ và đặt } \frac{h}{b} = k \text{ ta có } h \geq \sqrt{\frac{3 \cdot k \cdot N_n \cdot \cos \alpha}{R_{em}^{\alpha}}} \quad (3-2)$$

R_{em}^{α} : tính theo (1-1)

α : Góc hợp bởi trực thanh kèo và quá giang.

- Kiểm tra trượt ở đuôi mộng.

$$\sigma = \frac{N_n}{F_b} \leq R_b^{\alpha} \quad (3-3)$$

Trong đó:

$$N_{tr} = N_k = N_n \cos \alpha$$

F_{tr} : Diện tích mặt trượt $F_{tr} = b \cdot l_{tr}$

b: Bề rộng của thanh quá giang

l_{tr} : Chiều dài mặt trượt

$$l_{tr} \geq \frac{N_{tr}}{b \cdot R_{tr}^{tb}} \quad (3-4)$$

R_{tr}^{tb} : Cường độ chống trượt trung bình.

$$R_{tr}^{tb} = \frac{R_{tr}}{1 + \beta \frac{l_{tr}}{e}} \quad (3-5)$$

R_{tr} : Cường độ chống trượt của gỗ lấy theo bảng 1

β : Hệ số phụ thuộc hình thức trượt.

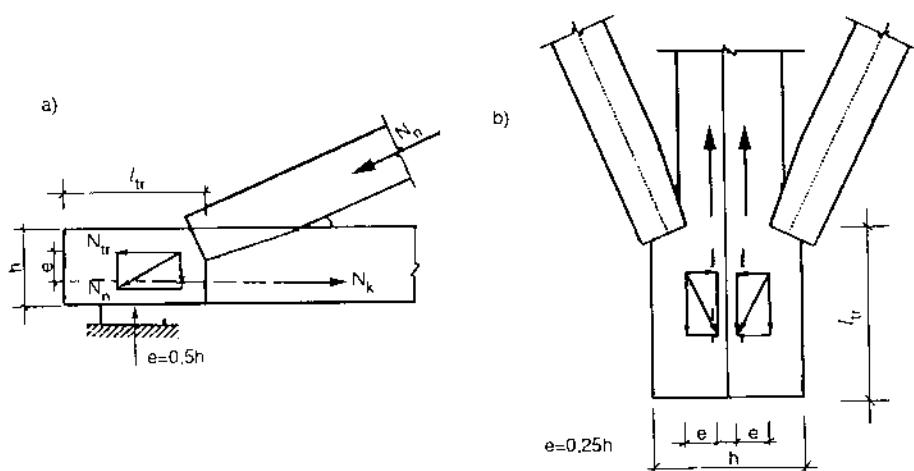
- Trượt 1 phía $\beta = 0,25$ (hình 3-2a)

- Trượt 2 phía $\beta = 0,125$ (hình 3-2b)

e: Độ lệch tâm của lực trượt.

$e = 0,5h$ đối với lực trượt 1 phía

$e = 0,25h$ khi rãnh mộng ở 2 phía và chịu lực đối xứng (hình 3-2)



Hình 3.2:

a) Trượt 1 phía; b) Trượt 2 phía.

- Kiểm tra cấu kiện bị giảm yếu do khác rãnh mộng gây ra.

$$\frac{N_k}{F_{th}} \leq R_k$$

N_k : Lực kéo tác dụng lên quá giang.

R_k : Cường độ chịu kéo dọc thớ của gỗ.

F_{th} : Diện tích tiết diện bị thu hẹp của cấu kiện do rãnh mộng.

$$F_{th} = b (h - h_m) \quad (3-6)$$

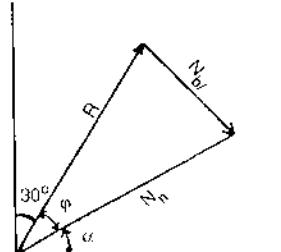
- Bu lông bảo hiểm:

Bu lông vừa có tác dụng xiết chặt thanh kèo vào quá giang vừa để phòng trường hợp liên kết bị phá hoại do trượt hoặc đứt do giảm yếu tố tiết diện. Thực nghiệm cho ta tính được lực bu lông phải chịu:

$$N_{bl} = N_n \operatorname{tg}(60^\circ - \alpha) \quad (3-7)$$

Có N_{bl} tính

$$F_{bl} = \frac{N_{bl}}{R_a}$$



Hình 3.3: Cân bằng lực mộng 1 răng

R_a : Cường độ chịu lực của thép làm bu lông.

F_{bl} : Diện tích tiết diện của bu lông lấy theo bảng.

Đường kính bu lông	mm	12	14	16	18	20	22	24
Diện tích thu hẹp b	cm^2	0,762	1,05	1,44	1,76	2,25	2,81	3,24

- Đinh đóng guốc kèo vào quá giang.

Xác định lực tác dụng lên đinh phải chịu (T_d).

$$T_d = N_{bl} \sin \alpha - 0,2 N_{bl} \cos \alpha \quad (3-8)$$

(0,2 là hệ số ma sát mặt tiếp xúc guốc kèo vào quá giang).

Sau khi có T_d tính được số lượng đinh cần dùng.

- Guốc kèo: Thông thường chọn gỗ cùng loại với quá giang, có bề rộng bằng bề rộng quá giang, có chiều cao bằng chiều sâu rãnh mộng.

Thí dụ 3-1

Thiết kế mộng đuôi kèo 1 răng, thanh kèo chịu lực nén tính toán $N_n = 90 \text{ KN}$ dốc của kèo $\alpha = 36^\circ$.

Biết $R_{em} = 1,3 \text{ KN/cm}^2$, $R_{em}^{90} = 0,3 \text{ KN/cm}^2$.

$R_{tr} = 0,24 \text{ KN/cm}^2$, $R_k = 0,8 \text{ KN/cm}^2$

Bu lông chế tạo từ thép có cường độ $R_a = 21 \text{ KN/cm}^2$. Tiết diện quá giang chũ nhật có $h = 1,5b$.

Giai:

- Chọn kích thước tiết diện quá giang.

Từ điều kiện chịu ép mặt

$$\frac{N_n}{F_{em}} = \frac{N_n}{b \cdot h_m} \leq R_{em}^{\alpha} \rightarrow b \cdot h_m \geq \frac{N_n \cos \alpha}{R_{em}^{\alpha}}$$

Lấy $h_m = \frac{h}{3}$, đặt $\frac{h}{b} = k$

$$\frac{h^2}{3k} = \frac{N_n \cos \alpha}{R_{em}^{\alpha}} \rightarrow h = \sqrt{\frac{3k \cdot N_n \cos \alpha}{R_{em}^{\alpha}}}$$

$$h = \sqrt{\frac{3 \times 1,5 \times 90 \times 0,8}{0,76}} = 20,6 \text{ cm}$$

$$b = \frac{20,6}{1,5} = 13,7 \text{ cm}$$

Chọn $b = 14 \text{ cm}$, $h = 20 \text{ cm}$.

- Tính chiều dài mặt trượt l_{tr} theo điều kiện cường độ chịu trượt của gỗ. Sơ bộ chọn l_{tr} theo yêu cầu cấu tạo.

$$10 \cdot h_m \geq l_{tr} \geq 1,5h; \frac{h}{3} \geq h_m \geq 2 \text{ cm}$$

lấy $h_m = 6 \text{ cm}$; $l_{tr} = 50 \text{ cm}$.

Tính l_{tr} theo cường độ: $l_{tr} = \frac{N_n \cos \alpha}{b \cdot R_{tr}^{tb}}$

$$R_{tr}^{tb} = \frac{R_u}{1 + 0,25 \cdot \frac{l_{tr}}{0,5h}} = \frac{0,24}{1 + 0,25 \times \frac{50}{10}} = 0,11 \text{ KN/cm}^2$$

$$l_{tr} = \frac{90 \times 0,8}{14 \times 0,11} = 47 \text{ cm}$$

Như vậy chọn $l_{tr} = 50 \text{ cm}$ là thích hợp cả điều kiện cấu tạo và điều kiện chịu lực.

- Kiểm tra tiết diện giảm yếu của quá giang do rãnh mộng.

$$\sigma = \frac{N_k}{F_{th}} \leq R_k; N_k = N_n \cos \alpha; F_{th} = b(h - h_m)$$

$$\sigma = \frac{90 \times 0,8}{14(20 - 6)} = 0,37 \text{ KN/cm}^2 < R_k = 0,8 \text{ KN/cm}^2$$

Kết cấu làm việc an toàn.

- Tính bu lông bảo hiểm:

$$N_{bl} = N_n \operatorname{tg}(60^\circ - \alpha) = 90 \times 0,46 = 40\text{KN}$$

$$F_{bl} = \frac{N_{bl}}{R_a} = \frac{40}{21} = 1,9\text{cm}^2$$

Chọn bu lông đường kính $d = 20$ có $F_{bl} = 2,25\text{cm}^2$.

2. Móng 2 răng

Khi lực nén N_n lớn, móng một răng không đủ khả năng chịu ép mặt, ta phải thiết kế móng 2 răng. Như vậy móng hai răng mục đích tăng tiết diện mặt ép (F_{em}) để đủ khả năng chịu lực.

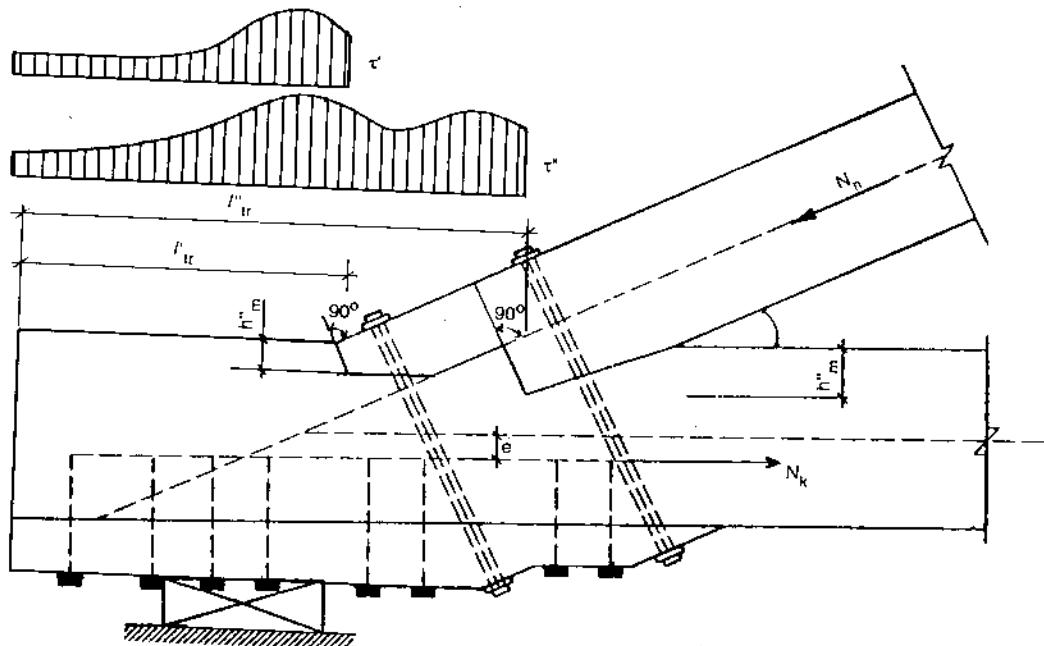
- Yêu cầu cấu tạo.

+ Chiều dài mặt trượt thứ nhất là I'_{tr}

$$1,5h \leq I'_{tr} \leq 10h_m$$

+ Chiều dài mặt trượt thứ hai là I''_{tr}

$$I'_{tr} + \frac{h_k}{2 \sin \alpha} \leq I''_{tr} \leq 10h_m$$



Hình 3.4: Móng 2 răng

+ Đinh răng thứ hai nằm trên đường trục của thanh chịu nén để ứng suất phân bố tương đối đều trên các diện tích ép mặt.

+ Độ sâu rãnh thứ nhất : $h_m \geq 2\text{cm}$

+ Độ sâu rãnh thứ hai : $\frac{h}{3} \geq h_m + 2\text{cm}$

Các trục thanh N_k , N_n cũng phải hội tụ như móng 1 răng, N_k đi qua trọng tâm tiết diện thu hẹp F_{th} .

+ $F_{em} = F'_{em} + F''_{em}$. Diện tích ép mặt của từng răng tỷ lệ với lực dọc tác dụng lên răng đó. Vì vậy:

$$\begin{aligned}\frac{N'_{em}}{N_{em}} &= \frac{F'_{em}}{F_{em}} = \frac{N'_{tr}}{N_{tr}} \\ \rightarrow N'_{tr} &= N_{tr} \frac{F'_{em}}{F_{em}}\end{aligned}\quad (3-9)$$

Trong đó:

N'_{tr} : Lực trượt tính toán đối với răng thứ nhất.

$N_{tr} = N_n \cos \alpha$: Lực trượt toàn bộ, cũng là lực trượt tính toán đối với răng thứ hai.

+ Do chế tạo khó chính xác, khi chịu lực răng thứ nhất làm việc nặng nề hơn. Vì vậy cần có hệ số điều kiện làm việc. Khi tính l'_n hệ số điều kiện làm việc bằng 0,8, khi tính l''_n hệ số điều kiện làm việc bằng 1,15.

Công thức tính về cường độ chịu lực của gỗ chịu trượt:

$$R'^{tb}_{tr} = 0,80 R^{tb}_{tr} \quad (3-10)$$

$$R''^{tb}_{tr} = 1,15 R^{tb}_{tr}$$

$$l'_n = \frac{N_n \cos \alpha}{b \cdot 1,15 R^{tb}_{tr}} \quad (3-11)$$

$$l''_n = l'_n - \frac{h}{2 \sin \alpha} \quad (3-12)$$

+ Kiểm tra tiết diện giảm yếu của quá giang khi tính F_{th} .

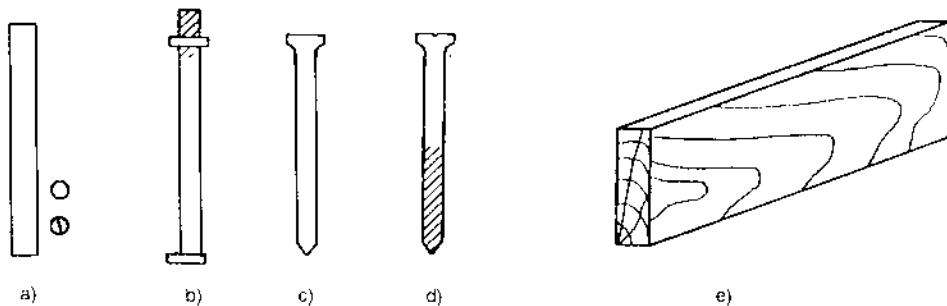
$$F_{th} = b(h - h_m)$$

+ Bu lông bảo hiểm, đặt mỗi răng 1 bu lông.

§3-2. LIÊN KẾT CHỐT

Chốt là những loại thanh tròn hoặc tấm nhỏ dùng để nối dài các thanh gỗ, làm tăng tiết diện các thanh ghép, liên kết các cấu kiện thành cấu kiện chịu lực hoàn chỉnh.

Có 2 loại chốt - chốt trụ bằng thép tròn (bu lông, đinh...) chốt bản bằng gỗ, thép.



Hình 3.5.

- a) Chốt trụ bằng thép (đặc rỗng); b) Bu lông;
c) Đinh ; d) Đinh vít ; e) Chốt bản bằng gỗ.

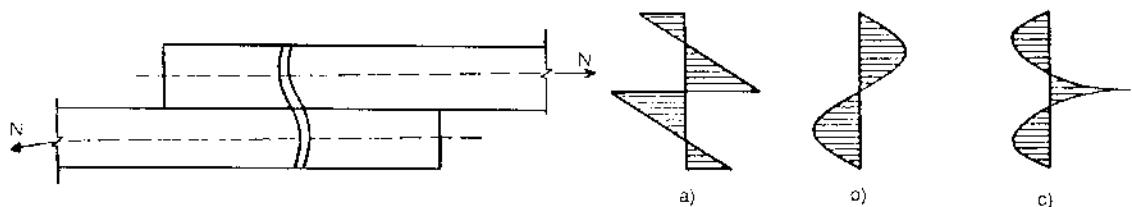
- Chốt trụ bằng gỗ, thép có đường kính $d \geq 12\text{mm}$. Khi dùng đinh đường kính $d \geq 6\text{mm}$ thì phải khoan lỗ trước khi đóng đinh, đường kính lỗ khoan = $0,9d$ đinh.

a) Đặc điểm làm việc của chốt

Chốt có tác dụng chống lại hiện tượng trượt xảy ra giữa các phân tố được ghép khi chịu ngoại lực tác dụng. Khi liên kết bị phá hoại do 2 khả năng hoặc chốt bị cắt ở tiết diện ngang tại mặt tiếp xúc giữa 2 phân tố, hoặc chốt bị biến dạng gây ra hiện tượng ép mặt ở phân tố gỗ.

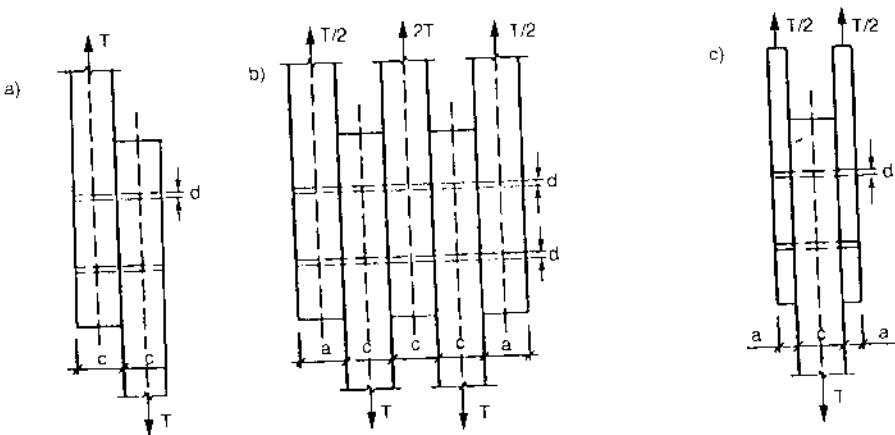
b) Tính chốt trụ

Do đặc điểm làm việc của chốt, xác định khả năng chịu lực của chốt khi bị uốn và khả năng của các phân tố, gỗ bị ép mặt.



Hình 3.6: Sơ đồ tính toán của chốt một mặt cắt bị biến dạng.

- a) Sơ đồ tính toán của chốt ; b) Biểu đồ mômen của chốt ; c) Biểu đồ lực cắt của chốt



Hình 3.7: Sơ đồ liên kết bằng chốt trụ

- a) *Liên kết bằng chốt trụ 1 mặt cắt (không đối xứng);*
 b,c) *Liên kết bằng chốt trụ nhiều mặt cắt đối xứng.*

- Ký hiệu : a,c là bề dày của phân tố biên và giữa trong liên kết.

- T_{em}^a, T_{em}^c : Khả năng chịu lực của một mặt cắt của chốt trụ tính theo điều kiện ép mặt ở phân tố biên và phân tố giữa.

- T_u : Khả năng chịu lực của một mặt cắt của chốt trụ khi tính theo điều kiện uốn của chốt.

T_{em}^a, T_{em}^c, T_u - lấy theo công thức thực nghiệm ở bảng 3 (Phụ lục).

Trong công thức trên:

* a, c, d đơn vị tính là cm.

T là khả năng chịu lực của một mặt cắt chốt (KN).

T có giá trị nhỏ nhất trong T_{em}^a, T_{em}^c, T_u .

Biết lực tác dụng N vào liên kết.

$$\text{Số chốt cần thiết sẽ là } n \geq \frac{N}{m_c \cdot T} \quad (3-13)$$

Trong đó :

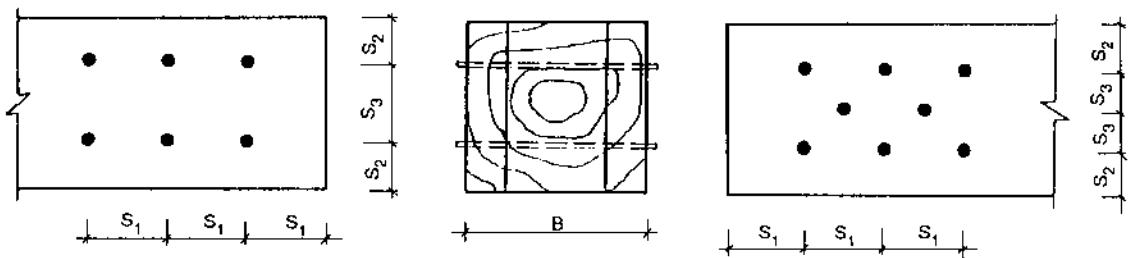
m_c : là số mặt cắt tính toán trên một thân chốt

n: số chốt cần thiết trong liên kết

- Công thức tính trong bảng 3 áp dụng cho những liên kết mà lực tác dụng dọc theo thớ của gỗ, khi tác dụng hợp 1 góc α với phương thớ gỗ của 1 phân tố nào đó của liên kết, thì các trị số tính được theo công thức trên phải nhân với hệ số điều chỉnh k_α khi tính ép mặt, và nhân tố hệ số $\sqrt{k_u}$ khi tính theo bị uốn.

Trường hợp α và d không ghi trong bảng 3 có thể xác định k_α bằng các nội suy.

c) Bố trí chốt trụ

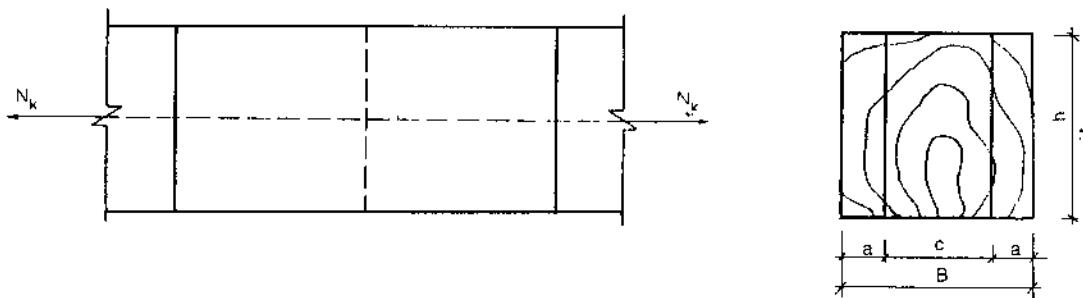


Hình 3.8: Các cách bố trí chốt trụ
a) Bố trí song song ; b) Bố trí so le.

Để đảm bảo liên kết và kết cấu làm việc an toàn trong sử dụng, khi bố trí chốt phải tuân theo quy định ở bảng trên có thể lấy khoảng cách lớn hơn, nhưng theo số chẵn để thi công.

Thí dụ 3-2

Tính toán liên kết 2 thanh gỗ để làm quá giang vì kèo. Biết gỗ làm quá giang có kích thước $12 \times 18\text{cm}$, chịu lực kéo tính toán $N_k = 62\text{ KN}$.



Giai:

- Kích thước quá giang : $c.h = (12 \times 18)\text{ cm}^2$.
- Chọn bản gỗ nẹp liên kết cùng chủng loại, chiều dày $a = \frac{c}{2} = 6\text{cm}$
- Chọn đường kính chốt bu lông $d = 16\text{mm}$.
- Tính khả năng chịu lực của 1 mặt cắt 1 chốt. (mặt cắt đối xứng).

$$T_{em}^a = 0,8ad = 0,8 \times 6 \times 1,6 = 7,7\text{KN}$$

$$T_{em}^c = 0,5cd = 0,5 \times 12 \times 1,6 = 9,6\text{KN}$$

$$T_u = 1,8.d^2 + 0,02.a^2 = 1,8 \cdot 1,6^2 + 0,02 \cdot 6^2 = 5,32\text{ KN}$$

Tính theo giới hạn $T_u \leq 2,5d^2 = 2,5 \times 1,62^2 = 6,4 \text{ KN}$

Trong tính toán lấy khả năng chịu lực nhỏ nhất của 1 mặt cắt:

$$T = T_u = 5,32 \text{ KN}$$

- Số lượng chốt cần cho 1 bên liên kết:

$$n = \frac{N}{m_c T} = \frac{62}{2 \times 5,32} = 5,8$$

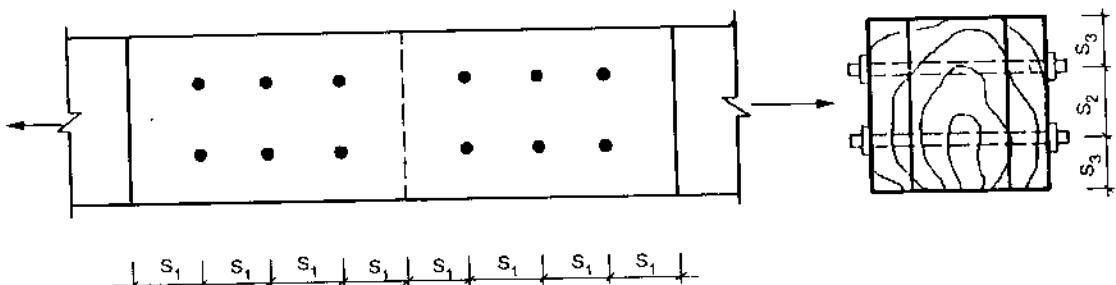
Bố trí mỗi bên liên kết 6 bu lông.

- Bố trí chốt: $B > 10d$

$$S_1 = 7d = 7 \times 1,6 = 11,2 \text{ cm}; \text{ Lấy chấn } S_1 = 12 \text{ cm}$$

$$S_2 = 3,5d = 3,5 \times 1,6 = 5,6 \text{ cm}; \text{ lấy chấn } S_2 = 8 \text{ cm}$$

$$S_3 = 3d = 3 \times 1,6 = 4,8 \text{ cm}; \text{ lấy chấn } S_3 = 5 \text{ cm}$$



d) Tính toán ghép nối bằng đinh chịu lực

Đinh có đầu nhọn và mũ đinh. Đinh được đóng trực tiếp vào gỗ, nếu đường kính đinh lớn ($d > 0,6 \text{ cm}$) thì phải khoan mồi rồi mới đóng, do tính chất làm việc nên cũng xếp đinh thuộc loại chốt.

Tính toán đinh: Tính khả năng chịu lực tại một mặt cắt được tính theo bảng như tính chốt gỗ và chốt thép, nhưng đối với đinh cần chú ý :

* Đinh đóng vào gỗ có thể xuyên qua hết các bản gỗ ghép hoặc không xuyên qua hết các bản gỗ ghép và được tính như sau:

- Trường hợp đinh đóng xuyên qua hết các bản gỗ ghép thì chiều dày của bản gỗ cuối cùng cũng phải trừ đi $1,5d$ (coi như không làm việc vì bị tước).

$$a_1 = a - 1,5d \geq 4d$$

- Trường hợp đinh đóng không xuyên qua hết các bản gỗ ghép thì chiều dài làm việc của bản gỗ cuối cùng được tính như sau:

$$a_1 = l_d - (a + \Sigma C + m_C \cdot 0,2 + 1,5d) \geq 3,5d$$

Trong đó:

l_d : Chiều dài của đinh

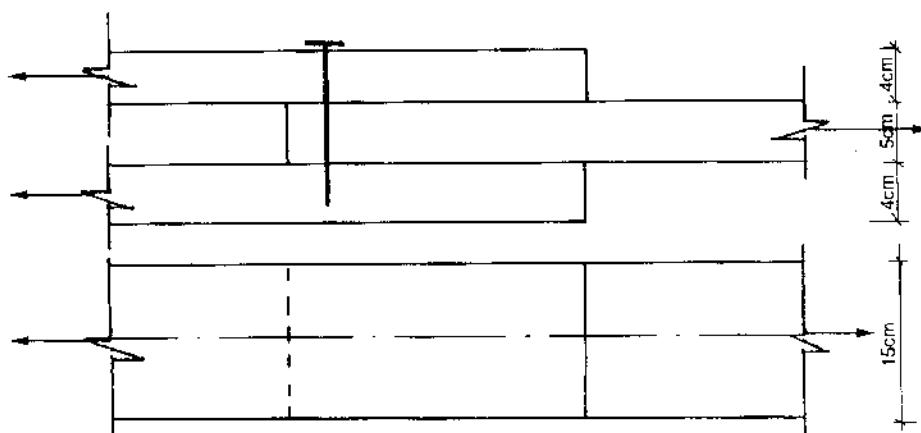
ΣC : Tổng chiều dày gỗ ghép ở chỗ đinh xuyên qua.

$m_C \cdot 0,2\text{cm}$: Tổng các khoảng khe hở giữa các tấm ghép (quy định mỗi khe hở là 2mm).

1,5d: Chiều dài đầu nhọn đinh.

Ví dụ:

Thiết kế một mối nối chịu kéo bằng đinh chịu lực. Chịu lực kéo tính toán $N_K = 4000\text{KG}$. Kích thước tấm ghép như hình vẽ.



Bài giải:

Tính tổng chiều dày gỗ ghép

$$5 + 2 \cdot 4 = 13 \text{ cm}$$

Chọn đường kính đinh: $d = 0,5\text{cm}$ có $l_d = 12,5\text{cm}$

Tính chiều dài tính toán của tấm gỗ ghép cuối cùng mà đinh xuyên qua.

$$a_1 = 12,5 - (4 + 5 + 2 \cdot 0,2 + 1,5 \cdot 0,5) = 2,35\text{cm}$$

$$3,5d = 3,5 \cdot 0,5 = 1,75\text{cm}.$$

Vậy $a_1 = 2,35\text{cm} > 3,5d = 1,75\text{cm}$.

Tính khả năng chịu lực của đinh.

+ Tại mặt cắt 1

$$T_{1a} = 0,8ad = 0,8 \cdot 4 \cdot 0,5 = 1,6 \text{ KN}$$

$$T_{1c} = 0,5 \cdot c \cdot d = 0,5 \cdot 5 \cdot 0,5 = 1,25 \text{ KN}$$

$$T_{1u} = 2,5d^2 + 0,01a^2 = 2,5 \cdot 0,5^2 + 0,01 \cdot 4^2 = 0,785 \text{ KN}$$

Vậy $T_{1\min} = 0,785 \text{ KN}$.

+ Tại mặt cắt 2

$$T_{2a} = 0,8a_1d = 0,8 \cdot 2,35 \cdot 0,5 = 0,94 \text{ KN}$$

$$T_{2c} = 0,5 \cdot c \cdot d = 0,5 \cdot 5 \cdot 0,5 = 1,25 \text{ KN}$$

$$T_{2u} = 2,5d^2 + 0,01a_1^2 = 2,5 \cdot 0,5^2 + 0,01 \cdot 2,35^2 = 0,679 \text{ KN}$$

$$T_{2\min} = 0,679 \text{ KN.}$$

Vậy khả năng chịu lực của một đinh là

$$T = T_{1\min} + T_{2\min} = 0,785 + 0,679 = 1,464 \text{ KN}$$

+ Tính số đinh cần thiết cho liên kết.

$$n \geq \frac{40}{1,464} = 27,4$$

Chọn số đinh là 28

Bố trí 4 hàng đinh mỗi hàng 7 đinh.

$$S_1 = 15d = 15 \cdot 0,5 = 7,5 \text{ cm}$$

$$S_2 = 4d = 4 \cdot 0,5 = 2 \text{ cm} \quad \text{Lấy } S_2 = 3 \text{ cm}$$

$$S_3 = 4d = 4 \cdot 0,5 = 2 \text{ cm} \quad \text{Lấy } S_3 = 3 \text{ cm}$$

Chiều dài mỗi nối là:

$$7,5 + 7,5 \cdot 6 + 7,5 = 60 \text{ cm}$$

Phần II

KẾT CẤU THÉP

Chương 4

THÉP DÙNG TRONG XÂY DỰNG

§4-1. KHÁI NIỆM VỀ KẾT CẤU THÉP TRONG XÂY DỰNG

1. Sơ lược về lịch sử phát triển

Kết cấu thép ra đời sau kết cấu gạch đá và kết cấu gỗ. Năm 465-472 chiếc cầu bằng gang đầu tiên được xây dựng ở Trung Quốc. Đến thế kỷ XVII, ở châu Âu mới bắt đầu xuất hiện một số công trình xây dựng kết cấu bằng kim loại: Cung điện ở Nga, cầu thép ở Anh,... Đến thế kỷ XIX, kết cấu thép phát triển nhanh, một số công trình lớn ra đời. Ở Canada đã xây dựng cầu thép nhịp dài 549m, rộng 36m. Tháp truyền hình ở Liên Xô cao 382m, nhà cao tầng bằng thép ở Mỹ cao 382m. Ở Việt Nam, cầu thép Long Biên dài 1683m (xây dựng năm 1902), cột điện qua sông Hồng cao 160m.

2. Ưu khuyết điểm của thép

a) *Ưu điểm*

- Thép là vật liệu có tính đồng nhất, đẳng hướng, có môđun đàn hồi cao ($E = 2,1 \cdot 10^4 \text{ KN/cm}^2$).
- Là loại vật liệu nhẹ so với kết cấu bê tông hoặc kết cấu gạch đá. Kết cấu thép có thể được chế tạo trước ở hiện trường hoặc trong xưởng, đạt độ chính xác cao.

Kết cấu thép thi công dựng lắp nhanh, các công trình sớm đưa vào sử dụng và phát huy hiệu quả kinh tế.

b) *Nhược điểm*

- Thép dễ bị han gỉ, mất nhiều chi phí bảo dưỡng.
- Kết cấu thép chịu nhiệt kém, nhiệt độ 500°C trở lên thép không còn khả năng chịu lực.

Giá thành thép còn cao, khi xây dựng cần so sánh lựa chọn sử dụng kết cấu nào cho hợp lý, (kết cấu bê tông, kết cấu gạch đá, kết cấu gỗ, kết cấu thép).

§4-2. THÉP DÙNG TRONG XÂY DỰNG

1. Thành phần hoá học của thép

- Thép dùng trong xây dựng phổ biến là loại thép than thấp - hàm lượng cacbon(C) trong thép nhỏ hơn 0,22% - Các ký hiệu thép hay dùng của Liên Xô: CT₀, CT₁, CT₂, CT₃, CT₅... Thép than thấp thành phần chủ yếu là sắt, ngoài ra còn một số thành phần hoá học khác như Mn, Si, P, N, O₂.

Loại CT₀: không dùng trong xây dựng. Loại CT₁, CT₂ chủ yếu dùng làm đinh tán vì cường độ thấp $\sigma_c = 21\text{KN/cm}^2$ và biến dạng lớn $\epsilon = 22\%$. Loại CT₃ dùng phổ biến trong xây dựng, có $\sigma_c = 24\text{KN/cm}^2 \epsilon = 22\%$, độ dai xung kích chống va chạm $a = 0,08\text{ KN/cm}^2$, dễ gia công, dễ hàn. CT₄ chủ yếu dùng cho công nghiệp đóng tàu. CT₅ rất cứng khó gia công chế tạo và khó hàn.

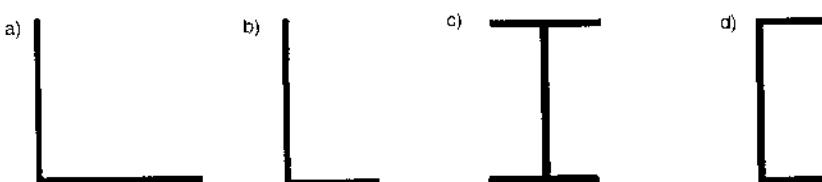
- Để nâng cao tính cơ học của thép và hạn chế một số nhược điểm của nó, người ta đưa thêm vào thành phần của thép một số kim loại mâu như Ni, Cr, Mn, Cu... tỷ lệ kim loại mâu trong thành phần của thép <2,5% và gọi là thép hợp kim thấp. Thép hợp kim thấp có ưu điểm: Cường độ cao, chống ăn mòn tốt, dễ gia công chế tạo, nhưng giá thành còn cao. Ký hiệu của Liên Xô (cũ) 64Г2,15ГС, 15ХЧН.

- Hợp kim nhôm có nhiều ưu điểm: nhẹ (trọng lượng riêng từ 2,7 đến 2,8 tấn/m³ chỉ bằng 1/3 trọng lượng của thép), ít bị ăn mòn. Ở các nước tiên tiến đang dùng nhiều hợp kim nhôm trong công trình xây dựng (giá thành còn đắt).

2. Cường độ tính toán ($R = \text{KN/cm}^2$)

Theo tiêu chuẩn Việt Nam, thép cán róng có 4 nhóm C-I, C-II, C-III, C-IV. Thép nhập từ các nước Đông Âu chủ yếu có các nhóm A-I, A-II, A-III, A-IV, tương đương 4 nhóm của TCVN.

3. Hình dạng thép thường dùng trong ngành xây dựng



Hình 4.1: Các loại thép hình phổ biến

Ngoài ra còn loại thép đúc: vuông, tròn, thép ống tròn

- Loại thép bản có chiều dày từ 4mm đến 60 mm, các cấp khác nhau 2mm.
- Loại thép bản mỏng có chiều dày từ 0,2 đến 4mm thường được dùng làm tấm lợp.
- Các thanh mỏng.

Chương 5

LIÊN KẾT TRONG KẾT CẤU THÉP

Trong kết cấu thép người ta sử dụng 2 loại liên kết:

- Liên kết cơ học: Bu lông, đinh tán.
- Liên kết hoá học: Hàn, dán.

Các liên kết đối với kết cấu thép được dùng phổ biến trong xây dựng là: Liên kết hàn, liên kết đinh tán và liên kết bu lông.

§5-1. LIÊN KẾT HÀN

1. Khái niệm về hàn

Hàn là dùng nhiệt (lửa, hồ quang điện) để đốt nóng cục bộ kim loại nóng chảy lỏng ra hòa lẫn vào nhau khi nguội đông lại, tạo thành đường hàn.

2. Các phương pháp hàn

a) *Hàn hơi (hàn xi)*

Dùng khí ôxy và khí axetylén (đất đèn), các loại khí được chứa trong bình kín, dẫn theo từng ống riêng, có van điều khiển lượng khí theo yêu cầu sử dụng. Khi hàn, các van được mở, khí ôxy và axetylén tạo thành hỗn hợp, hỗn hợp khí bốc cháy tạo nhiệt cao tới 3200°C , ở nhiệt độ cao, thép nóng chảy, kim loại chỗ ghép nối hòa vào nhau, khi nguội tạo thành liên kết hàn.

b) *Hàn điện*

Nguyên tắc: Tạo thành hồ quang điện, đốt nóng chảy kim loại. Thép cần hàn (thép cơ bản) được nối với 1 điện cực của nguồn điện hàn, que hàn được nối với 1 điện cực của nguồn điện. Khi 2 điện cực tiếp xúc sẽ tạo ra hồ quang điện, nhiệt của hồ quang điện làm nóng chảy kim loại thép chỗ ghép nối hòa vào nhau, khi nguội tạo thành đường liên kết hàn. Có 2 phương pháp hàn: Hàn thủ công và hàn tự động.

- Que hàn:

Cấu tạo của que hàn gồm có:

+ Lõi que hàn: là kim loại, số hiệu của kim loại làm lõi que hàn trùng hoặc tương đương với số hiệu của thép cơ bản cần hàn. Tác dụng của lõi que hàn vừa là 1 điện cực, để phát sinh hồ quang điện, đồng thời khi nóng chảy ra, bù vào kim loại đường hàn.

+ Lớp vỏ bọc que hàn: là hỗn hợp gồm bột kim loại, bột đá, thuỷ tinh nước, vỏ bọc quanh lõi que hàn giữ cho hồ quang điện ổn định (liên tục), tạo lớp xỉ ủ mồi hàn nguội chậm, ngăn cản không khí chui vào tạo bọt khí đường hàn.

Que hàn cần được bảo quản không bị ẩm.

c) *Ưu nhược điểm của phương pháp hàn*

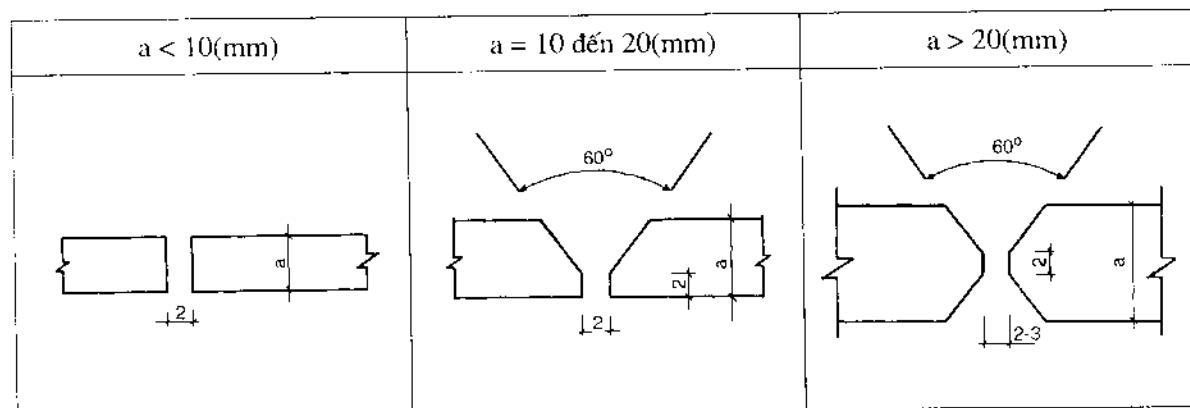
- **Ưu điểm:** So với liên kết bằng đinh tán, bu lông, liên kết hàn tiết kiệm từ 15 đến 20% nguyên liệu và nhân công.

- **Nhược điểm:** Liên kết hàn chịu tải trọng rung động kém.

3. Phân loại đường hàn

a) *Hàn đối đầu*

Thép cơ bản đặt sát vào nhau trên một mặt phẳng. Hàn đối đầu có ưu điểm là không tốn các bản ghép, đường hàn hướng lực truyền đi thẳng, không gây ra hiện tượng tập trung ứng suất. Nhưng khi hàn các bản thép cơ bản có chiều dày a bằng hoặc lớn hơn 10mm thì phải gia công mép bản thép cần hàn nên tốn công.



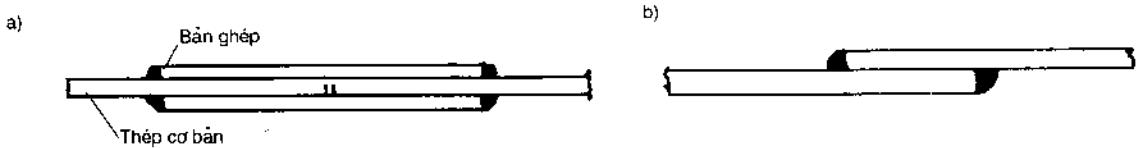
b) *Đường hàn góc*

Thép cơ bản không nằm trên mặt phẳng, ưu điểm không phải gia công mép thép cần hàn, nhưng tốn bản ghép và đường truyền lực qua mối hàn uốn cong, gây hiện tượng tập trung ứng suất, không nên dùng hàn góc chịu tải trọng chấn động.

Đường truyền lực trong đường hàn góc (b).

- Chiều dày để tính toán đường hàn góc δ_h phụ thuộc vào phương pháp hàn: $\delta_h = \beta \cdot h_h$
 - $\beta = 0,7$ khi hàn thủ công
 - $\beta = 0,8$ khi hàn bán tự động
 - $\beta = 1$ khi hàn tự động
- h_h : chiều cao đường hàn $h_h = a$.

bằng chiều dày thép hàn cơ bản (hình 5-1b); hoặc bằng chiều dày bản thép (hình 5-1a), $h_h = a/2$.



Hình 5.1

- a) *Hàn góc dùng bản ghép ốp 2 bên thép cơ bản;*
- b) *Hàn góc thép cơ bản gói lên nhau (hàn chồng).*

+ Khi hàn thép góc vào bản thép thì chiều cao đường hàn quy định như sau:

Nếu $t \leq 6\text{mm}$ thì $h_{h_2} = t - 1\text{mm}$

Nếu $t = 7 - 16\text{mm}$ thì $h_{h_2} = t - 2\text{mm}$

Nếu $t > 16\text{mm}$ thì $h_{h_2} = t - 4\text{mm}$

$$h_{h_1} = (1 \div 1,2)t$$

Trong đó:

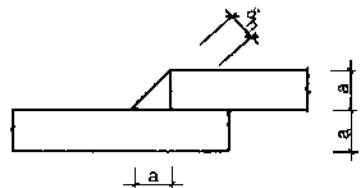
t : Chiều dày trung bình của cánh thép góc.

h_{h_1} : Chiều cao đường hàn phía sống thép góc.

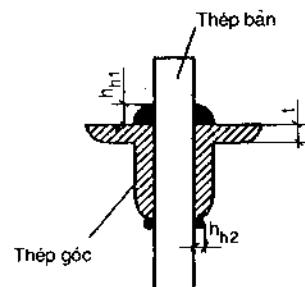
h_{h_2} : Chiều cao đường hàn phía cánh thép góc.

- Chiều dài đường hàn góc: l_h

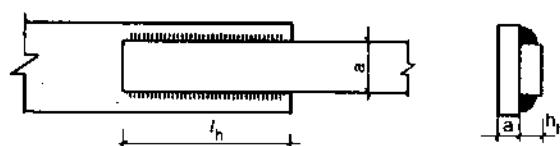
Để hạn chế ứng suất phân bố không đều trên chiều dài đường hàn góc l_h quy định: $4h_h \leq l_h \leq 60h_h$ và $l_h \geq 40\text{mm}$.



Hình 5.2: Chiều dày tính toán đường hàn góc



Hình 5.3: Hàn thép góc vào bản thép



Hình 5.4: Chiều dài đường hàn góc

c) Ký hiệu đường hàn

Tên đường hàn	Hàn ở nhà máy	Hàn ở công trường
Hàn đối đầu	<p>Thẳng góc Xiên góc</p>	<p>Thẳng góc Xiên góc</p>
Hàn góc - Liên tục l và h ghi chiều dài và chiều cao đường hàn	<p>l..... h..... Phía thấy Phía khuất</p>	<p>l..... h..... Phía thấy Phía khuất</p>
- Gián đoạn	<p>l l l l Phía thấy Phía khuất</p>	

4. Cường độ tính toán của đường hàn (theo tiêu chuẩn kết cấu thép hiện hành)

Các nước Đông Âu như Liên Xô trước đây dùng que hàn E42, E42A, thép cơ bản CT₃, CT₄.

Để đảm bảo đường hàn đạt cường độ như quy định ở bảng 5 yêu cầu trước khi hàn thép phải được làm sạch, que hàn không bị ẩm, sau khi hàn xong phải gõ xì và kiểm tra chất lượng đường hàn xem có đầy và đều không, có làm cháy thép cơ bản không,...

Nếu chưa đạt yêu cầu phải hàn thêm. Nếu thép cơ bản bị cháy thì phải có biện pháp xử lý.

Chú ý: Trong liên kết hàn chịu lực, mỗi loại thép cơ bản cần dùng 1 loại que hàn có số liệu tương ứng. Ở Liên Xô (cũ) thép cơ bản cần hàn là loại có ký hiệu CT₃, CT₄ thì dùng que hàn có ký hiệu E42, E42A. Thép cơ bản là thép hợp kim (ký hiệu 14Г2, 15ГС,...) thì dùng que hàn E50A,...

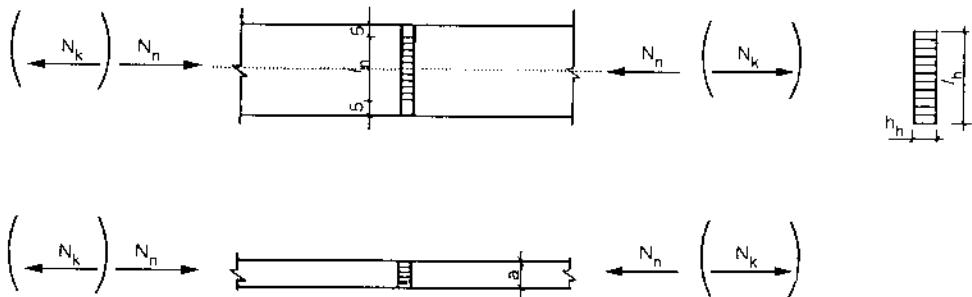
5. Tính toán liên kết hàn

a) Tính toán liên kết hàn đối đầu chịu lực dọc trực

- Trường hợp đường hàn thẳng góc:

Điều kiện bền của đường hàn thẳng góc chịu lực dọc trực được tính theo công thức:

$$\sigma = \frac{N}{F_h} \leq R^b \quad (5-1)$$



Hình 5.5: Sơ đồ liên kết hàn đối đầu chịu lực dọc trực

Trong đó:

N: Là nội lực nén (kéo) đường hàn phải chịu.

F_h : Diện tích tiết diện đường hàn, đối đầu.

$$F_h = h_w \times l_h$$

h_w : Chiều dày đường hàn bằng
chiều dày thép cơ bản $h_b = a$.

l_h : Chiều dài đường hàn bằng
chiều rộng thép cơ bản, trong tính
toán l_h phải trừ 1cm (mỗi đầu mép
đường hàn là 0,5cm) do khi hàn ở
mép thép bị cháy lõm vào. Để tiết
kiệm thép cơ bản, khi hàn ta dùng
thêm máng phụ để kéo dài đường
hàn, khi hàn xong cắt bỏ máng
phụ, lúc đó chiều dài đường hàn
bằng chiều rộng thép cơ bản (hình
5-6) (không phải trừ bớt 2 đầu).

+ R^h : Cường độ chịu nén (kéo) của đường hàn đối đầu.

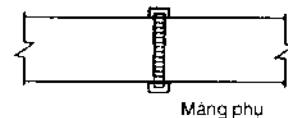
Trường hợp đường hàn xiên góc.

Dùng đường hàn xiên góc để tăng thêm chiều dài đường hàn (l_h) từ đó tăng khả
năng chịu lực của đường hàn. Phương của nội lực tạo với đường hàn 1 góc α . Qua kết
quả thực nghiệm thấy khi $\tan \alpha = 2$ thì liên kết chịu lực tốt hơn cả.

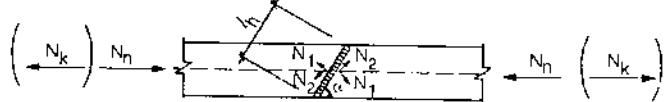
N được phân thành N_1, N_2 .

Thành phần của N_1 thẳng góc với đường hàn $N_1 = N \sin \alpha$.

Thành phần của N_2 là lực cắt dọc theo đường hàn $N_2 = N \cos \alpha$.



Hình 5.6: Dùng máng phụ để
kéo dài đường hàn đối đầu



Hình 5.7: Đường hàn đối đầu
xiên góc chịu lực dọc trực

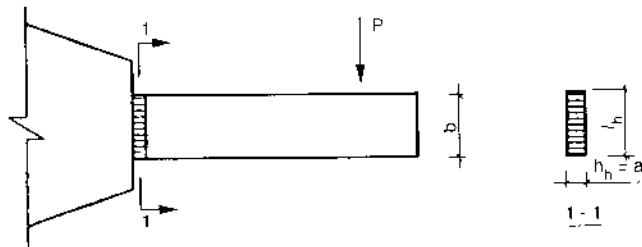
$$\sigma = \frac{N \cdot \sin \alpha}{F_h} \leq R^h \quad (5-2)$$

$$\tau = \frac{N \cdot \cos \alpha}{F_h} \leq R_c^h \quad (5-3)$$

+ R^h : Cường độ chịu nén (kéo) của đường hàn đối đầu.

+ R_c^h : Cường độ chịu cắt của đường hàn.

b) Tính liên kết hàn đối đầu thẳng góc chịu mô men uốn và lực cắt



Hình 5.8: Đường hàn đối đầu thẳng góc chịu M và Q đồng thời.

Điều kiện bền của đường hàn thẳng góc chịu mô men uốn và lực cắt đồng thời (hình-5-8) được tính theo biểu thức:

- Điều kiện bền về ứng suất pháp tuyến do mô men gây ra.

$$\sigma_h = \frac{M}{W_h} \leq R_k^h \quad (5-4)$$

- Điều kiện bền về ứng suất cắt do lực cắt Q gây ra.

$$\tau_h = \frac{Q}{F_h} \leq R_c^h \quad (5-5)$$

- Tại vị trí có σ_h và τ_h xuất hiện đồng thời thì ứng suất tổng hợp tương đối lớn, phải kiểm tra ứng suất tổng hợp theo công thức:

$$\sigma_{\text{tot}} = \sqrt{\sigma_h^2 + \tau_h^2} \leq R_k \quad (5-6)$$

Trong đó:

$$W_h : Mô men chống uốn của đường hàn \quad W_h = \frac{h_h \times l_h^2}{6}$$

h_h : Chiều cao đường hàn, bằng chiều dài thép bản $h_h = a$.

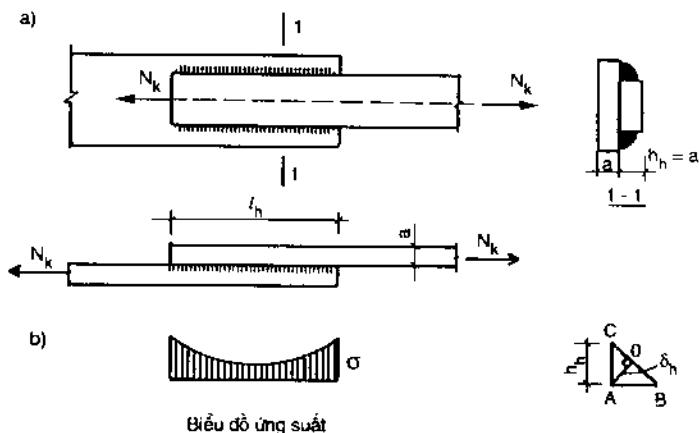
l_h : Chiều dài tính toán của đường hàn, lấy $l_h = l - 1\text{cm}$.

σ_{tot} : Ứng suất tương đương do tổ hợp σ_h và τ_h .

R_k^h : Cường độ đường hàn chịu kéo.

c) Tính liên kết hàn góc

- Liên kết hàn góc dùng đường hàn mép.



Hình 5.9:

- a) Sơ đồ hàn góc dùng đường hàn mép
- b) Ứng suất phân bố trên đường hàn mép; c) Sơ đồ tính toán chiều cao đường hàn mép.

Một số quy định.

Để hạn chế ứng suất phân bố không đều trên chiều dài đường hàn l_h:

$$40\text{mm} \leq 4h_h \leq l_h \leq 60h_h$$

Chiều cao đường hàn h_h:

$$4\text{mm} \leq h_h \leq 1,2a$$

a: Chiều dày thép hàn

Trong tính toán chiều dày đường hàn góc δ_h = β.h_h (β lấy theo số liệu từ mục 3b).

Điều kiện bền của liên kết hàn góc khi chịu lực dọc trực là:

$$\sigma_h = \frac{N}{F_h} \leq R_g^h \quad (5-7)$$

Trong đó:

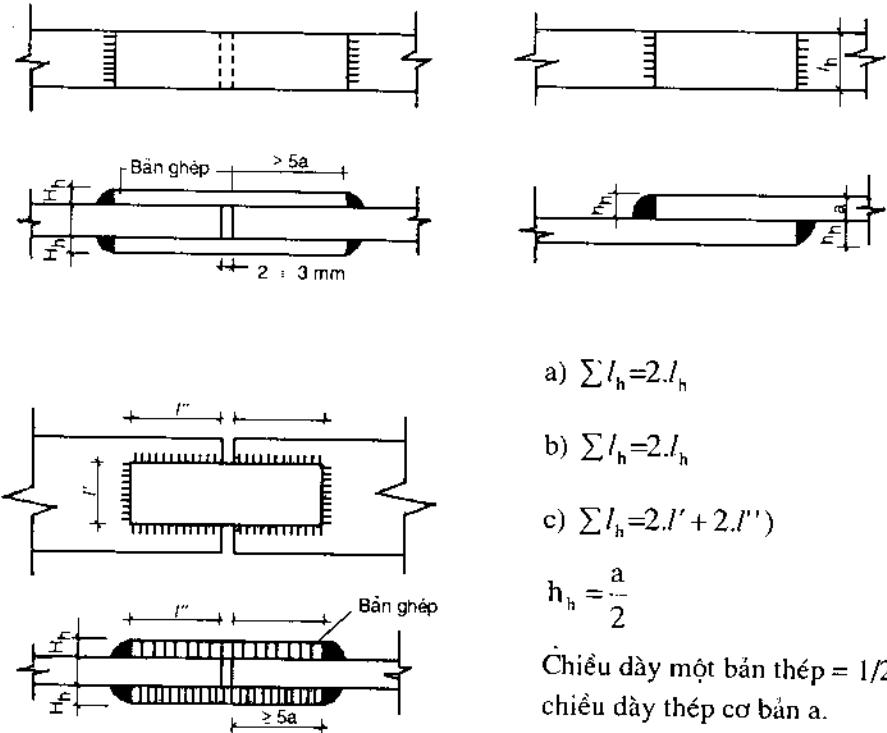
$$F_h: \text{Diện tích tiết diện} \quad F_h = \beta h_h \sum l_h$$

h_h: Chiều cao đường hàn lấy bằng chiều dày bản thép ghép hàn.

Σl_h: Tổng chiều dài đường hàn góc chịu lực.

$$\sum l_h \geq \frac{N}{\beta h_h R_g^h}$$

- Một số sơ đồ hàn góc các thép bản với nhau (hình 5-10).

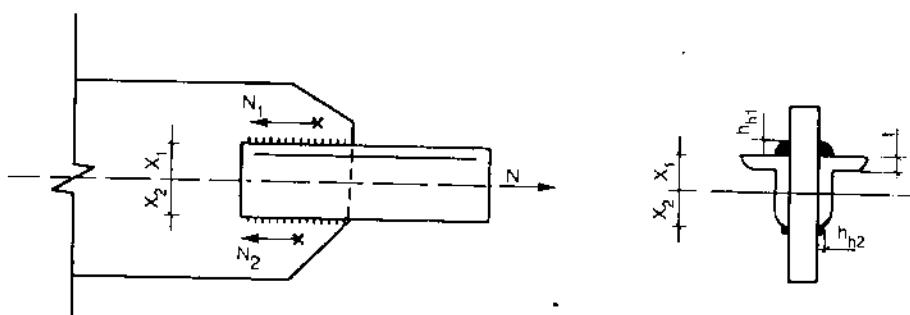


Hình 5.10

- Tính liên kết hàn thép góc vào thép bản.

Khi liên kết hàn thép góc vào thép bản thường dùng đường hàn góc.

+ Dùng đường hàn góc chịu lực dọc trực.



Hình 5.11: Hàn thép góc vào thép bản dùng đường hàn góc

Vì trực thép góc không nằm giữa 2 đường hàn, nên lực của 2 đường hàn phải chịu được phân theo tỷ lệ khoảng cách x_1, x_2 (bảng 6) với ký hiệu:

N_1 : Lực mà đường hàn ở sống của thép góc phải chịu

N_2 : Lực mà đường hàn ở mép của thép góc phải chịu

h_1^h : Chiều cao đường hàn sống thép góc $h_1^h = (1 \div 1,2)t$

t : Chiều dày trung bình của cánh thép góc.

h_2^h : Chiều cao đường hàn phía cánh thép góc lấy như sau:

Nếu $t \leq 6\text{mm}$ $h_2^h \leq t - 1\text{mm}$

Nếu $t = (7 \div 16)\text{mm}$ thì $h_2^h \leq t - 2\text{mm}$

Nếu $t > 16\text{mm}$ thì $h_2^h \leq t - 4\text{mm}$

Như vậy khi đã biết thép góc chịu lực cần liên kết với thép bản, ta chỉ việc xác định h_h và tính chiều dài đường hàn góc theo điều kiện cường độ.

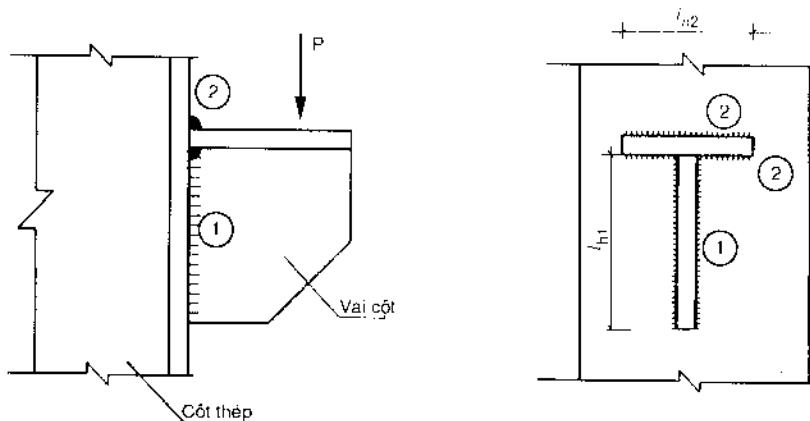
l_1 : Chiều dài đường hàn phía sống thép góc.

$$l_1 \geq \frac{N_1}{\beta \cdot h_1^h \cdot R_g^h} \quad (5-9)$$

l_2 : Chiều dài đường hàn phía cánh thép góc.

$$l_2 \geq \frac{N_2}{\beta \cdot h_2^h \cdot R_g^h} \quad (5-10)$$

Đường hàn góc chịu mô men và lực cắt đồng thời (hình 5-12).



Hình 5.12: Liên kết vai cột với cột bằng đường hàn góc.

1. Đường hàn đứng; 2. Đường hàn ngang

Kiểm tra đường hàn chịu lực cắt Q do P gây ra. Trường hợp này coi như đường hàn đứng ① chịu toàn bộ lực cắt.

$$\tau_h = \frac{Q}{F_h} \leq R_k^h \quad (5-11)$$

F_h : Diện tích đường hàn đứng ① $F_h = 2 \cdot \beta \cdot l_1^h \cdot h_1^h$

l_1^h, h_1^h : Chiều dài và chiều cao đường hàn ①

Kiểm tra đường hàn chịu mô men do P gây ra.

$$\sigma_h = \frac{M}{W_h} \leq R_k^h \quad (5-12)$$

Đường hàn ① và ② đều tham gia chịu lực men uốn M

Trong đó: $+ \quad W_h = \frac{J_h^h}{y} = \frac{2J_{x1}^h + 2J_{x2}^h}{bh_1}$

$+ \quad J_{x1} = \frac{\beta h_{h1} l_{h1}^3}{12}; J_{x2} = \frac{(\beta h_{h2})^3 l_{h2}}{12}$

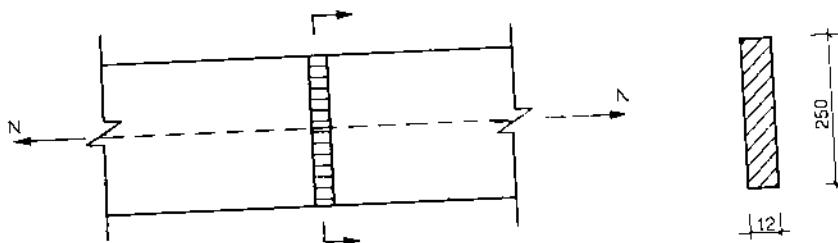
Sau khi tính được: τ_h , σ_h , kiểm tra ứng suất tương đương của liên kết theo công thức:

$$\tau = \sqrt{\tau_h^2 + \sigma_h^2} \leq R_g^h \quad (5-13)$$

Thí dụ 5-1:

Có 2 tấm thép bản thuộc nhóm C-I, tiết diện thép $(250 \times 12)\text{mm}^2$ cần liên kết hàn đối đầu chịu lực dọc trực $N_k = 500\text{KN}$. Cần dùng que hàn số hiệu bao nhiêu và dùng phương pháp hàn nào thì liên kết chịu lực được.

Giải:



Hình 5.13

Chiều cao đường hàn h_h bằng chiều dày thép cơ bản a: $h_h = a = 12\text{mm}$. Chiều dài đường hàn bằng chiều rộng thép cơ bản trừ đi mỗi bên 5mm (để phòng khi hàn bị lõm vào) $l_h = 250 - 10 = 240\text{mm}$. Diện tích tiết diện đường hàn:

$$F_h = h_h \cdot l_h = 1,2 \times 24 = 28,8\text{cm}^2$$

Ứng suất đường hàn: $\sigma_h = \frac{N_k}{F_h} = \frac{500}{28,8} = 17,4\text{KN/cm}^2$

Đối chiếu bảng 5 (Phụ lục) ta có thể dùng que hàn ký hiệu E42, phương pháp hàn thủ công, cường độ hàn $R_k^h = 18\text{KN/cm}^2$.

$$\sigma_h = 17,4\text{KN/cm}^2 < R_k^h = 18\text{KN/cm}^2$$

Vậy mỗi hàn đủ chịu lực.

Thí dụ 5-2

Có 2 tấm thép thuộc nhóm C-I, kích thước tiết diện $(300 \times 14)\text{mm}$ chịu lực kéo tính toán dọc trục $N_k = 700\text{KN}$, cần liên kết hàn góc bằng 2 bản thép ốp 2 bên thép cơ bản, que hàn E42, phương pháp hàn thủ công. Yêu cầu tính liên kết hàn khi chịu kéo không bị đứt liên kết.

Giải:

- Chọn 2 bản thép ốp hai bên thép cơ bản thỏa mãn: $2F_b \geq F_{cb}$ và phải bảo đảm kích thước khi hàn.

Chọn kích thước tiết diện bản ốp là $(250 \times 10)\text{mm}^2 < (300 \times 14)\text{mm}^2$.

- Chiều cao đường hàn góc ở mép bản thép ốp là:

$$h_h = a = 10 \text{ mm}$$

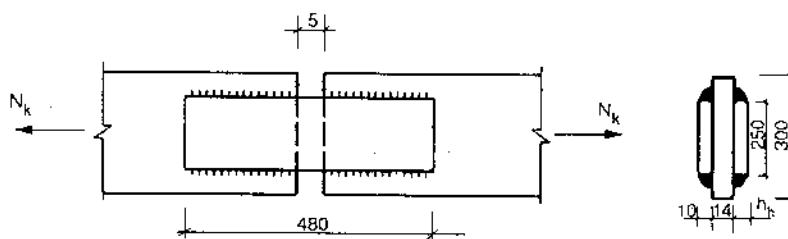
- Tính chiều dài đường hàn chịu lực:

$$\sum l_h = \frac{N}{\beta \cdot h_h \cdot R_g^h} = \frac{700}{0,7 \times 1 \times 14} = 90 \text{ cm}$$

Chiều dài đường hàn 1 bên bản ốp là:

$$l_h = \frac{\sum l_h}{4} = \frac{90}{4} = 22,5 \text{ cm}$$

Bố trí đường hàn theo hình vẽ (hình 5-14).



Hình 5.14

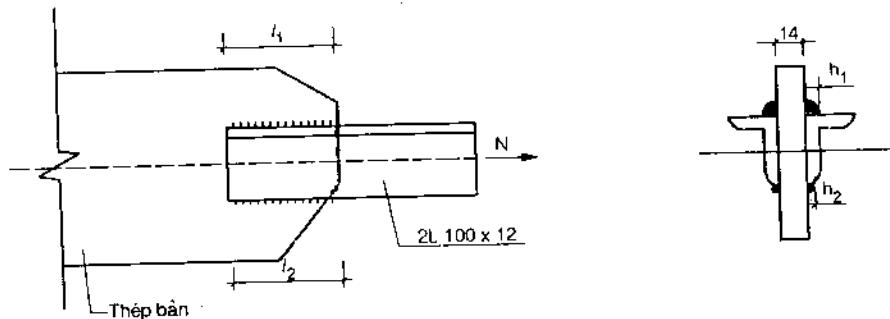
Thí dụ 5-3

Tính liên kết hàn 2 thép góc vào bản thép chịu lực kéo tính toán $N_k = 500\text{KN}$. Thép góc đều cạnh $L100 \times 12$, thép bản dày $a = 14\text{mm}$. Biết thép nhóm C-I, que hàn E42, hàn thủ công $R_g^h = 14\text{KN/cm}^2$

Giải:

+ Chọn chiều cao đường hàn h_h

Phía sống thép góc $h_l = t = 12\text{mm}$.



Hình 5.15

Phía cánh thép góc $h_2 = t - 2 = 10 \text{ mm}$.

+ Phân nội lực đường hàn chịu.

Phía sống thép góc $N_1 = 0,7.N = 0,7 \times 500 = 350\text{KN}$.

Phía cạnh thép góc $N_2 = 0,3.N = 0,3 \times 500 = 150\text{KN}$.

+ Chiều dài đường hàn sống thép góc ở 1 bên:

$$l_1^h = \frac{N_1}{2.\beta.h_1^h.R_g^h} = \frac{350}{2 \times 0,7 \times 1,2 \times 1,4} = 15\text{cm}$$

+ Chiều dài đường hàn cạnh thép góc ở 1 bên:

$$l_2^h = \frac{N_2}{2.\beta.h_2^h.R_g^h} = \frac{150}{2 \times 0,7 \times 1,2 \times 1,4} = 8\text{ cm}$$

Để phòng khi hàn bị cháy ở đầu mút đường hàn lấy: $l_1 = 16\text{cm}$, $l_2 = 10\text{cm}$.

§5-2. LIÊN KẾT BẰNG ĐỊNH TÁN VÀ BU LÔNG

Liên kết bằng định tán, bulông được sử dụng rộng rãi trong liên kết các kết cấu thép.

1. Đặc điểm của liên kết bằng định tán, bulông

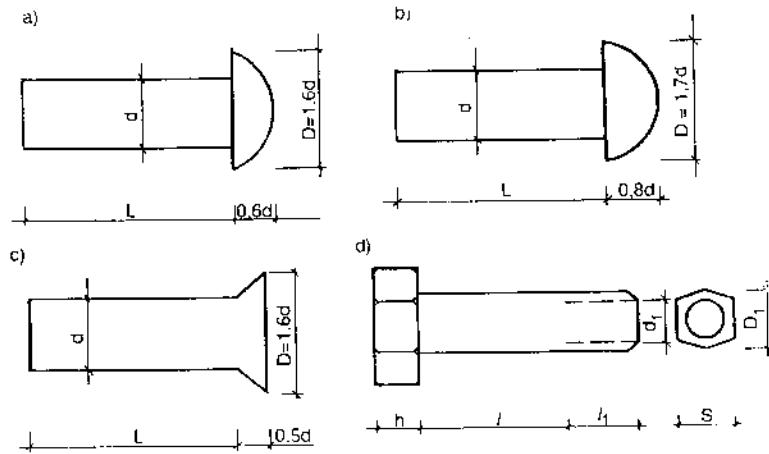
Liên kết bằng định tán, bulông là loại liên kết mềm, trước khi liên kết bị phá hoại, nó xuất hiện biến dạng dẻo, được sử dụng nhiều trong các kết cấu chịu tải trọng động, tải trọng nặng. Nhưng có nhược điểm là tốn vật liệu làm bản ốp, tốn công chế tạo lỗ định và định.

Các loại định tán, bulông (hình 5-16)

- Đường kính lỗ định tán D_t , $D_t = d + (1 \div 1,5)\text{mm}$

Sau khi tán xong thân định sẽ phình ra lắp đầy lỗ.

- Chiều dài định tán L $L = 1,12\sum t + 1,4d$



Hình 5.16: Các loại đinh tán và bu lông

a) Đinh tán mũ cầu thấp ; b) Đinh tán mủ cầu cao chỉ dùng khi tổng chiều dày các bản ghép $\Sigma t > 5d$; c) Đinh tán mủ dẹt dùng khi bản ghép cân mặt phẳng ; d) Bu lông.

Như vậy, khi tán xong đủ để tạo mủ đinh như ban đầu.

- Đường kính lỗ để bắt bulông khác với đinh tán

Nếu dùng bulông thô thì

$$D_t = d + (2 \div 3)\text{mm}$$

Nếu dùng bulông tinh thì

$$D_t = d + (0,3 \div 0,5)\text{mm}$$

Chế tạo lỗ đinh: có 3 phương pháp
chế tạo:

+ Đột lỗ: Nâng cao tính năng suất nhưng vị trí lỗ khó chính xác, thành lỗ kheng nhẵn, xung quanh lỗ đột thép bị dòn, chiều dày lỗ đột bị hạn chế (để phân biệt gọi là loại C).

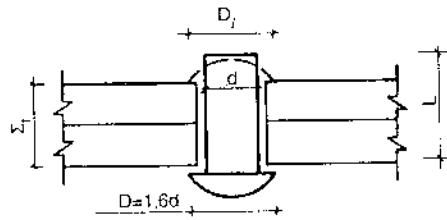
+ Khoan lỗ: Nâng suất thấp nhưng tránh được nhược điểm của phương pháp đột lỗ nêu trên, phân biệt trong chế tạo gọi là B.

+ Đột lỗ sau đó khoan: Lỗ đột nhỏ hơn đường kính lỗ thiết kế từ 2 đến 3 mm, sau đó dùng khoan mở rộng. Phương pháp này có nhiều ưu điểm hơn cả 2 phương pháp trên, được ứng dụng nhiều trong thực tế xây dựng.

- Phương pháp tán đinh:

Thông thường có 2 phương pháp: Tán nóng và tán nguội.

+ Tán nóng: Đinh được nung nóng đến 900°C , sau đó cho đinh vào lỗ, dùng khuôn tán giữ chặt 1 đầu đinh, dùng búa tán đầu kia lại, quá trình tán thân đinh



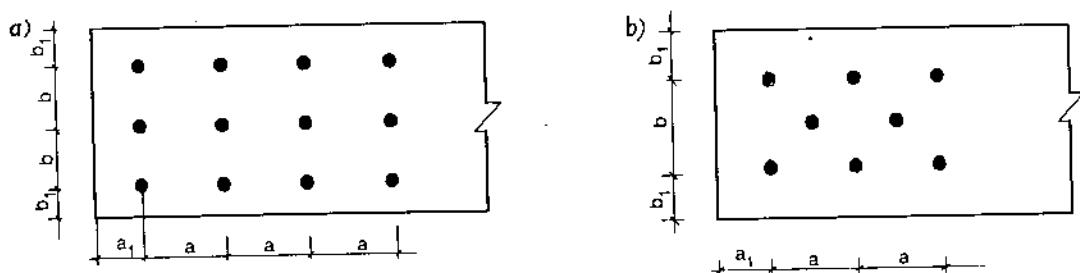
Hình 5.17

phình ra lấp đầy lỗ đinh, sau khi tán đinh, đinh nguội, dây co lại gây lực ép chặt các bản ghép với nhau.

+ Phương pháp tán nguội: Dùng máy tán có áp lực lớn ép để cho thân đinh phình ra và tạo mõm đinh còn lại.

Phương pháp tán nguội thường áp dụng với đinh là hợp kim nhôm, nhôm.

- Bố trí đinh tán, bulông trong liên kết.



Hình 5.18 a: Bố trí đinh tán, bulông
a) Bố trí thẳng hàng ; b) Bố trí xen kẽ

Cách bố trí thẳng hàng được dùng phổ biến trong khi liên kết. Cách bố trí xen kẽ thường chỉ dùng khi liên kết thép hình.

+ a,b là khoảng cách đinh tán, bulông các hàng trong với đinh tán (a,b) nhỏ nhất bằng $3d$ (d : đường kính đinh tán), với bulông thì khoảng cách đó bằng $3,5d$ (d : đường kính bulông).

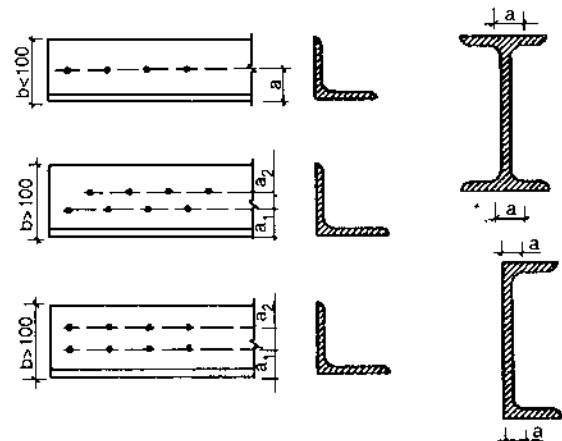
+ a_1, b_1 là khoảng cách đinh tán, bulông từ mép liên kết đến trục hàng lỗ kề sát, a_1, b_1 lớn nhất bằng $4d$ hoặc $8t$.

+ Khoảng cách a_1, b_1 nhỏ nhất lấy như sau:

a_1 nhỏ nhất bằng $2d$, b_1 nhỏ nhất bằng $1,2d$.

+ Khoảng cách a, b lớn nhất với liên kết chịu kéo bằng $16d$ hay $24t$, với liên kết chịu nén thì khoảng cách đó bằng $12d$ hay bằng $18t$ (t : chiều dày bản thép cần ghép).

+ Đối với thép góc có khoảng cách được quy định phụ thuộc chiều rộng của cánh thép góc.



Hình 5.18b: Bố trí đinh tán, bulông liên kết hình thép

2. Sự chịu lực của đinh tán, bulông

Trong liên kết dùng đinh tán, bulông, do tải trọng tác dụng, sự làm việc của đinh tán, bulông dưới các dạng sau:

a) Chịu ép mặt (hình 5-19)

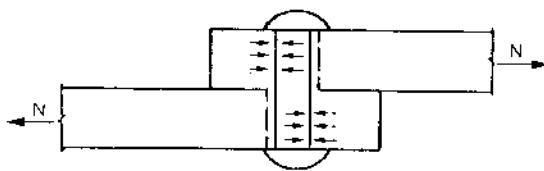
Quá trình chịu lực N, thân đinh tỳ sát vào thép cơ bản, lực N tiếp tục tăng, phần thép dưới thân đinh biến hình dẻo, lỗ đinh rộng dần ra rồi bị tách theo phương có ứng suất cắt lớn nhất, sự phá hoại này gọi là sự phá hoại do ép mặt, thực chất là thép cơ bản bị cắt.

b) Chịu cắt

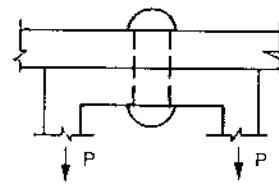
Trường hợp chịu tác dụng lực như trên, nếu thép cơ bản tương đối dày mà không bị phá hoại theo ép mặt, thì đinh tán sẽ bị biến dạng cho tới khi bị cắt đứt.

c) Chịu kéo

Đối với đinh tán, trường hợp này còn gọi là hiện tượng giật đứt đầu đinh (hình 5-20).



Hình 5.19: Đinh tán chịu ép mặt



Hình 5.20

Trong liên kết, trường hợp a, b lực tác dụng vuông góc với thân đinh tán, bulông. Một số liên kết đinh tán, bulông chịu lực tác dụng dọc thân đinh. Khi tải trọng P tăng dần, ứng suất trong đinh đạt cường độ giới hạn chịu kéo, đinh bị kéo đứt, thông thường đầu đinh bị giật đứt và liên kết bị phá hoại.

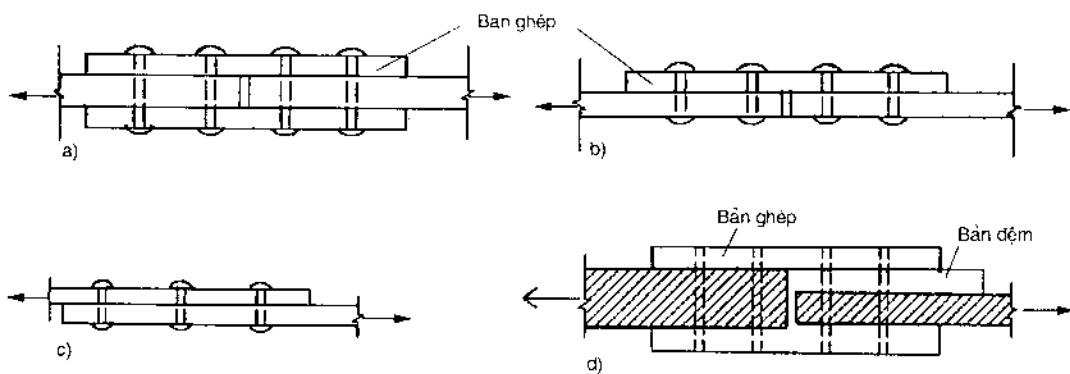
3. Tính toán liên kết đinh tán, bulông

Các bước tiến hành trước khi tính liên kết bằng đinh tán, bu lông.

a) Chọn hình thức liên kết

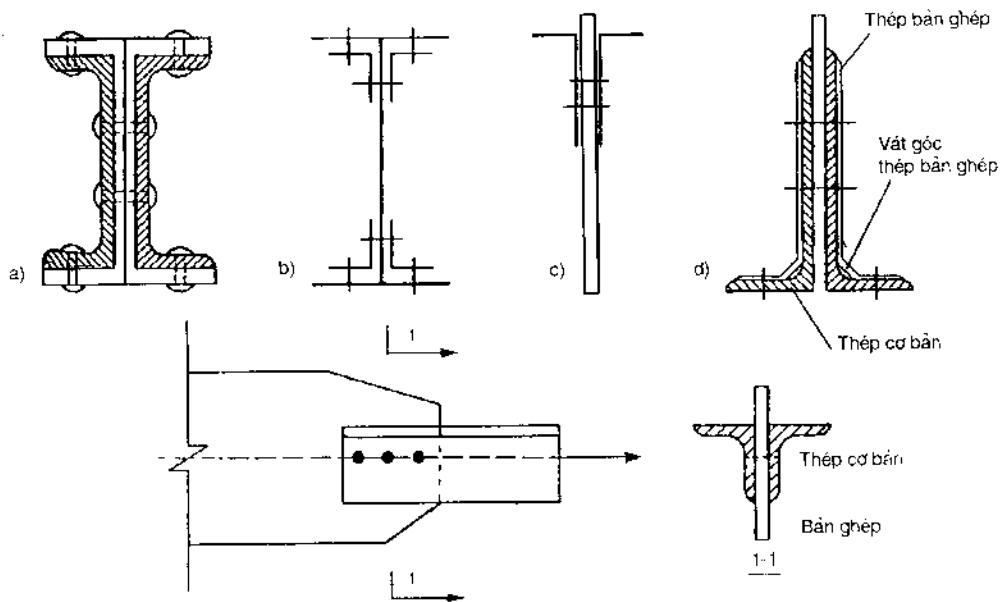
Liên kết các loại b, c, d truyền lực lệch tâm nên khi tính toán phải tăng 10% số lượng đinh tán, bulông, loại liên kết kiểu này chỉ dùng khi tải trọng nhỏ.

Diện tích tiết diện các bản ghép bằng hoặc lớn hơn diện tích tiết diện thép cơ bản.



Hình 5.21: Liên kết thép bản bằng đinh tán, bu lông.

- a) Liên kết đối đầu dùng 2 bản ốp ; b) Liên kết đối đầu dùng 1 bản ốp
- c) Liên kết chồng ; d) Liên kết hai bản thép có chiều dày khác nhau
phải dùng thêm bản đệm



Hình 5.22: Liên kết thép góc bằng đinh tán - bulông

Khi dùng thép góc làm bản ghép thì góc thép phải vát (5.22d)

- b) Chọn đường kính đinh tán, bulông và đường kính lỗ đinh tán, bulông (Bảng 7)
- c) Bố trí đinh tán, bulông (hình 5-18)
- d) Tính toán liên kết bằng đinh tán, bulông

Sau khi đã lựa chọn hình thức liên kết, tiết diện bản ghép, đường kính lỗ đinh tán, bulông, việc tính toán liên kết đinh tán, bulông tiến hành như sau:

- Tính số lượng đinh tán, bulông (n) để liên kết làm việc an toàn.
- Kiểm tra tiết diện thép cơ bản bị thu hẹp do khoét lỗ đinh tán, bulông (F_{th}).
- + Tính số lượng đinh tán, bulông theo điều kiện chịu cắt.

$$n \geq \frac{N}{m_c \cdot R_c \cdot \frac{\pi d^2}{4}} \quad (5-14)$$

- + Tính số lượng đinh tán, bulông theo điều kiện ép mặt.

$$n \geq \frac{N}{R_{em} \cdot d \sum t_{min}} \quad (5-15)$$

- + Tính số lượng đinh tán; bulông theo điều kiện chịu kéo.

$$n \geq \frac{N}{m \cdot R_k \cdot \frac{\pi d^2}{4}} \quad (5-16)$$

Trong đó:

n : Số lượng đinh tán,bulông cho 1 bên liên kết.

N : Nội lực tác dụng lên liên kết.

m_c : Số mặt cắt.

d : Đường kính đinh tán, bulông (Đinh tán lấy $d = D_{lo}$).

R_c : Cường độ chịu cắt của đinh tán (Bảng 8)

Cường độ chịu cắt của bulông (Bảng 9)

R_{em} : Cường độ chịu ép mặt của đinh tán (Bảng 8)

Cường độ chịu ép mặt của bulông (Bảng 9)

Σt : Tổng chiều dày của các tấm thép trên 1 tiết diện (lấy trị số nhỏ hơn theo 1 phía liên kết).

Thực nghiệm cho thấy khi $\Sigma t = 0,6d$, cường độ chịu cắt tương đương cường độ chịu ép mặt. Khi $\Sigma t < 0,6d$ thì tính theo ép mặt, khi $\Sigma t > 0,6d$ thì tính theo chịu cắt.

m : Hệ số điều kiện làm việc chỉ kể tới liên kết đinh tán vừa chịu lực kéo, nén dọc trực, vừa chịu mô men (lấy $m = 0,8$).

R_k : Cường độ chịu kéo của đinh tán hoặc bulông (Bảng 8 và 9).

Cường độ giật đầu đinh tán R_{gd}^d

- Đặt $[N]_c$ là khả năng chịu cắt của 1 đinh tán, bulông từ (5-14) sẽ được biểu thức $[N]_c = m_c R_c \frac{\pi d^2}{4}$

- Đặt $[N]_{em}$ là khả năng chịu ép mặt của 1 đinh tán, bulông từ (5-15) sẽ được biểu thức $[N]_{em} = R_{em} \cdot d\Sigma t$

- Đặt $[N]_k$ là khả năng chịu kéo của 1 đinh tán, bulông từ (5-16) sẽ được biểu thức $[N]_k = mR_k \frac{\pi d^2}{4}$

Thí dụ 5-4

Tính liên kết bằng đinh tán 2 thép cơ bản tiết diện $(360 \times 20)\text{mm}^2$ và ghép đôi đầu, chịu lực kéo đúng tâm $N = 120\text{T}$.

Thép cơ bản nhóm A-I, đinh tán dùng thép CT₃, bố trí đinh tán loại C. Cường độ tán: $R_c = 16\text{KN/cm}^2$, $R_{em} = 38\text{KN/cm}^2$.

Giải:

+ Chọn hình thức liên kết: Liên kết đôi đầu, dùng 2 bản thép ốp 2 bên, kích thước tiết diện bản ốp $(360 \times 12)\text{mm}^2$.

+ Chọn đường kính đinh tán $D = 23\text{mm}$.

+ Liên kết chịu lực dọc vuông góc với thân đinh tán, đinh tán chịu lực cắt và ép mặt.

Cường độ chịu cắt của 1 đinh tán

$$[N]_c = n_c \cdot R_c \cdot \frac{\pi d^2}{4} = 2 \times 16 \times \frac{3,14 \times 2,3^2}{4} = 13,3\text{KN} = 13,3 \text{ tấn}$$

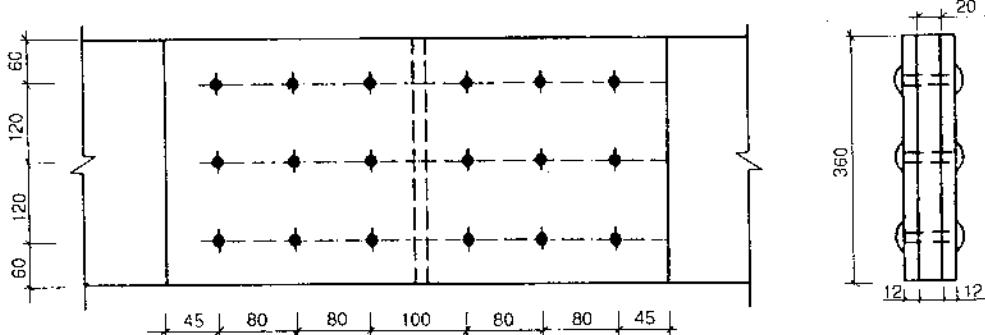
Cường độ chịu ép mặt của 1 đinh tán ($R_{em} = 38\text{KN/cm}^2 = 3.8 \text{ T/cm}^2$)

$$[N]_{em} = R_{em} \cdot d \sum t = 3,8 \times 2,3 \times 2 = 17,5\text{T}$$

Số lượng đinh tán yêu cầu cho 1 bản liên kết

$$n = \frac{N}{[N]_c} = \frac{120}{13,3} = 9$$

+ Bố trí đinh tán trong liên kết:



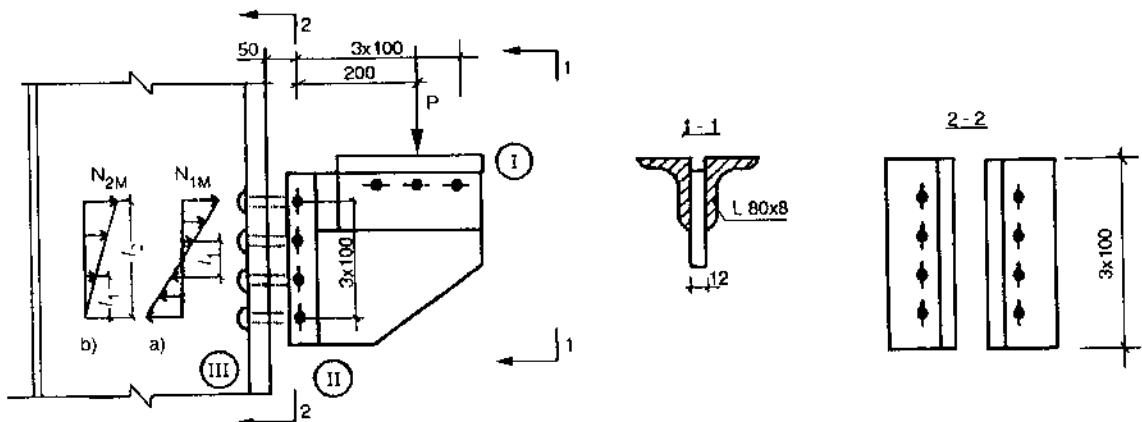
Hình 5.23

+ Kiểm tra tiết diện thu hẹp do lỗ đinh

$$\frac{N}{F_{th}} = \frac{1200}{(36 - 3 \times 2,3) \cdot 2} = 20,5 \text{ KN/cm}^2 < R_k$$

Thí dụ 5-5

Kiểm tra liên kết đinh tán giữa vai cột và cột, trên vai cột lực $P = 14T$. Vai cột liên kết thép góc vào thép bản, thép góc L 80 × 8, thép bản $t = 12\text{mm}$ lỗ đinh tán loại C có $D = 21\text{mm}$, vật liệu thép loại CT₃ đinh tán là loại thép CT₃ (hình vẽ và sơ đồ chịu lực: hình 5-24).



Hình 5.24: Sơ đồ chịu lực kết cấu

Giải:

Phân tích sự chịu lực của từng nhóm đinh tán.

- Nhóm I: Gồm 3 đinh tán truyền lực P xuống bản thép. Mỗi đinh tán chịu 1 lực

$$N = \frac{P}{3}$$

- Nhóm II: 4 đinh tán chịu mô men và lực cắt do P gây ra.

- Nhóm III: 8 đinh tán chịu lực cắt, ép mặt và giật đứt đầu đinh (chịu kéo).

Kiểm tra sự chịu lực của các đinh tán trong liên kết

$$\text{Nhóm I: Lực mỗi đinh tán phải chịu } N = \frac{P}{3} = \frac{14}{3} = 4,7T = 47\text{KN}$$

+ Kiểm tra khả năng chịu cắt của đinh tán:

$$\tau = \frac{N}{n_c \frac{\pi d^2}{4}} = \frac{47}{2 \times 3,14 \times 2,1^2} = 6,75\text{KN/cm}^2$$

$$\tau = 6,75\text{KN/cm}^2 < R_c^d$$

+ Kiểm tra khả năng chịu ép mặt của đinh tán:

$$\sigma_{em} = \frac{N}{D \cdot \sum t_{min}} = \frac{47}{2,1 \times 1,2} = 18,5 \text{ KN/cm}^2 < R_{em}^d$$

- Nhóm II

+ Mỗi đinh tán chịu lực cắt: $N = \frac{P}{4}$

+ 4 đinh tán nhóm II chịu lực ép mặt do mô men gây ra (M): $M = 0,2 \cdot P(T_m)$

Từ sơ đồ nội lực (hình 5-24a) ta có:

$$M = \sum N_i e_i = N_1 \cdot e_1 + N_2 \cdot e_2$$

Trong đó:

N_i : Lực tác dụng lên dây đinh thứ i .

e_i : Cánh tay đòn của các cặp ngẫu lực N_i .

N_1 là lực tác dụng lên dây đinh ngoài cùng, các lực N_i có thể tính theo N_1 :

$$N_i = N_1 \frac{e_i}{e_1}$$

Thay $N_i = N_1 \frac{e_i}{e_1}$ ta có biểu thức: $M = \frac{N_1}{e_1} (e_1^2 + e_2^2)$

Lực lớn nhất $N_1 = M \cdot \frac{e_1}{e_1^2 + e_2^2}$

Nội lực tính toán lớn nhất mà đinh tán trong liên kết phải chịu là:

$$N_1' = \sqrt{\left(\frac{P}{4}\right)^2 + \left(\frac{M \cdot e_1}{e_1^2 + e_2^2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{14}{4}\right)^2 + \left(\frac{0,2 \times 14 \times 0,3}{0,1^2 + 0,3^2}\right)^2} = 9,1 \text{ T} = 91 \text{ KN}$$

Kiểm tra khả năng chịu cắt của đinh tán:

$$\tau = \frac{91}{2 \times \frac{\pi \times 2,1^2}{4}} = 13,1 \text{ KN/cm}^2 \leq R_c^d = 16 \text{ KN/cm}^2$$

Kiểm tra đinh tán chịu ép mặt:

$$\sigma_{em} = \frac{91}{2,1 \times 1,2} = 3,61 \text{ KN/cm}^2 < R_{em}^d = 38 \text{ KN/cm}^2$$

- Nhóm đinh tán III

Sơ đồ nội lực thể hiện trên hình 5-24b. Đinh tán hàng trên cùng chịu lực lớn nhất khi chịu mô men M do P gây ra. Lực kéo (giật đứt đầu đinh) tác dụng lên đinh tán N_{2max} được tính theo biểu thức:

$$N_{2\max} = \frac{M.c_{\max}}{K.\Sigma e_i^2}$$

Thay số ta có: $N_{2\max} = \frac{14 \times 0,15 \times 0,3}{2(0,1^2 + 0,2^2 + 0,3^2)} = 3,75T = 37,5KN$

+ Kiểm tra giật đứt đầu đinh tán:

$$\sigma_{gd} = \frac{N_{2m}}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{37,5}{\frac{\pi 2,1^2}{4}} = 10,8KN/cm^2 < R_{gd}^d = 12KN/cm^2$$

+ Kiểm tra khả năng chịu cắt của đinh tán:

$$\tau = \frac{N_{2m}}{\frac{\pi D^2}{n_c \frac{4}{4}}} ; R_2 = \frac{P}{8} = \frac{14}{8} = 1,75T = 17,5KN$$

$$\tau = \frac{17,5}{1 \times \frac{\pi \times 2,1^2}{4}} = 5,6KN/cm^2 < R_c^d = 16KN/cm^2$$

+ Kiểm tra khả năng chịu ép mặt của đinh tán:

$$\sigma_{em} = \frac{N_{2m}}{D \sum t} = \frac{17,5}{2,1 \times 0,8} = 11KN/cm^2 < R_{em}^d = 38KN/cm^2$$

Kết luận: Liên kết đinh tán bố trí và chịu lực như trên (hình 5-24) làm việc an toàn.

Thí dụ 5-6

Có 2 dầm dọc bằng thép hình I33, cần liên kết với dầm ngang bằng thép hình I27, dầm ngang chịu lực như 1 công xôn, lực tác dụng $P = 5T$ (hình 5-25).

Tính số lượng và đường kính bulông theo tiêu chuẩn độ bền để liên kết làm việc an toàn (bulông bằng loại thép CT₃).

Giải:

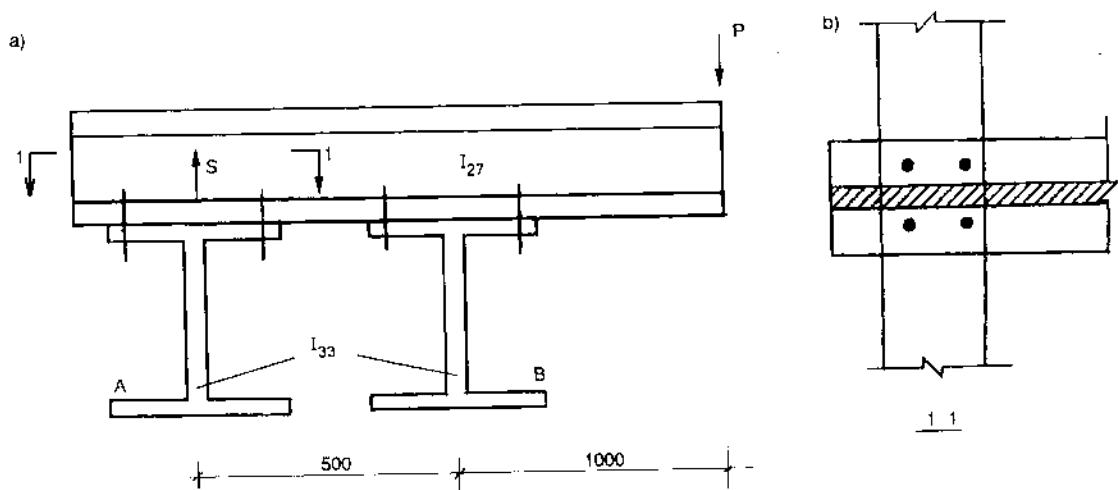
- Tại trục A bulông chịu lực kéo $S = \frac{5 \times 1}{0,5} = 10T = 100KN$

Như mặt cắt 1-1 (hình 5-25b), dầm ngang có khả năng bố trí 4 bulông, mỗi bulông chịu 1 lực N_1

$$N_1 = \frac{S}{4} = \frac{100}{4} = 25KN$$

Bulông làm việc chịu kéo, tính diện tích cần thiết F_{th} của bulông

$$F_{th} = \frac{N_1}{R_k^b} = \frac{25}{17} = 1,47cm^2$$



Hình 5.25

Căn cứ bảng 9 chọn bu lông có đường kính $d = 18$ có $F_{th} = 1,75 \text{ cm}^2$.

Theo quy phạm, dầm ngang I27 có thể đột lỗ bu lông $d_0 = 21$.

Như vậy ta dùng bu lông $d = 18$ là được.

Thí dụ 5-7

Có một thép góc đều cạnh ký hiệu L 80 × 6, ghép vào một thép bản chiều dày $t = 8 \text{ mm}$, dùng 2 bu lông $d = 16\text{mm}$ (F_{th} của bu lông là $1,44 \text{ cm}^2$). Thép góc, thép bản, bu lông bằng loại thép CT₃.

Hãy xác định lực kéo lớn nhất mà liên kết chịu được (hình 5-26).

Giải.

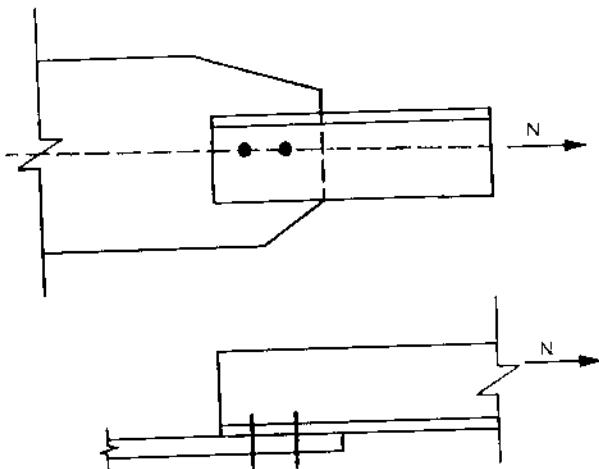
Các bu lông làm việc chịu cắt và ép mặt.

- Theo điều kiện chịu cắt, nội lực 2 bu lông có thể chịu được là:

$$N_c^b = 2F_{th}^b \times R_c^b = 2 \times 1,44 \times 13 = 37,5 \text{ KN}$$

- Tính theo điều kiện chịu ép mặt, nội lực 2 bulông chịu được (tính theo chiều của liên kết có độ dày nhỏ nhất giữa thép bản và thép góc và lấy t của thép bằng 6 mm).

$$N_{em}^b = 2 \times 1,6 \times 0,6 \times 34 = 65 \text{ KN}$$



Hình 5.26

- Liên kết chịu lực lấy theo trị số nhỏ nhất

$$N = 37,5 \text{ KN} = 3,75 \text{ tấn}$$

Thí dụ 5-8

Cần 6 bu lông để liên kết vai cột, lực $P = 50 \text{ KN}$, thép bản có chiều dày $t = 10 \text{ mm}$, thép bản và bu lông là loại thép CT,

Yêu cầu xác định đường kính bulông (d) - (hình 5-27)

Giải :

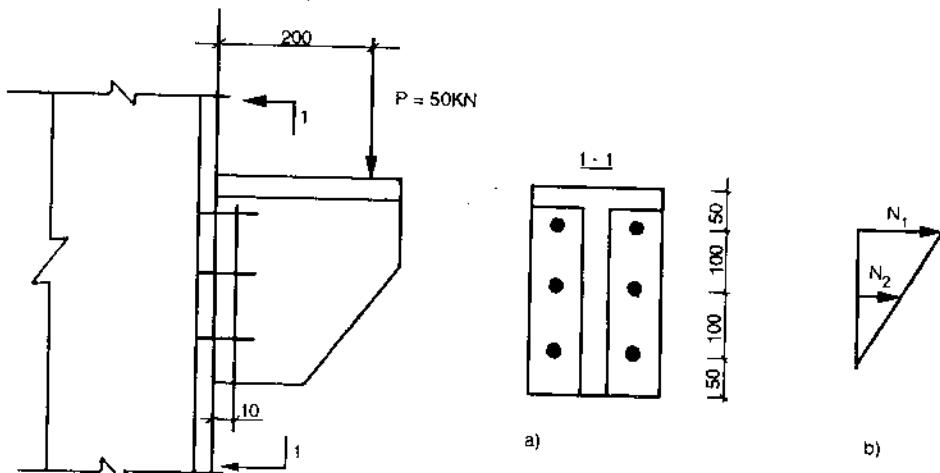
Dưới tác dụng của lực P , bu lông trong liên kết chịu lực cắt và chịu ép mặt, chịu lực kéo do mômen.

- Tính đường kính bulông theo điều kiện chịu lực cắt:

Từ (5-14)

$$n = \frac{N}{\frac{n_c \cdot R_c \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}}{}} \quad \text{với} \quad \begin{cases} n_c = 1 \\ R_c = 13 \text{ KN/cm}^2 \\ N = P \end{cases}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4P}{n \times R_c \times \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 50}{6 \times 13 \times 3,14}} = 0,9 \text{ cm}$$



Hình 5.27

- Tính đường kính bulông theo điều kiện chịu ép mặt

Từ (5-15)

$$n \geq \frac{N}{R_{cm} \cdot d \cdot \sum t} \quad \text{với} \quad \begin{cases} \sum t = 10 \text{ mm} = 1 \text{ cm} \\ R_{cm} = 34 \text{ KN/cm}^2 \\ N = P \end{cases}$$

$$d \geq \frac{P}{n \cdot R_{em} \cdot t} = \frac{50}{6 \times 34 \times 1} = 0,3\text{cm}$$

- Tính bulông theo điều kiện chịu kéo :

Dưới tác dụng của mômen $M = P \cdot 0,2\text{m}$. Các bulông làm việc không đều nhau, sự phân bố nội lực giữa các bulông trong liên kết theo biểu đồ tam giác (hình 5-27b).

Các bulông chịu lực kéo lớn nhất ở phía trên cùng(N_1).

$$N_1 = \frac{M_k e_1}{k \sum e_i^2} = \frac{50 \times 0,2 \times 0,2}{2(0,1^2 + 0,2^2)} = 20\text{KN}$$

Diện tích tiết diện bulông theo yêu cầu là:

$$F_{th} = \frac{N_1}{R_k^b} = \frac{20}{17} = 1,18\text{cm}^2$$

Theo bảng 7, lấy $F_{th}^b = 1,44\text{cm}^2$, $d = 16\text{mm}$

Như vậy liên kết làm việc an toàn.

Chương 6

TÍNH TOÁN TRONG CẤU KIỆN CƠ BẢN

§6-1. CẤU KIỆN CHỊU UỐN NGANG PHẲNG

1. Dầm thép định hình

Dầm thép định hình thường dùng là loại thép chữ I hoặc C.

Dầm thép hình chữ I có tiết diện đối xứng, có mô men chống uốn đối với trục thẳng đứng qua bụng x - x khá lớn, rất hợp lý khi dùng chịu uốn phẳng.

Dầm thép chữ C tiết diện không đối xứng nên khi chịu uốn phẳng thì xuất hiện thêm hiện tượng xoắn, nhưng vì dầm chữ C có cánh rộng (chịu uốn xiên tốt) và mặt ngoài phẳng dễ liên kết với cấu kiện khác. Thường sử dụng dầm chữ C làm xà gồ mái nhà, dầm tường, dầm trần khi nhịp bé, tải trọng nhỏ.

Thiết kế dầm thép hình gồm các bước:

a) Chọn tiết diện dầm thép hình

Từ sơ đồ kết cấu và tải trọng tác động lên dầm, tính được mô men uốn, lực cắt tác dụng lên dầm. Từ điều kiện bền của cấu kiện chịu uốn, sơ bộ tính được mô men chống uốn cần thiết của tiết diện dầm theo công thức sau:

(Tính với vật liệu thép làm việc trong giai đoạn đàn hồi)

$$W_{yc} \geq \frac{M_{max}}{R} \cdot 1,5 \quad (6-1)$$

Trong đó :

M_{max} : Mô men uốn lớn nhất dầm phải chịu.

R: Cường độ tính toán chịu uốn của thép hình, chọn loại có $W_x \geq W_{yc}$

1,5: Hệ số kể đến ảnh hưởng của uốn dọc.

b) Kiểm tra tiết diện dầm đã chọn về độ bền

Sau khi sơ bộ chọn $W_x \geq W_{yc}$ trong cấu tạo không gây các giảm yếu cho dầm thì không cần kiểm tra điều kiện bền về chịu uốn, trong trường hợp cấu tạo gây giảm yếu cho dầm thì cần kiểm tra độ bền theo công thức:

$$\sigma = -\frac{M}{W_{th,min}} \leq \gamma R \quad (6-2)$$

Kiểm tra độ bền khi chịu cắt theo công thức:

$$\tau = \frac{Q_{\max} \cdot S_c}{J_x \cdot t} \leq \gamma R_c \quad (6-3)$$

Q_{\max} : Lực cắt lớn nhất trong dầm.

S_c : Mô men tĩnh của tiết diện dầm đối với trục trung hoà.

Khi dùng công thức (6-2) thì bản bụng cần thoả mãn điều kiện :

$$\sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + \sigma_y^2} + 3\tau_{xy}^2 \leq 1,15\gamma \cdot R_c ; \quad \tau_{xy} \leq \gamma \cdot R_c$$

J_x : Mô men quán tính của tiết diện dầm đối với trục x - x (tra bảng theo loại thép hình đã chọn)

t : Chiều dày bản bụng thép hình.

R_c : Cường độ tĩnh toán chịu cắt của thép dầm.

M : Là mô men uốn tại tiết diện cần kiểm tra.

W_{thmin} : Mô men chống uốn nhỏ nhất

Nếu bản bụng dầm tại tiết diện kiểm tra bị giảm yếu bởi các lỗ đinh tán, bu lông thì giá trị của ứng suất tiếp (τ) trong (6 - 3) cần nhân với hệ số $\alpha=a$ (a-d) với a là khoảng cách hai lỗ đinh.

- Kiểm tra bản bụng dầm chịu ứng suất cục bộ:

Khi có lực tập trung tác dụng ở cánh trên của dầm, mà tại đó không có sườn đứng gia cường (hình 6 - 1) thì cần kiểm tra bền của bụng theo công thức:

$$\sigma_{cb} = \frac{P}{t_b Z} \leq \gamma R \quad (6-4)$$

Trong đó:

P : Giá trị lực tập trung.

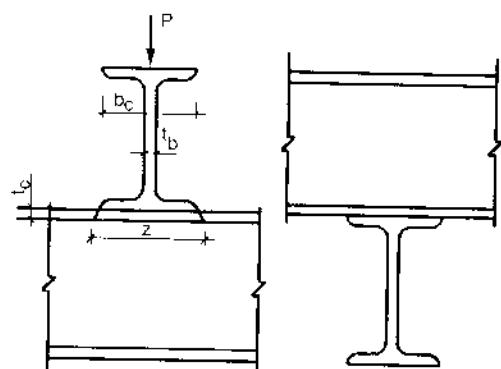
Z : Chiều dài quy ước bản bụng của dầm $Z=b_c+2t_c$

Ở đây t_c, t_b : chiều dày của bản cánh và bản bụng của thép hình chọn làm dầm.

b_c : Chiều dày thực tế truyền tải trọng tập trung lên dầm (chính là chiều rộng bản cánh thép hình chọn làm dầm).

c) *Kiểm tra về độ cứng (độ vông) của dầm*

Độ cứng của dầm được kiểm tra theo công thức



Hình 6.1

$$\frac{f}{l} \leq \left[\frac{f}{l} \right] \quad (6-5)$$

Trong đó :

$\frac{f}{l}$: Giá trị độ vông tương đối của dầm do tải trọng tiêu chuẩn gây ra. Ví dụ với dầm đơn giản chịu tải trọng phân bố đều thì $\frac{f}{l} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q^c l^3}{EJ}$

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

d) Kiểm tra ổn định tổng thể của dầm thép hình

Điều kiện để xem xét khi kiểm tra ổn định tổng thể của dầm thép hình I

Nếu tỷ số $\frac{l_o}{b_c} \leq 16$, dầm không cần kiểm tra ổn định tổng thể.

Khi tỷ số $\frac{l_o}{b_c} > 16$, phải tiến hành kiểm tra ổn định tổng thể.

Trong đó :

l_o : Chiều dài tính toán của nhịp dầm.

b_c : Chiều rộng bản cánh thép hình làm dầm.

Kiểm tra ổn định tổng thể của dầm thép hình I theo biểu thức :

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{\varphi_d W} \leq \gamma R \quad (6-6)$$

Trong đó :

M_{\max} : Mô men uốn lớn nhất dầm phải chịu.

W : Mô men chống uốn tiết diện nguyên của dầm (không xét đến giảm yếu của tiết diện).

φ_d : Hệ số kể đến sự giảm khả năng chịu uốn của dầm khi xét đến điều kiện tổng thể.

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

Giá trị φ_d lấy phụ thuộc φ_1 như sau :

+ Nếu $\varphi_1 \leq 0,85$ lấy $\varphi_d = \varphi_1$.

+ Nếu $\varphi_1 > 0,85$ lấy $\varphi_d = 0,68 + 0,21 \cdot \varphi_1 \leq 1$

Giá trị φ_1 xác định theo công thức:

$$\varphi_1 = \psi \frac{J_y}{J_x} \left(\frac{h}{l_o} \right)^2 \frac{E}{R} \quad (6-7)$$

Trong đó ψ lấy theo bảng 11 (Phụ lục) phụ thuộc vào liên kết của dầm ở các gối tựa, tuỳ theo dạng và vị trí của tải trọng tác dụng lên dầm, phụ thuộc vào tham số α .

Với dầm chữ I thì tính giá trị của α theo biểu thức.

$$\alpha = 1,54 \frac{J_k}{J_y} \left(\frac{l_o}{h} \right)^2 \quad (6-8)$$

Trong đó :

J_k : Mô men quán tính khi xoắn của tiết diện dầm.

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

h : chiều cao tiết diện dầm.

l_o : Chiều dài tính toán ở ngoài mặt phẳng dầm của cánh nén (là khoảng cách giữa hai điểm cố kết cánh chịu nén không cho chuyển vị ngang) thường là khoảng cách điểm liên kết hệ giằng với cánh.

E: Môđun đàn hồi của thép.

R: cường độ tính toán của thép - với thép CT₃ thì tỷ số $\frac{E}{R}$ là 10³

Nếu tính theo (6 - 6) không thoả mãn thì cần tìm cách tăng ổn định tổng thể cho dầm bằng cách bố trí lại hệ giằng ở cánh chịu nén làm giảm l_o ở ngoài mặt phẳng dầm (cách này có hiệu quả hơn cả).

Thí dụ 6-1

Thiết kế dầm thép I thép ký hiệu CT₃, Chiều dài dầm $l_o = 6$ m chịu tải trọng phân bố đều. Ở cánh trên tải trọng tác dụng $q_{ic} = 25\text{KN/m}$, hệ số vượt tải $n_g = 1,2$. Dầm không có điểm cố kết theo phương ngang, $\left[\frac{f}{l} \right] = \frac{1}{400}$

Giải:

Thép CT₃: R=21KN/cm²; R_c=13KN/cm²

$$q_{lt} = n_g q_{ic} = 1,2 \times 25 = 30\text{KN/m}$$

Mô men lớn nhất tại giữa nhịp dầm:

$$M_{max} = q_{lt} \frac{l^2}{8} = 30 \times \frac{6^2}{8} = 135\text{KNm}$$

Lực cắt lớn nhất tại gối đầm:

$$Q_{\max} = q_u \frac{l}{2} = 30 \times \frac{6}{2} = 90 \text{KN}$$

a) Sơ bộ chọn tiết diện đầm thép I

$$W_{yc} = 1,5 \frac{M}{R} = 1,5 \times \frac{13500}{21} = 946 \text{cm}^3$$

Chọn thép I40 có:

$$\begin{aligned} J_x &= 18930 \text{ cm}^4, & W_x &= 947 \text{cm}^3, & S_x &= 540 \text{cm}^3 \\ J_y &= 666 \text{cm}^4, & J_k &= 40,6 \text{cm}^4, & t_b &= 0,83 \text{cm} \end{aligned}$$

Trong cấu tạo đầm không bị giảm yếu, nên không cần kiểm tra độ bén.

b) Kiểm tra ổn định tổng thể

- Tính trị số $\alpha = 1,54 \frac{J_k}{J_y} \left(\frac{l_o}{h} \right)^2 = 1,54 \times \frac{40,6}{666} \left(\frac{6}{0,4} \right)^2 = 21,12$

$$\alpha = 21,12 \text{ tính } \psi = 1,6 + 0,08 \cdot \alpha$$

- Tính trị số $\varphi_d = \psi \cdot \frac{J_y}{J_x} \left(\frac{h}{l_o} \right)^2 \cdot \frac{E}{R}$

$$\varphi_d = 3,65 \times \frac{666}{18930} \left(\frac{0,4}{6} \right)^2 \times 10^3 = 0,56$$

$$\sigma = \frac{M}{\varphi_d \cdot W_x} = \frac{13500}{0,56 \times 947} = 25 \text{KN/cm}^2 > R = 21 \text{KN/cm}^2$$

Do kết quả $\sigma = 25 \text{KN/cm}^2 > R = 21 \text{KN/cm}^2$ nên đầm không ổn định tổng thể. Cần chọn lại tiết diện.

Chọn thép I45 $J_x = 2769 \text{cm}^4, W = 1231 \text{cm}^3$

$$J_y = 808 \text{cm}^4, J_k = 54,7 \text{cm}^4$$

Tính $\alpha = 1,54 \times \frac{54,7}{808} \times \left(\frac{6}{0,45} \right)^2 = 19$

$$\alpha = 19 \text{ tính được } \psi = 3,61$$

$$\varphi_d = 3,61 \times \frac{808}{27,696} \times \left(\frac{0,4}{0,6} \right)^2 \times 10^3 = 0,57$$

$$\sigma = \frac{13500}{0,57 \times 1231} = 19,2 \text{KN/cm}^2 < R = 21 \text{KN/cm}^2$$

Vậy dầm đạt yêu cầu về độ bền.

- Kiểm tra độ võng

$$\frac{f}{l} = \frac{5}{384} \times \frac{25 \times 10^{-2} \times (6 \times 10^2)^3}{2,1 \times 10^4 \times 27450} = 0,0012 = \frac{1}{800}$$

$$\frac{f}{l} = \frac{1}{800} < \left[\frac{f}{l} \right] = \frac{1}{400}$$

Vậy dầm đạt yêu cầu về biến dạng

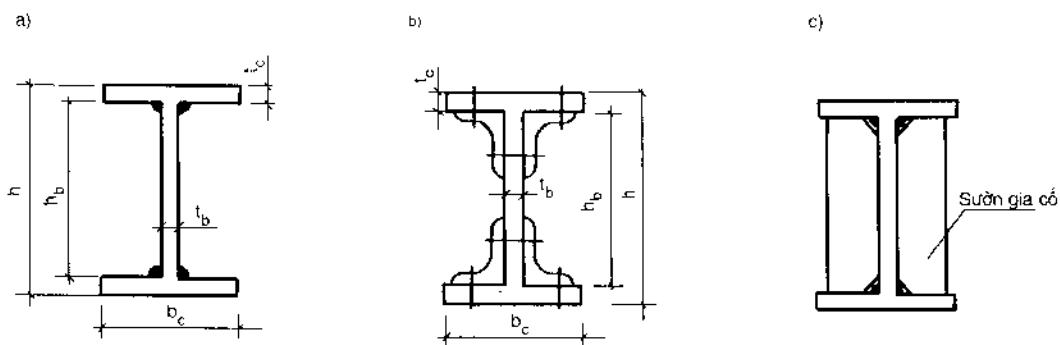
- Kết luận: Chọn thép I45 làm dầm chịu lực đảm bảo kết cấu làm việc an toàn.

2. Dầm thép tổ hợp

Thông thường khi nhịp dầm (L) và tải trọng tác dụng lớn $q_{ic} > 20 \text{ KN/m}$ thì dùng dầm thép tổ hợp.

Dầm tổ hợp được ghép với nhau từ các thép bản, từ thép bản với thép góc, hoặc từ các thép góc với nhau... (hình 6-2). Việc ghép nối được thực hiện bằng hàn hoặc đinh tán.

Thiết kế dầm tổ hợp gồm: Chọn tiết diện dầm, thay đổi tiết diện theo chiều dài dầm, kiểm tra tiết diện dầm đã chọn về độ bền, độ cứng, ổn định, cấu tạo và tính toán các chi tiết của dầm như liên kết cánh với bụng dầm, nối dầm, sườn gối dầm. Trong phạm vi giáo trình chỉ trình bày một số khái niệm về cấu tạo và tính toán.



Hình 6.2: Dầm tổ hợp

- a) Hàn từ các thép bản ; b) Ghép bằng đinh tán giữa thép bản và thép góc**
- c) Sườn gối có dầm tổ hợp**

a) Xác định chiều cao dầm (h)

Chiều cao của tiết diện dầm phải đảm bảo yêu cầu sử dụng, vừa phải đảm bảo yêu cầu kinh tế và đòi hỏi về không gian xây dựng.

$$h_{\min} \leq h_{kic} \leq h_{xd}$$

h_{\min} : chiều cao tiết diện dầm nhỏ nhất đủ đảm bảo độ cứng trong quá trình làm việc

h_{\max} : Được xác định từ điều kiện độ vông cho phép $\left[\frac{f}{l} \right]$.

Với dầm đơn giản chịu tải trọng phân bố đều theo chiều dài dầm, độ vông lớn nhất của dầm là:

$$f = \frac{5}{384} (g_c + p_c) \frac{l^4}{EJ} \quad (6-9)$$

Trong đó:

g_c, p_c : là Tính tải và hoạt tải tiêu chuẩn trên một đơn vị chiều dài dầm.
 f : Nhịp của dầm.

EJ : Độ cứng chống uốn của dầm

$$h_{\min} = \frac{5}{24} \cdot \frac{R}{E} \left[\frac{l}{f} \right] \cdot \frac{1}{n_{tb}} \quad (6-10)$$

Trong đó :

n_{tb} : Hệ số vượt tải trung bình $\frac{1}{n_{tb}} = \frac{g_c + p_c}{ng_c + np_c}$

- h_{xd} : Chiều cao tiết diện dầm được xác định từ yêu cầu thiết kế.
- h_{kic} : Chiều cao tiết diện dầm đạt hiệu quả kinh tế cao.

$$h_{kic} = k \sqrt{\frac{W_{gc}}{t_b}} \quad (6-11)$$

k : hệ số phụ thuộc điều kiện liên kết.

+ Nếu dầm tổ hợp hàn $k = 1,2$.

+ Dầm tổ hợp đinh tán $k = 1,25$

Trong tính toán chọn chiều cao dầm thỏa mãn điều kiện trên và chiều cao dầm sai khác so với chiều cao kinh tế khoảng 20% là được.

b) Xác định chiều dày bản bụng dầm (t_b)

Chiều dày bản bụng dầm thép có thể xác định từ điều kiện bản bụng đủ chịu lực cắt lớn nhất tác dụng lên dầm

$$t_b = \frac{3 Q_{max}}{2 h R_c} \quad (6-12)$$

Khi chiều cao dầm từ 1-2m thì có thể chọn chiều dày bản bụng theo kinh nghiệm

$$t_b = \left(7 + \frac{3h}{1000} \right) \text{ mm} \quad (6-13)$$

Nếu trong dầm không dùng sườn để gia cường bản bụng thì xác định chiều dày bản bụng dầm theo công thức

$$t_b \geq \frac{h_b}{5.5} \sqrt{\frac{R}{E}} \quad (6-14)$$

Thông thường $8\text{mm} \leq t_b \leq 22\text{mm}$

c) Xác định kích thước cánh dầm thép tổ hợp

Đối với dầm tiết diện đối xứng, để ứng suất pháp phân bố đều theo chiều rộng cánh chịu kéo, cũng như để đảm bảo ổn định cục bộ của cánh nén thì ta nên chọn

$$b_c \leq 30t_c \quad (6-15)$$

Ngoài ra để liên kết dầm theo phương ngang với các cấu kiện khác và để đảm bảo ổn định tổng thể cho dầm thì b_c thường lấy như sau:

$$b_c \geq \frac{1}{10} h ; b_c \geq 180\text{mm} ; h_c = \left(\frac{1}{2} \text{ đến } \frac{1}{5} \right) h$$

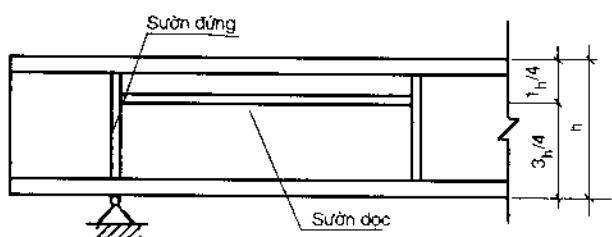
d) Ốn định cục bộ từng khoang dầm

- Khi $\frac{h_b}{t_b} \leq 70$ thì dầm ổn định cục bộ và ở dầm không cần gia cố thêm sườn.
- Khi $\frac{h_b}{t_b} > 70$ thì phải đặt sườn đứng gia cố tại vị trí có Q_{max} .
- Khi $\frac{h_b}{t_b} > 160$ thì phải đặt thêm sườn dọc song song cánh dầm và đặt cách cánh trên từ $(\frac{1}{4} \text{ đến } \frac{1}{5})h$.

Sườn dọc thường được chọn như sau:

$$\text{- Bề rộng } b_s = \frac{h}{30} + 40\text{mm}$$

$$\text{- Bề dày } t_s \geq \frac{1}{15} b_s$$



Hình 6.3: Gia cố sườn dầm tổ hợp
Liên kết sườn vào dầm bằng hàn góc

§ 6-2. CẤU KIỆN CHỊU NÉN ĐÚNG TÂM

Trong các kết cấu bằng thép, thường gặp các cấu kiện chịu nén đúng tâm như các thanh trong dàn, cột thép.

Yêu cầu tính toán đối với các cấu kiện chịu nén đúng tâm gồm:

1. Kiểm tra độ bền về cường độ do tiết diện bị giảm yếu (nếu có liên kết bằng đinh tán, bulông)

Biểu thức tính toán kiểm tra

$$\sigma = \frac{N}{F_{th}} \leq R \quad (6-16)$$

2. Kiểm tra ổn định của cấu kiện theo biểu thức

$$\sigma = \frac{N}{\varphi F} \leq R \quad (6-17)$$

Trong đó :

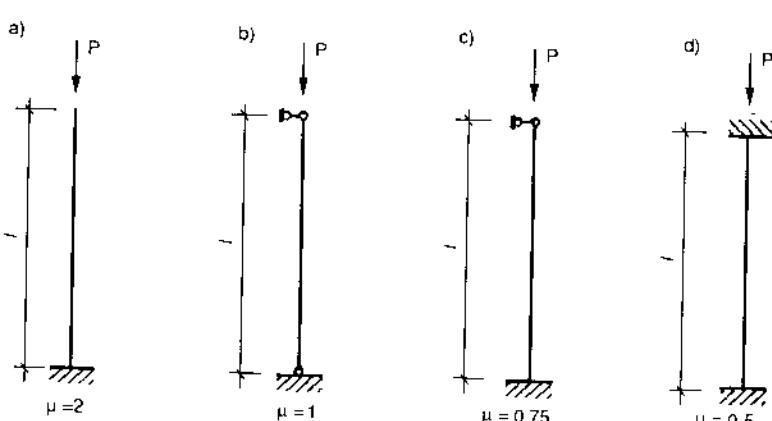
N : Lực dọc tính toán

F_{th} : Diện tích tiết diện thu hẹp (đã trừ phần giảm yếu)

R: Cường độ chịu nén của thép

F: Diện tích tiết diện nguyên của cấu kiện

φ : Hệ số uốn dọc



Hình 6.4: Liên kết hai đầu cấu kiện

a) Một đầu ngầm, 1 đầu tự do ; b) Hai đầu là khớp

c) Một đầu ngầm, 1 đầu khớp ; d) Hai đầu là ngầm

Hệ số φ phụ thuộc độ mảnh $\lambda = \frac{l_0}{r}$

l_0 : Chiều dài tính toán của cấu kiện

- Phụ thuộc vào sự liên kết ở 2 đầu của cấu kiện - $l_0 = \mu l$ (hình 6-4)

$$r: \text{Bán kính quán tính trung tâm của tiết diện } r = \sqrt{\frac{J}{F}}$$

Trong tính toán lấy hệ số nhỏ nhất của một trong hai trị số r_x hoặc r_y , trong bảng thép hình thì lấy r_y .

Sau khi có trị số λ ta tra bảng 12 (phụ lục) tìm φ

3. Kiểm tra về độ mảnh

$$\lambda \leq [\lambda] \quad (6-18)$$

Trong đó:

λ : Độ mảnh tính toán của cấu kiện

$[\lambda]$: Độ mảnh giới hạn cho phép (theo TCQP quy định).

Đối với cấu kiện chịu lực chính $[\lambda] = 120$

Đối với cấu kiện khác $[\lambda] = 150$

Thí dụ 6 - 2

Kiểm tra sự làm việc của thanh kèo chịu nén. Biết lực nén tính toán $N = 210\text{KN}$, thanh kéo là thép góc đều cạnh L100 × 10 số hiệu thép CT₃, thanh kèo dài 2 m, hai đầu thanh liên kết bằng bu lông có đường kính $d = 20\text{mm}$; $[\lambda] = 150$

Giải :

Thép CT₃ : $R = 21\text{KN/cm}^2$.

Tra bảng 13 (phụ lục) - Thép L100 × 10 có $F = 19,2\text{cm}^2$, $r_{min} = 1,96$, $t = 1\text{cm}$.

Hai đầu thanh liên kết khớp nên $\mu = 1$

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l_0}{r_{min}} = \frac{1.200}{1,96} = 102 < [\lambda] = 120$$

- Kiểm tra theo điều kiện ổn định

$$\sigma = \frac{N}{\varphi F} \leq R$$

Từ $\lambda = 102$ tra bảng 12 (phụ lục) tìm $\varphi = 0,584$.

$$\sigma = \frac{210}{0,584 \times 19,2} = 18,73\text{KN/cm}^2 < R$$

- Kiểm tra điều kiện cường độ do thanh kèo bị giảm yếu bởi lỗ bu lông

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

$$\sigma = \frac{210}{19,2 - (2 \times 1)} = 12,28 \text{ KN/cm}^2 < 21 \text{ KN/cm}^2$$

§ 6-3. CẤU KIỆN CHỊU KÉO ĐÚNG TÂM

Các cấu kiện bằng thép chịu kéo đúng tâm cần kiểm tra ứng suất theo điều kiện :

$$\sigma = \frac{N}{F_{th}} \leq R \quad (6-19)$$

Trong đó :

N : Lực dọc tác dụng vào thanh.

F_{th} : Diện tích tiết diện ngang thu hẹp (các lỗ bu lông, đinh tán,...) Nếu không có các lỗ bu lông đinh tán thì lấy $F_{th}=F$.

§6-4. CẤU KIỆN CHỊU NÉN LỆCH TÂM - NÉN - UỐN

1. Tính toán cấu kiện chịu nén lệch tâm, nén uốn (tiết diện đặc)

a) Kiểm tra cường độ của cấu kiện theo công thức

$$\sigma = \frac{N}{F_{th}} \pm \frac{M_x}{W_{xth}} \pm \frac{M_y}{W_{yth}} \leq R \quad (6-20)$$

Trong đó :

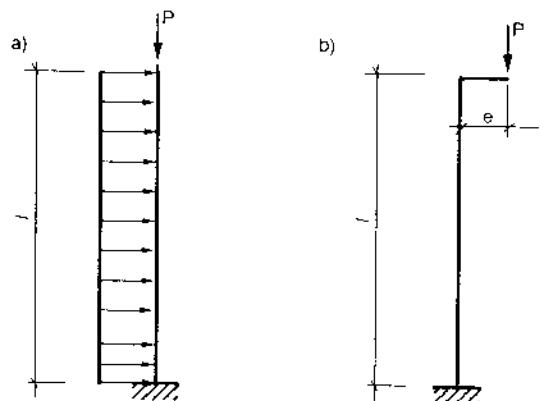
N, M_x , M_y : Trị số của lực dọc và các mô men uốn tính toán của cấu kiện trong cùng tổ hợp tải trọng.

M_x : Mô men trong mặt phẳng vuông góc với trục x-x

M_y : Mô men trong mặt phẳng vuông góc với trục y-y của tiết diện cột.

x,y: Toạ độ điểm kiểm tra ứng suất trên tiết diện của cấu kiện đối với trục chính của nó.

F_{th} , J_{xth} , J_{yth} : Diện tích thu hẹp của tiết diện và các mô men quán tính đối với trục x-x, y-y của tiết diện thu hẹp.



Hình 6.5:

- a) Cấu kiện chịu lực dọc vừa chịu lực ngang;
- b) Cấu kiện chịu lực đặt lệch tâm l đoạn e.

- Việc tiến hành kiểm tra theo (6-20) được tiến hành khi tiết diện có giảm yếu lớn, khi có độ lệch tâm tính đổi $m_1 > 20$.

Trong đó:

$$m_1 = \eta \cdot m \quad (6-21)$$

$$m: Độ lệch tâm tương đối \quad m = \frac{M_x}{N} \cdot \frac{F_{th}}{W_x} \quad (6-22)$$

η : Hệ số kể đến ảnh hưởng của hình dạng tiết diện, đến sự phát triển biến dạng dẻo.

Với tiết diện chữ nhật thì $\eta = 1$;

$$\text{chữ I thì } \eta = 0,8 + 0,04\lambda. \quad \text{Khi } \lambda \leq 5, (0,1 \leq m \leq 5)$$

$$\eta = 1 \quad \text{Khi } \lambda > 5 \text{ và } m > 5$$

W_x : Mô men chống uốn xác định với thó chịu nén lớn nhất của tiết diện.

b) Kiểm tra ổn định tổng thể của cấu kiện

Do cấu kiện chịu nén lệch tâm, nén uốn, nên việc kiểm tra ổn định tổng thể của cấu kiện tiến hành theo cả 2 mặt chứa hai trục chính của tiết diện.

- Trường hợp cấu kiện chịu lực, N và M_x cùng nằm trong mặt phẳng đối xứng của cấu kiện (mặt phẳng uốn) thì việc kiểm tra ổn định tổng thể của cấu kiện trong mặt phẳng uốn (tính đối với trục x-x) tiến hành theo công thức:

$$\frac{N}{\varphi_d F} \leq R \quad (6-23)$$

- Kiểm tra ổn định tổng thể của cấu kiện trong mặt phẳng vuông góc với mặt phẳng uốn. Tiến hành theo công thức :

$$\frac{N}{C \cdot \varphi_y F} \leq R; C = \frac{\beta}{1 + \alpha m} \quad (6-24)$$

Trong đó:

φ_y : Hệ số uốn dọc đối với trục y-y của tiết diện cấu kiện phụ thuộc độ mảnh

c: Hệ số kể đến ảnh hưởng của mômen uốn M_x và hình dạng tiết diện cột.

m: Độ lệch tâm tương đối (6-22)

α, β là các hệ số lấy theo bảng.

Phần III

KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP

Chương 7

NHỮNG VẤN ĐỀ CƠ BẢN VỀ KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP

§7-1. MỞ ĐẦU

1. Thực chất của bê tông cốt thép (BTCT)

a) Một số khái niệm

- Bê tông cốt thép là một loại vật liệu xây dựng phức hợp do bê tông và cốt thép cùng cộng tác với nhau để chịu lực.

- Riêng bê tông đã là vật liệu xây dựng phức hợp bao gồm cốt liệu và chất kết dính kết lại với nhau thành một thứ đá nhân tạo. Về chịu lực, bê tông chịu nén tốt hơn chịu kéo từ 8 - 15 lần.

- Cốt thép chịu kéo và chịu nén đều tốt và tốt hơn bê tông nhiều lần.

- Nếu chỉ dùng bê tông: khả năng chịu lực của cấu kiện không cao, khi cấu kiện bị uốn sự chịu lực không hợp lý, vùng chịu kéo của tiết diện “yếu” cho nên bị phá hoại trước, trong khi vùng chịu nén vẫn còn khả năng chịu lực hơn nữa.

- Việc đặt thép trong cấu kiện bê tông tạo thành cấu kiện BTCT có khả năng chịu lực lớn hơn cấu kiện bê tông. Mặt khác, sự chịu lực cũng hợp lý bởi vùng bê tông nào “yếu” đã có cốt thép chịu lực tăng cường, nhất là vùng bị kéo (Do tính chất chịu kéo tốt của cốt thép).

b) Vị trí cốt thép trong bê tông cốt thép

Việc đặt cốt thép trong bê tông nhằm tăng cường khả năng chịu lực của kết cấu: Cốt thép có nhiệm vụ cùng chịu lực với bê tông và chịu phần lực mà bê tông không chịu hết.

- Bê tông chịu kéo kém cho nên cốt thép thường được đặt ở vùng chịu kéo của kết cấu BTCT.

- Cốt thép chịu kéo và chịu nén đều tốt và tốt hơn bê tông nhiều, cho nên để tăng cường khả năng chịu lực chung của kết cấu, người ta cũng đặt thép cho kết cấu chịu nén và vùng bị nén của kết cấu chịu uốn.

- Điều kiện để tính toán và đặt cốt thép trong bê tông: ứng với nội lực lớn nhất (có thể xảy ra) thì bê tông và cốt thép đều phát huy hết khả năng chịu lực.

c) *Nguyên nhân để bê tông và cốt thép cùng làm việc*

- Khi nén kết xong bê tông dính chặt vào thép. Khi có lực tác dụng, bê tông và cốt thép cùng biến dạng và không bị trượt tương đối với nhau, do đó truyền được lực sang nhau (cùng làm việc). Lực dính giữa bê tông và cốt thép còn làm hạn chế sự nứt của bê tông trong kết cấu BTCT... Do đó người ta phải tìm mọi cách để tăng cường lực dính này.

- Giữa bê tông và cốt thép không xảy ra phản ứng hoá học, bê tông còn bao quanh cốt thép, bảo vệ cho cốt thép khỏi bị ăn mòn do môi trường bên ngoài xâm thực. Muốn vậy khi thi công BTCT cần làm đúng yêu cầu kỹ thuật, cốt liệu phải sạch, trộn đều, đúc đầm chặt, bảo dưỡng kỹ, cốt thép sạch, dùng phụ gia phải có cân nhắc.

- Hệ số dẫn nở vì nhiệt của cốt thép và của bê tông xấp xỉ nhau. Bê tông dẫn nhiệt kém, do đó nhiệt độ thay đổi ở phạm vi nhỏ (dưới 100°C) trong kết cấu không xuất hiện nội ứng suất đáng kể, không làm phá hoại lực dính giữa bê tông và cốt thép.

2. Nhận xét về BTCT

a) *Ưu điểm*

- Có khả năng sử dụng vật liệu địa phương (cát, sỏi, đá ...) cho nên giá thành thấp hơn so với sử dụng kết cấu thép.

- Chịu lực tốt hơn so với kết cấu gạch đá và kết cấu gỗ.

- Có độ bền lâu, tổn ít công bảo dưỡng, sửa chữa.

- Chịu lửa tốt hơn kết cấu gỗ.

- Có thể tạo được nhiều hình dáng phức tạp theo yêu cầu của thiết kế.

b) *Nhược điểm*

- Trọng lượng bản thân của bê tông lớn, do đó khó làm được những kết cấu có nhịp lớn.

- BTCT thường có khe nứt làm giảm khả năng chống thấm, giảm khả năng bảo vệ cốt thép.

- Thi công BTCT phức tạp và phải qua nhiều khâu (nhất là khi đúc bê tông toàn khối tại chỗ).

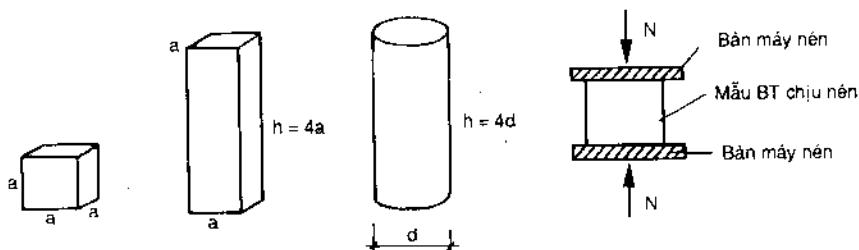
§7-2. TÍNH CHẤT CƠ HỌC CỦA BTCT

1. *Tính chất cơ học của bê tông*

a) *Cường độ của bê tông*

* Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén (R_n) của bê tông.

Mẫu thí nghiệm có dạng: Hình khối vuông hoặc hình lăng trụ như (hình 7-1).



Hình 7.1: Mẫu bê tông chịu nén và thí nghiệm nén mẫu

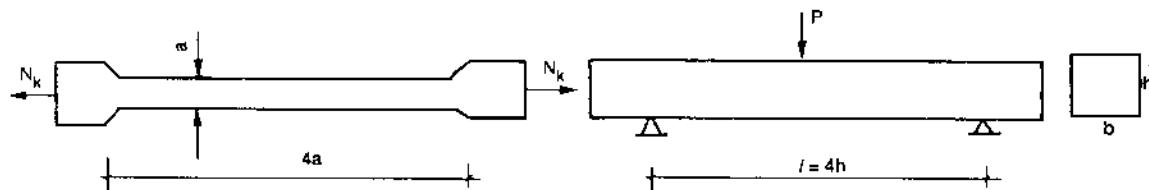
Mẫu bê tông được thí nghiệm nén ở máy chuyên dụng, trình tự thí nghiệm tiến hành theo quy trình và quy phạm.

Gọi giá trị lực nén làm cho mẫu bê tông bị phá hoại là N_p ; Gọi diện tích tiết diện ngang của mẫu bê tông là F ; Cường độ chịu nén bê tông là

$$R_n = \frac{N_p}{F} \quad (7-1)$$

* Thí nghiệm xác định cường độ chịu kéo (R_k) của bê tông.

Mẫu thí nghiệm: Thông thường người ta xác định cường độ chịu kéo của bê tông theo mẫu chịu kéo có tiết diện là hình vuông, cũng có thể xác định R_k theo mẫu bê tông có tiết diện chữ nhật chịu uốn.



Hình 7.2: Thí nghiệm xác định cường độ chịu kéo của bê tông

a) Xác định theo mẫu BT chịu kéo; b) Xác định theo mẫu BT chịu uốn.

Theo thí nghiệm mẫu bê tông chịu kéo

$$R_k = \frac{N_k}{F} \quad (7-2)$$

Với N_k là giá trị lực kéo làm cho mẫu BT bị phá hoại, còn F là diện tích tiết diện ngang của mẫu BT.

Theo thí nghiệm mẫu BT chịu uốn $R_k = \frac{3,5M}{bh^2}$; (7-3)

Trong đó M là giá trị Mômen làm cho mẫu bê tông bị phá hoại.

* Mác bê tông.

Mác bê tông là chỉ số biểu thị chỉ tiêu chất lượng cơ bản của bê tông.

Theo tính chất và nhiệm vụ của kết cấu, người ta phân ra 3 loại mác bê tông : Mác theo cường độ chịu nén, mác theo cường độ chịu kéo, mác theo khả năng chống thấm.

- Mác theo cường độ chịu nén (ký hiệu M) là trị số cường độ nén tính theo daN/cm^2 của mẫu bê tông chuẩn khối vuông có cạnh là 15cm được chế tạo, dưỡng hộ và thí nghiệm theo tiêu chuẩn nhà nước. Bê tông nặng có mác chịu nén: M100, M150, M200, M250, M300, M350, M400, M500, M600. Trong kết cấu BTCT phải dùng bê tông mác không thấp hơn M150.

- Mác theo cường độ chịu kéo (ký hiệu K) là con số lấy bằng trị số cường độ chịu kéo tính ra daN/cm^2 của mẫu thử tiêu chuẩn. Bê tông nặng có mác chịu kéo: K10, K15, K20, K25, K30, K40.

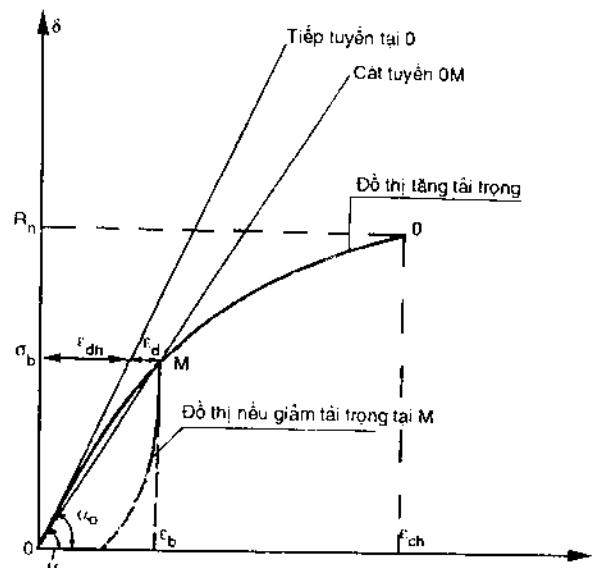
- Mác theo khả năng chống thấm (ký hiệu T) lấy bằng áp suất lớn nhất (atm) mà mẫu chịu được để nước không thấm qua. Bê tông có mác chống thấm: T2, T4, T6, T8, T10, T12.

b) Biến dạng của bê tông

* Biến dạng do tải trọng tác dụng ngắn hạn.

Làm thí nghiệm nén mẫu BT hình lăng trụ, đo và lập quan hệ giữa ứng suất và biến dạng, người ta vẽ được đồ thị là đường cong (hình 7-3). Điểm D trên đồ thị ứng với thời điểm mẫu bị phá hoại, lúc đó ứng suất nén đạt đến R_n và biến dạng đạt đến cực hạn ϵ_{ch} .

Khi gia tải đến một mức nào đó (ứng suất và biến dạng tương ứng σ_b ; ϵ_b) rồi giảm tải, biến dạng của bê tông không được phục hồi hoàn toàn, chứng tỏ bê tông là vật liệu vừa có tính đàn hồi vừa có tính dẻo.



Hình 7.3: Biểu đồ quan hệ $\sigma - \varepsilon$

Gọi ε_b : Biến dạng toàn phần của bê tông.

ε_{dh} : Phần biến dạng đàn hồi

ε_d : Phần biến dạng dẻo

v : Hệ số đàn hồi của bê tông

$$\text{Ta có: } \varepsilon_b = \varepsilon_{dh} + \varepsilon_d; \quad v = \frac{\varepsilon_{dh}}{\varepsilon_b}$$

$$\text{Môđun biến dạng toàn phần của bê tông là: } E'_b = \frac{\sigma_b}{\varepsilon_b} = \frac{\sigma_b}{\sigma_{dh} + \varepsilon_d} = \operatorname{tg} \alpha$$

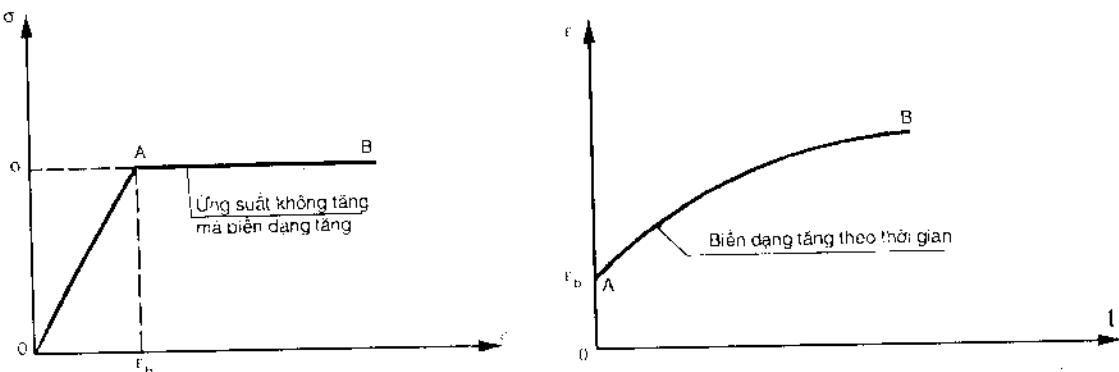
Ứng với mỗi điểm M khác nhau trên đồ thị sẽ có cát tuyến khác nhau, do đó góc α khác nhau, chứng tỏ rằng E'_b là hàm số α biến đổi theo tải trọng.

$$\text{Môđun biến dạng đàn hồi khi nén của bê tông } E_b = \frac{\sigma_b}{\varepsilon_{dh}} = \operatorname{tg} \alpha_0;$$

α_0 là góc tiếp tuyến tại O của đồ thị tăng tải so với trục ε , góc α_0 không thay đổi cho nên $E_b = \operatorname{tg} \alpha_0 = \text{const.}$

* Biến dạng do tải trọng tác dụng dài hạn (Tù biến)

- Khi tải trọng đặt lâu dài, biến dạng của bê tông tăng dần theo thời gian, lúc đầu tăng nhanh, sau tăng chậm lại, trong khi ứng suất không thay đổi, hiện tượng này gọi là từ biến.



Hình 7.4: Biểu đồ về sự từ biến của bê tông

- Từ biến có tác hại: Làm tăng độ võng và mở rộng khe nứt với cấu kiện chịu uốn. Làm tăng sự uốn dọc trong cấu kiện chịu nén. Làm tổn hao ứng suất trong cấu kiện ứng suất trước.

- Muốn hạn chế từ biến cần phải: Để bê tông già tuổi mới cho chịu lực, hạn chế lượng xi măng và hạn chế tỷ lệ $\frac{N}{X}$ khi đúc bê tông ...

2. Cốt thép dùng làm BTCT

a) Tính chất cơ học của thép: (Đã nghiên cứu trong phân kết cấu thép)

- Cốt thép có tính đồng nhất cao, đàn hồi, chịu nén và chịu kéo đều tốt và tốt hơn bê tông.

- Cường độ của cốt thép rất cao và ký hiệu như sau:

R_a : Cường độ chịu kéo của cốt thép

R'_a : Cường độ chịu nén của cốt thép .

R_{ax} : Cường độ chịu kéo của cốt thép khi tính toán BTCT chịu lực cắt.

b) Phân loại cốt thép: Có nhiều cách phân loại.

* Phân loại cốt thép theo nhóm: Theo TCVN 1651 - 85 dựa vào tính chất cơ học, phân cốt thép thành 4 nhóm C-I; C - II; C - III; C-IV.

Thép nhóm C-I có tính dẻo hơn các nhóm kia và được chế tạo sẵn thành các thanh tròn trơn đường kính 6mm đến 40mm.

Thép nhóm C-II; C-III; C-IV được chế tạo sẵn thành các thanh thép có gờ (gai, gờ xoắn), đường kính trung bình của thanh thép nhóm này từ 10mm đến 40mm.

Thép nhập từ các nước Đông Âu có các nhóm AI, AII,AIII,AIV.

* Theo hình dáng tiết diện thanh: có thép hình và thép tròn.

- Thép hình: Các thanh thép có hình L, I, chế tạo sẵn từ nhà máy.

- Cốt thép tròn: Được làm từ các thanh t轧 ép tiết diện tròn.

*Theo độ cứng: Có cốt thép mềm và cốt thép cứng.

- Cốt thép mềm là cốt thép mà khi thi công có thể uốn được, nó thường là thép tròn có đường kính $d \leq 40\text{mm}$.

- Cốt thép cứng là cốt thép mà khi thi công người ta không thể uốn được, nó thường là thép hình và thép tròn có $d > 40\text{mm}$.

* Theo cường độ: Có cốt thép thường và cốt thép có cường độ cao.

- Cốt thép thường: Có cường độ $R_a \leq 60\text{KN/cm}^2$.

- Cốt thép cường độ cao: Có $R_a > 60\text{KN/cm}^2$.

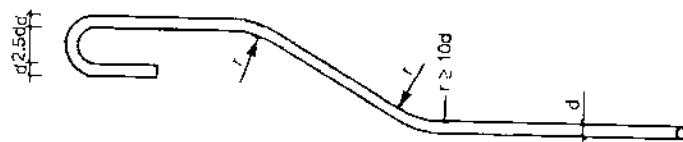
* Theo chiều dài thép: Có thép thanh và thép sợi.

- Thép thanh thường là thép hình và thép tròn có $d > 10\text{mm}$ nó được chế tạo sẵn thành các thanh thẳng dài 6-12m.

- Thép sợi là thép tròn $d < 10\text{mm}$, thép này thường được chế tạo thành sợi dài và cuốn thành cuộn tròn nhiều vòng.

c) Neo, uốn, nối cốt thép

* Móc neo: Để cho khi chịu lực, cốt thép không bị trượt trong bê tông, ở đầu các thanh thép tròn phải uốn móc neo. Móc neo có hình bán nguyệt (như hình 7-5). Gọi đường kính của thanh thép bị uốn là d thì chiều dài đoạn thép để uốn móc neo lấy là $6,25d$ nếu uốn bằng thủ công và lấy bằng $3,25d$ nếu uốn bằng máy.



Hình 7.5: Móc neo và uốn cốt thép.

* Uốn cốt thép: Ở những chỗ thép bị uốn cong, khi làm việc, lực trong cốt thép sẽ ép vào bê tông, để lực ép này phân ra khoảng rộng cho bê tông đủ chịu lực, người ta phải uốn cốt thép sao cho chỗ uốn có bán kính cong $r \geq 10d$.

* Nối cốt thép: Thép không đủ chiều dài theo thiết kế thì phải nối, có thể nối bằng hàn hoặc buộc.

- Nối hàn: Hai thanh cốt thép được nối với nhau bằng mối hàn. Có thể hàn chồng hoặc dùng tấm lót hình lòng máng. Việc thiết kế mối hàn này phải có tính toán theo như phần kết cấu thép, hoặc cấu tạo theo quy định trong TCVN.

- Nối buộc: Đặt hai đầu thanh cốt thép chồng lên nhau một đoạn là l_{neo} , rồi dùng sợi thép nhỏ buộc lại. Kiểu nối buộc không tốt lắm cho nên không được dùng với các thanh thép có đường kính $d \geq 32\text{mm}$ và với kết cấu thẳng chịu kéo đúng tâm.

$$\text{Chiều dài neo: } l_{neo} \geq \left(m_{neo} \cdot \frac{R_a}{R_n} + \lambda \right) d \quad (7-4)$$

Trong đó: d : Đường kính của thanh thép.

R_n : Cường độ chịu nén của bê tông.

R_a : Cường độ chịu kéo của cốt thép.

m_{neo} và λ : Hệ số lấy theo phụ lục 17

3. Bê tông cốt thép

a) Lực dính giữa BT và cốt thép

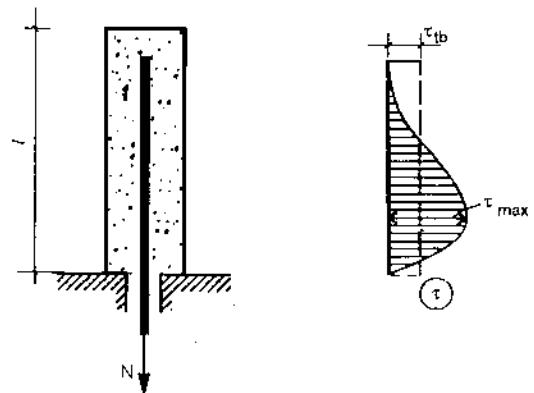
- Lực dính là yếu tố cơ bản để BT và cốt thép cùng làm việc.

Lực dính được tạo nên do keo xi măng bám chặt vào thép, do ma sát giữa thép với BT.

- Lực dính phân bố ở bề mặt của thanh cốt thép nhưng sự phân bố không đều nhau.

- Để đảm bảo sự dính giữa thép và BT, làm cho khi chịu lực thanh thép không bị tuột ra khỏi BT thì chiều dài đoạn thép neo $l \geq l_{\text{neo}}$; l_{neo} tính theo công thức (7-4).

- Để tăng cường lực dính giữa thép và BT, người ta làm các thanh cốt thép có bề mặt không nhẵn (có gờ, đập lõm ...).



Hình 7.6: Lực dính giữa BT và thép

b) Ảnh hưởng của cốt thép đến co ngót và từ biến của cấu kiện BTCT

- Về co ngót: Khi BT nín kết, xảy ra hiện tượng co ngót. Trong khi đó thép đã cứng và không bị co ngót, nó làm hạn chế sự co ngót của BT. Kết quả là cốt thép bị ép lại, còn bê tông bị căng ra, trong BT có ứng suất kéo. Nếu ứng suất do co ngót lớn thì BT sẽ bị nứt.

- Về từ biến: Cốt thép làm giảm sự từ biến của BT, kết quả là từ biến trong BTCT nhỏ hơn sự từ biến trong BT từ $1,5 \div 2$ lần.

c) Lớp bê tông bảo vệ cốt thép

- Cốt thép phải nằm trong BT (không được hở ra ngoài). Lớp BT bảo vệ cốt thép là phần BT tính từ mép ngoài của cấu kiện đến mặt ngoài gần nhất của thanh cốt thép.

- Tác dụng của lớp BT bảo vệ: Bảo vệ cho cốt thép khỏi bị xâm thực từ bên ngoài vào.

- Chiều dày của lớp BT bảo vệ (ký hiệu C_b) lấy không nhỏ hơn đường kính của thanh cốt thép và không được nhỏ hơn các giới hạn cho theo quy định trong TCVN.

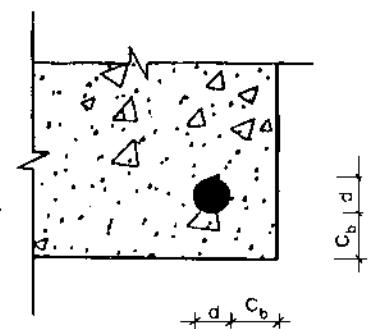
Đối với cốt thép dọc chịu lực.

$C_b \geq 10\text{mm}$ với bản có chiều dày dưới 100mm

$C_b \geq 15\text{mm}$ với bản có chiều dày trên 100mm và với cột hoặc đầm có chiều cao tiết diện dưới 250mm

$C_b \geq 20\text{mm}$ với cột và đầm sàn có chiều cao tiết diện 250mm trở lên.

$C_b \geq 30\text{mm}$ với đầm móng và với móng lắp ghép.



Hình 7.7: Lớp BT bảo vệ

$C_b \geq 35\text{mm}$ với móng đúc tại chỗ có đổ lớp BT lót.

$C_b \geq 70\text{mm}$ với móng đúc tại chỗ không có lớp BT lót.

Lớp BT bảo vệ cho cốt đai, cốt phân bố và cốt cấu tạo: không được nhỏ hơn đường kính thanh cốt thép và không được nhỏ hơn 10mm khi chiều cao của tiết diện nhỏ hơn 250, không được nhỏ hơn 15mm khi chiều cao của tiết diện từ 250mm trở lên.

Đầu mút của thanh thép chịu lực phải cách đầu mút của cầu kiện một khoảng không nhỏ hơn trị số C_m . Lấy C_m như sau:

$C_m \geq 10\text{mm}$ với tấm đan và panen lắp ghép.

$C_m \geq 15\text{mm}$ với các loại dầm và cột lắp ghép.

$C_m \geq 15\text{mm}$ với cầu kiện BT đúc toàn khối dùng thép có đường kính $d < 30\text{mm}$

$C_m \geq 20\text{mm}$ với cầu kiện BT đúc toàn khối dùng thép có đường kính $d > 30\text{mm}$

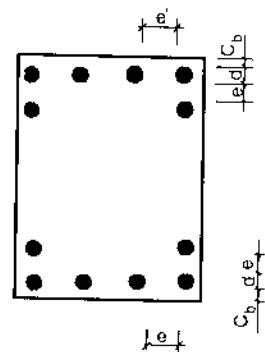
d) Khoảng cách hở giữa các thanh cốt thép

- Xung quanh thanh thép phải có một lớp bê tông đủ dày để đảm bảo sự truyền lực qua lại giữa thép và BT. Mật khác giữa các thanh thép phải có khoảng hở để khi thi công vừa BT đi vào mọi chỗ trong cầu kiện.

- Khi đúc BT toàn khối theo phương đúng, khoảng cách hở giữa các thanh thép không được nhỏ hơn 50mm

- Khi đúc BT theo phương ngang: Khoảng cách hở giữa các thanh thép đặt ở phía trên là $e' \rightarrow$ yêu cầu $e' \geq 30$ và $e' \geq d$ (d : đường kính thanh thép).

Khoảng cách hở giữa các thanh thép đặt ở phía bên dưới là e , yêu cầu $e \geq 25\text{mm}$ và $e \geq d$.



Hình 7.8: Khoảng cách hở giữa các thanh thép

§7-3. NGUYÊN LÝ TÍNH TOÁN KẾT CẤU BTCT

Lý thuyết tính toán kết cấu BTCT đã trải qua nhiều giai đoạn và có nhiều phương pháp tính khác nhau. Hiện nay chúng ta áp dụng phương pháp tính toán theo trạng thái giới hạn. Đó là phương pháp tính mới nhất, chặt chẽ và hợp lý nhất.

1. Phương pháp tính toán kết cấu BTCT theo trạng thái giới hạn

a) Các trạng thái giới hạn

- Cho kết cấu chịu tải trọng tăng dần, nghiên cứu quá trình làm việc của nó, thấy có một thời điểm mà từ đó trở đi kết cấu không còn thoả mãn yêu cầu đề ra cho nó. Kết cấu ở thời điểm đó gọi là kết cấu ở trạng thái giới hạn.

- Kết cấu BTCT được tính theo nhóm trạng thái giới hạn: về khả năng chịu lực và điều kiện sử dụng bình thường.

b) Trạng thái giới hạn thứ nhất: Về khả năng chịu lực.

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

- Tính toán theo trạng thái giới hạn thứ nhất dựa vào điều kiện:

$$T \leq T_{ld} \quad (7-5)$$

T: Nội lực bất lợi nhất có thể phát sinh trong kết cấu do tải trọng tính toán và các tác động khác gây ra.

T_{ld} : Giá trị bé nhất về khả năng chịu lực của tiết diện.

c) Trạng thái giới hạn thứ hai: Về điều kiện sử dụng bình thường

- Để đảm bảo điều kiện sử dụng bình thường cần hạn chế sự biến dạng, độ nứt và độ dao động của kết cấu.

- Kiểm tra về biến dạng theo điều kiện: $f \leq f_{ph}$; (7-6)

Trong đó:

f : Biến dạng của kết cấu (độ vông, góc xoay, biên độ dao động) do tải trọng tiêu chuẩn gây ra.

f_{ph} : Trị số giới hạn của biến dạng, lấy theo quy định riêng cho từng loại kết cấu.

- Kiểm tra về độ mở rộng khe nứt theo điều kiện:

$$a_n \leq a_{ph}; \quad (7-7)$$

Trong đó:

a_n : Bề rộng khe nứt của bê tông ở ngang mức cốt thép chịu kéo

a_{ph} : Bề rộng giới hạn của khe nứt, lấy theo quy định riêng cho từng loại kết cấu.

- Với những kết cấu không cho xuất hiện vết nứt, khi tính toán kiểm tra theo điều kiện sau:

$$T_c \leq T_n \quad (7-8)$$

Trong đó:

T_c : Nội lực phát sinh trong kết cấu do tải trọng gây ra.

T_n : Khả năng chống nứt của kết cấu (lúc này trong kết cấu bê tông có $\sigma_k \leq R_k$).

2. Tải trọng tác dụng vào kết cấu

- Tải trọng tác dụng lên công trình được tính dựa vào sự phân tích thực tế và dựa vào quy phạm.

- Trong điều kiện sử dụng bình thường, kết cấu phải chịu một số tải trọng theo quy định gọi là tải trọng tiêu chuẩn như g_{tc} ; p_{tc} ; P_{tc} ...

- Do nhiều nguyên nhân ngẫu nhiên, tải trọng thực tế khác với tải trọng tiêu chuẩn. Cho nên khi tính toán ở trạng thái giới hạn thứ nhất người ta kể đến sự khác nhau ấy bằng hệ số vượt tải (ký hiệu n).

Tải trọng tính toán bằng tải trọng tiêu chuẩn nhân với hệ số vượt tải:

$$g = n \cdot g_{tc}; \quad p = n \cdot p_{tc}; \quad P = n \cdot P_{tc} \dots$$

Trị số của hệ số vượt tải (n) lấy tùy theo từng loại tải trọng.

Với tải trọng thường xuyên $n = 1,1 \div 1,3$.

Với tải trọng tạm thời $n = 1,2 \div 1,4$.

Với tải trọng thường xuyên, nếu tải trọng giảm mà làm độ an toàn của kết cấu giảm theo thì lấy $n = 0,8 \div 0,9$.

3. Cường độ của vật liệu

- Khi thí nghiệm nhiều mẫu vật liệu (n mẫu) người ta xác định được cường độ trung bình của vật liệu đó :

$$R^{tb} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i \quad (7-9)$$

- Bằng lý luận xác suất thống kê suy ra cường độ chuẩn của vật liệu R_{tc} .

- Khi tính toán dùng trị số cường độ tính toán

$$R = \frac{R_{tc}}{k} \cdot m \quad (7-10)$$

Trong đó:

k: hệ số an toàn về cường độ của vật liệu.

m: hệ số điều kiện làm việc của vật liệu, kể đến các nhân tố có thể làm cho vật liệu làm việc tốt hơn hoặc xấu hơn mức bình thường.

- Đối với bê tông: Cường độ tính toán chưa kể đến hệ số m được gọi là cường độ tính toán gốc (tra bảng 18). Còn hệ số m sẽ được lấy theo quy định (bảng 19).

- Với cốt thép: Có bảng tra cường độ tính toán của cốt thép (tra bảng 21 hoặc bảng 22 tùy theo loại thép được chọn để làm cốt thép).

Chương 8

TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU UỐN THEO CƯỜNG ĐỘ

§8-1. ĐẶC ĐIỂM CẤU TẠO

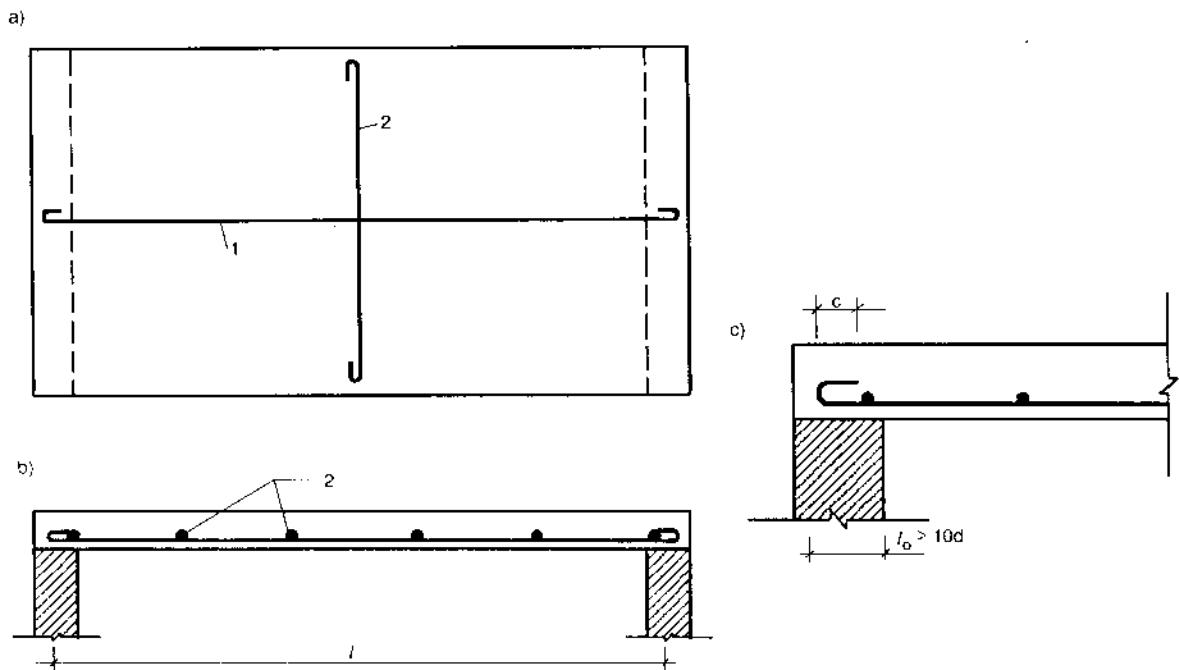
Về mặt nội lực: Trong cấu kiện chịu uốn có mômen uốn (M) và lực cắt (Q).

Về mặt hình dáng cấu kiện chịu uốn: Có bản và dầm.

1. Cấu tạo của bản (tấm đan)

- Hình dáng: Bản là một tấm phẳng có chiều dày rất nhỏ so với chiều dài và chiều rộng. Gọi nhíp của bản là l thì chiều dày của bản là $h \approx \left(\frac{1}{40} \div \frac{1}{35} \right) l$; thường có $h = 60 \div 100\text{mm}$, được xác định phụ thuộc vào độ chịu lực và điều kiện sử dụng bình thường.

- Cốt thép trong bản chủ yếu có hai loại: Cốt chịu lực và cốt phân bố.



Hình 8.1: Sơ đồ bố trí cốt thép trong bản
 a) Mặt bằng; b) Mặt cắt; c) Cấu tạo tại gối tựa.
 1.Cốt thép chịu lực; 2.Cốt thép phân bố

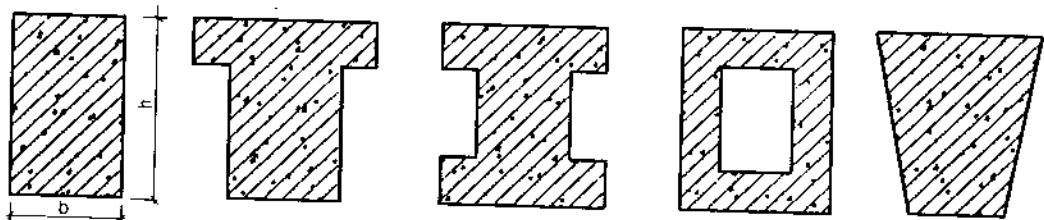
Cốt thép chịu lực thường dùng loại thép C-I và A-I có đường kính từ $6 \div 12$ mm đặt trong miền chịu kéo của tiết diện, nằm dọc theo phương có ứng suất kéo. Số lượng thanh, đường kính thanh và khoảng cách giữa trục các thanh lấy theo kết quả tính toán, nhưng không lấy quá 200mm khi chiều dày bản dưới 150mm, không lấy quá 1,5h khi $h > 150$ mm (h : chiều dày của bản).

Cốt thép phân bố được đặt vuông góc với cốt thép chịu lực, buộc với cốt thép chịu lực thành lưỡi, không cho các thanh thép bị dịch chuyển lúc thi công. Cốt thép phân bố phải chịu ứng suất về co ngót và thay đổi nhiệt độ theo phương đặt thanh thép ấy. Ngoài ra thép phân bố còn có tác dụng phân ánh hưởng của lực tập trung ra diện rộng hơn.

Thép phân bố thường có đường kính $d = 4 \div 8$ mm, khoảng cách giữa các thanh thép không lấy quá 350mm.

2. Cấu tạo của đầm

- Dầm là kết cấu chịu uốn có kích thước tiết diện ngang khá nhỏ so với chiều dài của nó. Tiết diện ngang của dầm có thể là hình chữ nhật, chữ T, chữ I, hình hộp, hình thang.



Hình 8.2: Các dạng tiết diện của dầm BTCT

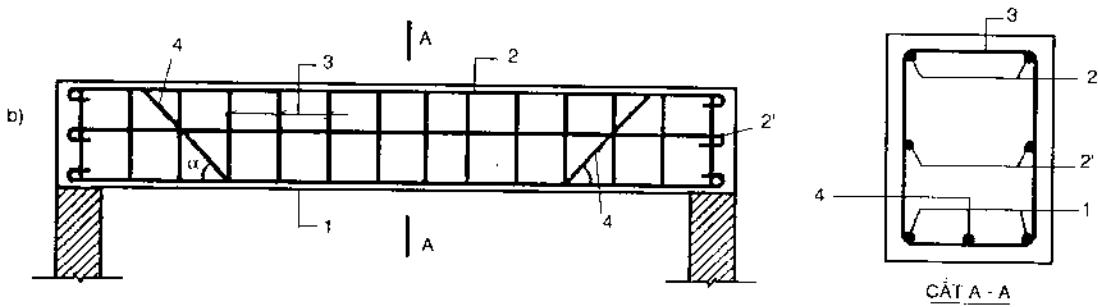
Gọi nhịp dầm là l ; chiều cao tiết diện dầm là h ; chiều rộng tiết diện dầm là b .

$$\text{Thông thường } h = \left(\frac{1}{8} \div \frac{1}{20} \right) l ; \quad \frac{h}{b} = 2 \div 4$$

Khi chọn h và b cần xét đến yêu cầu kiến trúc và định hình hoá ván khuôn, kích thước của tường và cột.

Cốt thép trong dầm gồm có: Cốt dọc chịu lực, cốt dọc cấu tạo, cốt đai và cốt xiên.

Cốt thép chịu lực đặt theo tính toán để chịu lực, thường là thép có đường kính $d = 10 \div 40$ mm. Nếu chiều rộng của tiết diện $b > 150$ mm ít nhất phải có hai thanh đặt ở hai góc thuộc vùng bê tông chịu kéo. Nếu $b < 150$ mm có thể dùng một thanh thép dọc. Nếu có nhiều thanh thép dọc chịu lực, phải đặt thành nhiều hàng, nhiều lớp để đảm bảo khoảng cách hở giữa các thanh thép.



Hình 8-3: Các loại thép trong đầm.

- 1. Cốt dọc chịu lực;
- 2. Cốt dọc cầu tạo để buộc thép đai;
- 2'. Cốt dọc cầu tạo khi chiều cao đầm $h > 700\text{mm}$;
- 3. Cốt đai;
- 4. Đoạn cốt xiên.

Cốt thép dọc cầu tạo dùng để làm giá giữ cho cốt đai không bị dịch chuyển trong lúc thi công, mặt khác nó chịu các tác dụng do bê tông co ngót hoặc có sự thay đổi nhiệt độ. Khi chiều cao đầm $h < 700$ thì chỉ cần đặt thép cầu tạo ở góc của tiết diện. Khi $h > 700$ phải đặt thêm thép dọc cầu tạo vào trong mặt bên của chiều cao tiết diện. Cốt dọc cầu tạo thường có đường kính $10 \div 12\text{mm}$. Tổng diện tích mặt cắt ngang của cốt cầu tạo không được nhỏ hơn $0,1\%$ diện tích của sườn đầm.

Cốt đai thường là thép C-I có đường kính $6 - 8\text{mm}$ để chịu lực cắt, được buộc với cốt dọc, giữ nguyên vị trí cốt dọc lúc thi công.

Cốt xiên là một đoạn thép đặt nghiêng để chịu lực cắt, thường do đoạn thép dọc chịu lực uốn xiên lên mà thành.

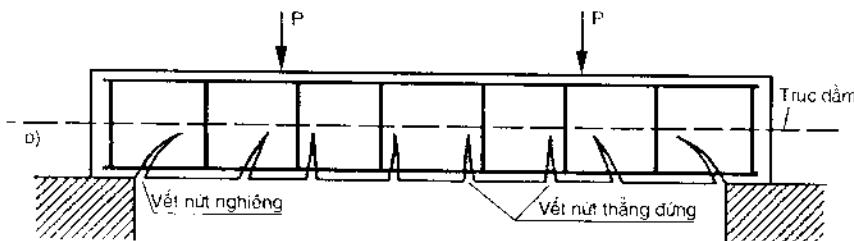
Khi đầm có $h < 800\text{mm}$ lấy góc uốn cốt xiên $\alpha = 45^\circ$ và đai dùng $\phi 6$.

Khi đầm có $h \geq 800\text{mm}$ lấy góc uốn cốt xiên $\alpha = 60^\circ$ và đai dùng $\phi 8$.

Đối với các đầm thấp và bản có thể uốn cốt xiên với góc $\alpha = 30^\circ$

§8-2 SỰ LÀM VIỆC CỦA ĐẦM BTCT

1. Thí nghiệm



Hình 8.4: Các dạng khe nứt trong đầm đơn giản

Quan sát một dầm BTCT từ lúc mới đặt tải trọng nhỏ rồi tăng dần tải trọng đến khi dầm bị phá hoại, thấy sự làm việc của dầm như sau: Khi tải trọng còn nhỏ, dầm bền vững và nguyên vẹn. Tiếp tục tăng tải trọng thì vùng chịu kéo của dầm sẽ xuất hiện vết nứt. Ở những chỗ có mômen lớn vết nứt có phương vuông góc với trục dầm, gọi là vết nứt thẳng góc, tiết diện dầm theo phương vết nứt này gọi là tiết diện thẳng góc. Ở những chỗ có lực cắt lớn (thường là tại các mép gối đỡ) vết nứt có phương nghiêng so với trục dầm, gọi là vết nứt nghiêng, tiết diện dầm theo phương vết nứt nghiêng gọi là tiết diện nghiêng.

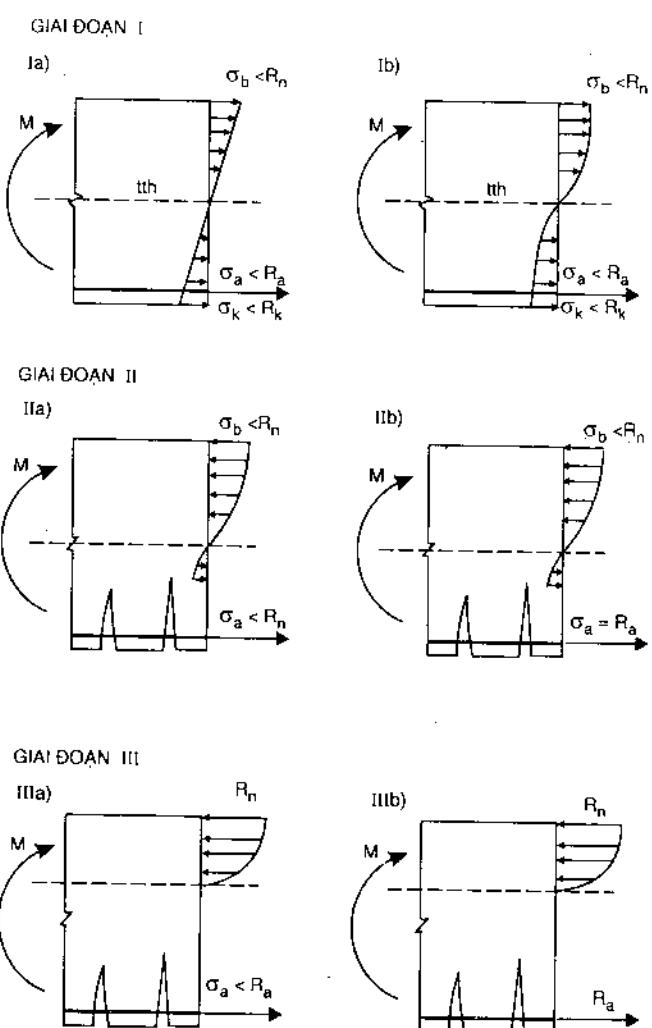
Khi dầm đã có vết nứt mà cứ tiếp tục tăng tải trọng thì vết nứt ngày càng mở rộng ra và dầm bị phá hoại. Sự phá hoại có trường hợp xảy ra ở vết nứt thẳng góc, có trường hợp xảy ra ở vết nứt nghiêng. Do vậy khi thiết kế dầm phải tính toán trên cả hai loại tiết diện (tiết diện thẳng góc và tiết diện nghiêng) nhằm làm cho dầm không bị phá hoại theo bất cứ tiết diện nào.

2. Trạng thái ứng suất và biến dạng của tiết diện thẳng góc

Quá trình phát triển ứng suất và biến dạng trên tiết diện thẳng góc xảy ra liên tục, để nghiên cứu, người ta phân làm ba giai đoạn.

a) Giai đoạn I: Khi mômen còn bé (tải trọng nhỏ) có thể xem như vật liệu làm việc dàn hồi, quan hệ ứng suất và biến dạng là đường thẳng, sơ đồ ứng suất pháp có dạng hình tam giác (hình Ia). Khi mômen tăng lên, biến dạng dẻo trong bê tông phát triển, sơ đồ ứng suất pháp có dạng đường cong. Lúc sắp sửa nứt, ứng suất kéo trong bê tông đạt tới giới hạn cường độ chịu kéo R_k (hình Ib).

Muốn cho dầm không bị nứt thì ứng suất pháp trên tiết diện không được vượt quá giới hạn ở trạng thái Ib.



Hình 8.5: Các giai đoạn ứng suất và biến dạng trên tiết diện thẳng góc

b) Giai đoạn II: Khi mômen tăng lên, miền bê tông chịu kéo sê nứt, khe nứt phát triển dần lên phía trên. Tại khe nứt hẫu như phần bê tông chịu kéo không làm việc, toàn bộ ứng lực kéo là do cốt thép chịu.

Nếu lượng cốt thép chịu kéo nhiều thì ứng suất trong cốt thép $\sigma < R_a$ như hình IIa.

Nếu lượng cốt thép chịu kéo không nhiều lắm thì ứng suất trong cốt thép chịu kéo có thể đạt tới giới hạn chảy của thép $\sigma_a = R_a$ như hình IIb.

c) Giai đoạn III: (Giai đoạn phá hoại): Tiếp tục tăng mômen uốn lên nữa thì dầm bị phá hoại.

Trường hợp lượng cốt thép chịu kéo đặt rất nhiều, ứng suất trong thép còn nhỏ $\sigma_a < R_a$ nhưng ứng suất trong bê tông vùng chịu nén lớn, đến khi $\sigma_b = R_n$ thì bê tông ở vùng chịu nén bị ép vỡ, làm cho dầm bị phá hoại như hình IIIa. Đây là hiện tượng phá hoại giòn, hiện tượng xảy ra nhanh đột ngột nên rất nguy hiểm. Khi thiết kế phải tránh không để cho dầm đạt đến trạng thái giới hạn này.

Trường hợp lượng cốt thép chịu kéo đặt không nhiều, ứng suất trong cốt thép đã đạt R_a , nếu tăng mômen uốn thì cốt thép bị chảy dẻo, khe nứt tiếp tục phát triển lên phía trên làm cho vùng bê tông chịu nén bị thu hẹp lại, đến khi ứng suất lớn trong bê tông đạt tới giới hạn chịu nén R_n thì dầm phá hoại (như hình IIIb).

Nhận xét: Khi dầm bị phá hoại cả bê tông vùng chịu nén và cốt thép chịu kéo đều phát huy hết khả năng làm việc. Thép bị chảy dẻo rồi mới bị phá hoại cho nên hiện tượng xảy ra từ từ, trước khi bị phá hoại dầm có biến dạng lớn. Người ta gọi nó là bị phá hoại dẻo.

§8-3. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU UỐN CÓ TIẾT DIỆN CHỮ NHẬT THEO CUỜNG ĐỘ TRÊN TIẾT DIỆN THẲNG GÓC

Phân biệt hai trường hợp đặt cốt thép dọc chịu lực:

- Trường hợp cốt đơn: Chỉ có cốt thép F_a đặt trong vùng chịu kéo.
- Trường hợp cốt kép: Khi có cả cốt thép F_a đặt trong vùng chịu kéo và F'_a đặt trong vùng chịu nén.

1. Cấu kiện có tiết diện chữ nhật đặt cốt đơn

a) Sơ đồ ứng suất

b: Chiều rộng tiết diện

h: Chiều cao tiết diện

h_o : Chiều cao làm việc của tiết diện

x: Chiều cao vùng bê tông chịu nén

F_a : Diện tích tiết diện ngang của cốt thép chịu kéo ở tiết diện.

a: Khoảng cách từ trọng tâm của cốt thép F_a đến mép chịu kéo của tiết diện

Khi tính toán trên tiết diện thẳng góc, lấy sơ đồ ứng suất dựa vào trạng thái giới hạn của trường hợp phá hoại dẻo. Để việc tính toán đơn giản mà vẫn bảo đảm chính xác cần thiết, có thể coi gần đúng như sau:

- Tại vùng bê tông chịu nén, ứng suất trong bê tông bằng nhau và đạt đến mức cường độ chịu nén R_n .

- Tại vùng chịu kéo, bê tông bị nứt, coi như bê tông không làm việc. Cốt thép trong vùng chịu kéo (F_a) phải chịu toàn bộ lực kéo. Ở trạng thái giới hạn, ứng suất trong cốt thép đạt tới cường độ chịu kéo của thép là R_a .

b) Phương trình cân bằng

Theo sơ đồ ứng suất cho thấy, đây là hệ lực song song cân bằng nên chỉ có hai phương trình cân bằng có ý nghĩa độc lập với nhau.

Tổng hình chiếu của các lực lên phương trực dầm được:

$$R_a F_a = R_n \cdot b \cdot x \quad (8-1)$$

Tổng mômen của các lực đi qua trọng tâm chung của các cốt thép chịu kéo ta được:

$$M_{gh} = R_n \cdot b \cdot x \left(h_o - \frac{x}{2} \right) \quad (8-2)$$

Thay $R_n \cdot b \cdot x = R_a F_a$ vào phương trình (8-2) ta được:

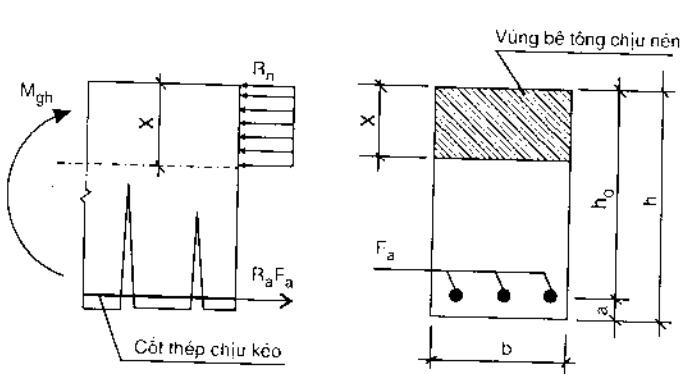
$$M_{gh} = R_a F_a \left(h_o - \frac{x}{2} \right) \quad (8-2')$$

c) Công thức cơ bản

Từ hệ phương trình (8-1) và (8-2) ta có thể tính toán để tìm ra các công thức cơ bản. Muốn đơn giản cách giải phương trình, ta đưa nó về dạng có ký hiệu:

$$\text{Đặt } \alpha = \frac{x}{h_o}; x = \alpha \cdot h_o; A = \alpha \cdot (1 - 0,5\alpha); \gamma = 1 - 0,5\alpha$$

Có bảng 24 để tra sẵn: Biết α thì tra ra A ; γ hoặc biết A tra ra α , γ .



**Hình 8.6: Sơ đồ ứng suất
của tiết diện chữ nhật đặt cốt đơn**

Thay $x = \alpha h_o$ vào phương trình (8-1) được:

$$R_a F_a = R_n \cdot b \cdot \alpha \cdot h_o = \alpha R_n \cdot b \cdot h_o \quad (8-1)a$$

Gọi giá trị mômen lớn nhất mà cấu kiện phải chịu là M . Điều kiện cường độ khi tính toán theo trạng thái giới hạn là $M \leq M_{gh}$; đồng thời thay $x = \alpha h_o$ vào phương trình (8-2)

$$\begin{aligned} M &\leq R_n b x \left(h_o - \frac{x}{2} \right) = R_n \cdot b \cdot \alpha \cdot h_o (h_o - 0,5\alpha \cdot h_o) \\ &= \alpha (1 - 0,5\alpha) \cdot R_n \cdot b \cdot h_o^2 = A \cdot R_n \cdot b \cdot h_o^2 \end{aligned} \quad (8-2)a$$

Biến đổi phương trình (8-2') được:

$$M \leq R_a F_a (h_o - 0,5 \cdot \alpha \cdot h_o) = (1 - 0,5\alpha) R_a F_a h_o = \gamma R_a F_a h_o \quad (8-2')a$$

Tóm lại ta được công thức cơ bản sau:

$$\begin{cases} R_a F_a = \alpha R_n b h_o \\ M \leq A R_n b h_o^2 \end{cases} \quad (8-1)a$$

$$\begin{cases} M \leq \gamma R_a F_a h_o \end{cases} \quad (8-2)a$$

$$\begin{cases} M \leq \gamma R_a F_a h_o \end{cases} \quad (8-2')a$$

d) Điều kiện sử dụng

- Điều kiện hạn chế về chiều cao vùng bê tông chịu nén: để đảm bảo cấu kiện đến trạng thái giới hạn phá hoại dẻo, chiều cao vùng chịu nén phải nhỏ hơn giới hạn: $x \leq \alpha_o \cdot h_o$ hay $\frac{x}{h_o} \leq \alpha_o$ tức là $\alpha \leq \alpha_o$; khi đó $A \leq A_o$.

Giá trị giới hạn α_o phụ thuộc vào mác bê tông và nhóm cốt thép (có bảng 20 để tra α_o - Biết α_o tra bảng 24 được A_o).

Với bê tông mác M200 trở xuống và thép có $R_a \leq 30 \text{ KN/cm}^2$ thì $\alpha_o = 0,62$ khi đó $A_o = \alpha_o (1 - 0,5\alpha_o) = 0,428$.

- Về hàm lượng cốt thép:

Gọi hàm lượng của cốt thép dọc chịu lực là $\mu = \frac{F_a}{b \cdot h_o}$

Khi tính toán phải đảm bảo $\mu_{min} \leq \mu \leq \mu_{max}$

Hàm lượng thép tối đa $\mu_{max} = \alpha_o \cdot \frac{R_n}{R_a}$

Hàm lượng thép tối thiểu là μ_{min} ; lấy $\mu_{min} = 0,05\%$.

e) Bài toán thường gặp

*Bài toán 1: Tính cốt thép: Biết trị số mômen M , kích thước tiết diện (b, h), mác bê tông, nhóm cốt thép. Yêu cầu tính diện tích cốt thép F_a .

- Tìm các số liệu cần thiết: Căn cứ vào mác bê tông và nhôm cốt thép tra bảng ra R_n, R_a, α_o, A_o . Giả thiết a để tính $h_o = h - a$, thông thường với bản $a = 1,5 \div 2\text{cm}$, với dâm $a \approx 0,1h$.

$$- \text{Tìm } A = \frac{M}{R_n \cdot b h_o^2} ; \text{ so sánh } A \text{ với } A_o$$

Nếu $A > A_o$ thì không thoả mãn điều kiện tính cốt đơn.

Nếu $A < A_o$ thì từ A tra bảng ra α hoặc γ .

$$- \text{Tính } F_a = \alpha \frac{R_n}{R_a} b h_o \text{ hoặc } F_a = \frac{M}{\gamma R_n \cdot h_o}$$

$$- \text{Kiểm tra hàm lượng thép, tính } \mu = \frac{F_a}{b h_o} \cdot 100\%$$

Nếu $\mu > \mu_{min}$ thì lấy F_a là kết quả vừa tính

$$\text{Nếu } \mu \leq \mu_{min} \text{ phải lấy } F_a = F_{a(min)} = \mu_{min} \cdot b \cdot h_o. \quad (8-3)$$

- Chọn thép thực tế để bảo đảm diện tích tính toán theo bảng tra thép (Bảng 25).
- Bố trí thép trên tiết diện phải đảm bảo yêu cầu cấu tạo về khoảng cách và về lớp bê tông bảo vệ cốt thép.

*Bài toán 2: Chọn kích thước của tiết diện.

Biết M , mác bê tông và nhôm cốt thép, Cần tìm b, h, F_a .

- Với 2 phương trình (8-1)a và (8-2)a chứa 4 ẩn số b, h, α, F_a cho nên chưa giải ngay được. Cần giả thiết trước b và α để tính h và F_a . Việc giả thiết b căn cứ vào yêu cầu cấu tạo, yêu cầu kiến trúc và theo kinh nghiệm. Giả thiết α tuỳ theo cấu kiện: với bản $\alpha = 0,1 \div 0,25$, với dâm $\alpha = 0,3 \div 0,4$.

$$- \text{Từ } \alpha \text{ đã giả thiết, tra bảng ra } A \text{ và tính } h_o = \frac{1}{\sqrt{A}} \sqrt{\frac{M}{b \cdot R_n}} \quad (8-4)$$

Sau đó tính $h \approx h_o + a$ hoặc $h \approx 1,1h_o$.

- Sau khi chọn được h sẽ tính F_a như bài toán 1 vừa trình bày.

*Bài toán 3: Tính khả năng chịu uốn M_{gh} .

Biết kích thước tiết diện b, h, h_o , biết F_a , mác bê tông và nhôm thép, yêu cầu tính khả năng chịu uốn M_{gh} .

$$- \text{Tìm các số liệu tính cần thiết } R_n, R_a, \alpha_o. \text{ Rồi tính } \alpha = \frac{R_a F_a}{R_n \cdot b \cdot h_o}$$

Nếu $\alpha \leq \alpha_o$ thì từ α tra bảng ra A hoặc γ rồi tính

$$M_{gh} = AR_n b h_o^2 \text{ hoặc } M_{gh} = \gamma R_a F_a h_o$$

Nếu $\alpha \geq \alpha_o$ thì lấy $\alpha = \alpha_o$ và $A = A_o$ nên $M_{gh} = A_o R_n b h_o^2$

2. Cấu kiện có tiết diện chữ nhật đặt cốt thép kép

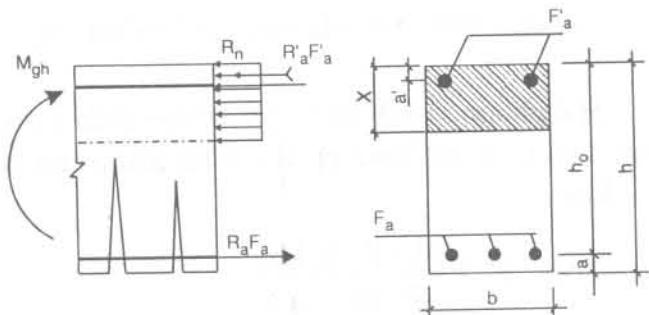
Bê tông miền chịu nén không đủ chịu lực, khi không nâng được b,h,mác bê tông, ta phải đặt cốt thép kép.

Điều kiện để đặt cốt kép là $A_o < \frac{M}{R_n b h_o^2} \leq 0,5$

a) Sơ đồ ứng suất

- Để tính toán có thể coi: ở vùng chịu nén, ứng suất trong bê tông bằng nhau và là R_n . Ứng suất trong cốt thép chịu nén (F'_a) đạt đến cường độ chịu nén của thép R'_a .

- Ở vùng chịu kéo: Bê tông bị nứt coi như không làm việc. Ứng suất trong cốt thép chịu kéo (F_a) đạt tới cường độ chịu kéo của thép R_a .



Hình 8.7: Sơ đồ ứng suất của cấu kiện chịu uốn tiết diện chữ nhật cốt thép

b) Phương trình cân bằng

Chiếu các lực lên phương trục cấu kiện:

$$R_a F_a = R_n b \cdot x + R'_a F'_a \quad (8-5)$$

Lấy mômen của các lực với trọng tâm cốt thép chịu kéo:

$$M_{gh} = R_n b \cdot x (h_o - 0,5x) + R'_a F'_a (h_o - a') \quad (8-6)$$

a' : khoảng cách từ trọng tâm chung của các cốt thép chịu nén ra đến mép ngoài thuộc vùng chịu nén của tiết diện.

c) Công thức cơ bản

Cho mômen mà cấu kiện phải chịu là $M \leq M_{gh}$; đồng thời đặt ra $\alpha = \frac{x}{h_o}$;

$A = \alpha(1 - 0,5\alpha)$; $x = \alpha h_o$ thay vào phương trình (8-5), (8-6) được công thức cơ bản.

$$\left\{ \begin{array}{l} R_a F_a = \alpha R_n b h_o + R'_a F'_a \\ M \leq A R_n b h_o^2 + R'_a F'_a (h_o - a') \end{array} \right. \quad (8-5)a$$

$$\left\{ \begin{array}{l} R_a F_a = \alpha R_n b h_o + R'_a F'_a \\ M \leq A R_n b h_o^2 + R'_a F'_a (h_o - a') \end{array} \right. \quad (8-6)a$$

d) Điều kiện hạn chế

- Để không bị phá hoại giòn từ vùng bê tông chịu nén, phải thoả mãn điều kiện: $x \leq \alpha_o h_o$; hoặc $\alpha \leq \alpha_o$; hoặc $A \leq A_o$.

- Để ứng suất trong cốt thép chịu nén đạt tới giới hạn R'_a , phải thoả mãn điều kiện $x \geq 2a'$ hoặc $\alpha \geq \frac{2a'}{h_o}$

e) Bài toán thường gặp

*Bài toán 1: Tính F_a và F'_a

Nội dung bài toán: Biết M , b , h , R_a , R'_a , R_n yêu cầu tính F_a và F'_a

- Chỉ thực hiện bài toán tính cốt kép khi $A_o < \frac{M}{R_n b h_o^2} \leq 0.5$

- Hai phương trình (8-5)a và (8-6)a chứa 3 ẩn số là α , F_a , F'_a do đó khi tính cần bổ sung điều kiện: Bê tông phát huy hết khả năng chịu nén khi $\alpha = \alpha_o$, lúc đó $A = A_o \rightarrow$ tính được

$$\text{- Thép } F'_a \geq \frac{M - A_o R_n b h_o^2}{R'_a (h_o - a')}$$

$$\text{- Thép } F_a \geq \alpha_o \frac{R_n}{R_a} b h_o + \frac{R'_a}{R_a} F'_a$$

- Chọn thép: Theo bảng diện tích tiết diện cốt thép.

- Bố trí thép: Phải bảo đảm các yêu cầu cấu tạo, yêu cầu về khoảng cách giữa các thanh thép và lớp bảo vệ cốt thép.

*Bài toán 2: Biết F_a tính F'_a

$$\text{- Tính } A = \frac{M - R'_a F_a (h_o - a')}{R_n b h_o^2}$$

Có thể xảy ra các trường hợp:

- Nếu $A > A_o$ thì cốt thép F'_a cho trước còn nhỏ, chưa đủ chịu lực cho nên phải xem như F'_a chưa biết mà tính thép như bài toán 1:

$$F'_a \geq \frac{M - A_o R_n b h_o^2}{R'_a (h_o - a')} \text{ và } F_a = \alpha_o \frac{R_n}{R_a} + \frac{R'_a}{R_a} F'_a$$

- Nếu $A < A_o$ thì từ A tra bảng ra α và tính thép F_a tùy theo giá trị α so với $\frac{2a'}{h_o}$

$$\text{Khi } \alpha \geq \frac{2a'}{h_o} \text{ thì } F_a \geq \alpha \frac{R_n}{R_a} b h_o + \frac{R'_a}{R_a} F'_a$$

Khi $\alpha < \frac{2a'}{h_o}$ thì lấy $x = 2a'$ rồi viết phương trình mômen với trọng tâm vùng bê tông chịu nén được

$$M_{gh} = R_a F_a (h_o - a'); \quad (8-7).$$

$$\text{Cho } M \leq M_{gh} \text{ rút ra } F_a \geq \frac{M}{R_a (h_o - a')}$$

*Bài toán 3: Tính khả năng chịu uốn

Nội dung: Biết $b, h, a, a', h_o, R_n, F_a, F'_a, R_a, \alpha_o, A_o$ cần tính M_{gh} .

Tính $\alpha = \frac{R_a F_a - R'_a F'_a}{R_n b h_o}$ có thể xảy ra các trường hợp:

Nếu $\alpha > \alpha_o$ thì lấy $\alpha = \alpha_o$ khi đó $A = A_o$ và $M_{gh} = A_o R_n b h_o^2 + R'_a F'_a (h_o - a')$

Nếu $\frac{2a'}{h_o} < \alpha \leq \alpha_o$ thì từ α tra bảng ra A và tính

$$M_{gh} = A R_n b h_o^2 + R'_a F'_a (h_o - a').$$

Nếu $\alpha \leq \frac{2a'}{h_o}$ thì coi $\alpha = \frac{2a'}{h_o}$ và $x = 2a'$; lúc này $M_{gh} = R_a F_a (h_o - a')$.

Thí dụ 8-1: Tính cốt thép dọc chịu lực cho đầm BTCT có tiết diện chữ nhật $b \times h = 20 \times 40\text{cm}$, bê tông mác M200, cốt thép nhóm C-II. Chịu mômen uốn căng thử dưới $M=60\text{KNm}$

Giải:

Số liệu tính: Với bê tông mác M200 có $R_n = 0,9\text{KN/cm}^2$

Với thép C-II có $R_a = R'_a = 26\text{KN/cm}^2$

Khi dùng bê tông M200 thép C-II thì $\alpha_o = 0,62$; $A_o = 0,428$

Giả thiết $a = 3\text{cm}$ thì $h_o = 40 - 3 = 37\text{cm}$

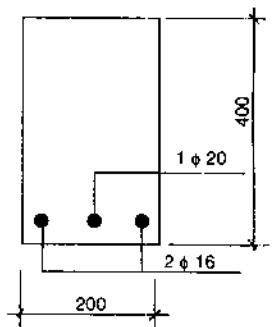
$$\text{Tính } A = \frac{M}{R_n \cdot b \cdot h_o^2} = \frac{6000}{0,9 \cdot 20 \cdot 37^2} = 0,243 \text{ mà } A_o = 0,428$$

Vậy $A < A_o$, từ $A = 0,243$ tra bảng được $\alpha = 0,28$

và chỉ dùng cốt đơn

$$\text{Tính } F_a = \alpha \frac{R_n}{R_a} b h_o = 0,28 \cdot \frac{0,9}{26} \cdot 20 \cdot 37 = 7,17\text{cm}^2$$

$$\text{Hàm lượng } \mu = \frac{7,17}{20 \cdot 37} \cdot 100\% = 0,97\% \\ \text{mà } \mu_{min} = 0,05\% \text{ như vậy } \mu > \mu_{min}$$



Hình 8.8: Bố trí thép chịu lực của ví dụ 8.1

Chọn thép: $2\phi 16 + 1\phi 20$ có $F_a = 4,02 + 3,14 = 7,16 \text{ cm}^2$

Bố trí thép chịu lực như hình 8-8. Kiểm tra thấy chiều dày lớp bảo vệ vừa đúng yêu cầu $C_b = 20 \text{ mm}$.

Khoảng cách giữa các thanh thép cũng đủ rộng. Mômen căng thứ dưới cho nên thép chịu lực đặt gần về phía mép dưới của tiết diện.

Thí dụ 8-2: Tính cốt thép dọc chịu lực cho đầm BTCT có tiết diện chữ nhật $b \times h = 25 \times 50 \text{ cm}$, bê tông mác M200, cốt thép chịu lực là thép ngoại nhóm A-II, mômen uốn căng thứ dưới $M = 218 \text{ KNm}$.

Giải:

- Với bê tông mác M200 có $R_n = 0,9 \text{ KN/cm}^2$;

Thép AII có $R_u = R'_u = 28 \text{ KN/cm}^2$, khi dùng bê tông mác M200, thép nhóm A-II thì $\alpha_o = 0,62$; $A_o = 0,428$.

Giả thiết $a = 5 \text{ cm}$ thì $h_o = h - a = 50 - 5 = 45 \text{ cm}$

$$\text{- Tính } A = \frac{M}{R_n b h_o^2} = \frac{21800}{0,9 \cdot 25 \cdot 45^2} = 0,478$$

Thấy $A_o < A < 0,5$ cho nên phải đặt cốt kép.

Để tính toán cốt thép, giả thiết trước $a' = 3 \text{ cm}$,

lấy $\alpha = \alpha_o$ khi đó $A = A_o$

$$\text{- Thép } F'_a \geq \frac{M - A_o R_n b h_o^2}{R'_a (h_o - a')} = \frac{21800 - 0,428 \cdot 0,9 \cdot 25 \cdot 45^2}{28(45 - 3)} = 1,96 \text{ cm}^2$$

Chọn thép F'_a là $2\phi 12$ có diện tích là $2,26 \text{ cm}^2$

$$\text{- Thép } F'_a \geq \alpha_o \frac{R_n}{R'_a} b h + \frac{R'_a}{R_n} F'_a = 0,62 \cdot \frac{0,9}{28} \cdot 25 \cdot 45 + \frac{28}{28} \cdot 1,96 = 24,36 \text{ cm}^2$$

Chọn thép $8\phi 20$ có $F_a = 25,13 \text{ cm}^2$ sai số $0,36\% < 5\%$ bố trí như hình 8-9

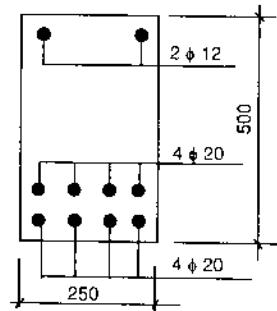
Kiểm tra thấy đầm bảo vệ yêu cầu về lớp bê tông bảo vệ, về khoảng cách giữa các thanh thép.

Thí dụ 8-3: Tính cốt thép dọc chịu lực cho đầm BTCT có tiết diện chữ nhật $b \times h = 20 \times 40 \text{ cm}$. Bê tông mác M200, thép nhóm C-I. Tại vùng chịu nén có 2 thanh thép dọc chịu nén $\phi 14$ đặt với khoảng cách $a' = 3 \text{ cm}$.

Đầm chịu mômen uốn $M = 90 \text{ KNm}$ (căng phía dưới).

Giải:

- Với vật liệu bê tông mác M200, thép nhóm C-I thì tra bảng được các số liệu:



Hình 8.9: Bố trí thép chịu lực của ví dụ 8.2

$$R_n = 0,9 \text{ KN/cm}^2, R_a = 20 \text{ KN/cm}^2, \alpha_o = 0,62, A_o = 0,428.$$

- Đây là dạng bài toán biết trước thép F'_a ; cần tính F_a ; thép F' , là 2 φ14 có diện tích $3,08 \text{ cm}^2$, giả thiết $a = 5 \text{ cm}$ thì $h_o = 40 - 5 = 35 \text{ cm}$.

Tính:

$$A = \frac{M - R'_a F'_a (h_o - a')}{R_a \cdot b \cdot h_o^2} = \frac{9000 - 20 \cdot 3,08 \cdot (35 - 3)}{0,9 \cdot 20 \cdot 35^2} = 0,319$$

Trong khi $A_o = 0,428$. Vậy $A < A_o$;

Từ $A = 0,319$ tra bảng được $\alpha = 0,4$ mà $\frac{2a'}{h_o} = \frac{2 \cdot 3}{35} = 0,17$;

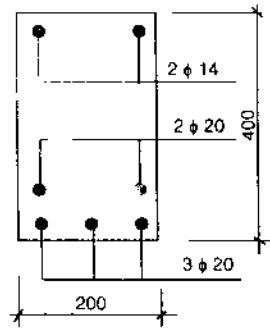
Vậy thoả mãn điều kiện $\frac{2a'}{h_o} < \alpha < \alpha_o$

- Tính:

$$\begin{aligned} F_a &\geq \alpha \frac{R_n}{R_a} b h_o + \frac{R'_a}{R_a} F'_a = \\ &= 0,4 \frac{0,9}{20} 20 \cdot 35 + \frac{20}{20} \cdot 3,08 = 15,7 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Chọn thép: 5 φ20 có diện tích $15,71 \text{ cm}^2$

- Bố trí thép dọc chịu lực trên tiết diện như hình 8-10



Hình 8.10: Bố trí thép của ví dụ 8.3

Thí dụ 8.4: Tính khả năng chịu mômen uốn cho đầm BTCT làm bằng bê tông mác M150, tiết diện chữ nhật $b \times h = 20 \times 50 \text{ cm}$, cốt thép dọc chịu lực là loại thép ngoại nhập nhóm A-I. Ở vùng chịu nén đặt 2φ16 với $a' = 3 \text{ cm}$. Ở vùng chịu kéo có đặt 5φ20 với $a = 5 \text{ cm}$.

Giải

- Với bê tông mác M150 và thép nhóm A-I có $\alpha_o = 0,62$

$$R_n = 0,65 \text{ KN/cm}^2, R_a = R'_a = 23 \text{ KN/cm}^2, h_o = 50 - 5 = 45 \text{ cm}.$$

$$\text{Thép chịu nén } 2\phi 16 \text{ có } F'_a = 4,02 \text{ cm}^2; \frac{2a'}{h_o} = \frac{2 \cdot 3}{45} = 0,133$$

Thép chịu kéo 5φ20 có $F_a = 15,71 \text{ cm}^2$.

$$\text{Tính } \alpha = \frac{R_a F_a - R'_a F'_a}{R_n \cdot b \cdot h_o} = \frac{23 \cdot 15,71 - 23 \cdot 4,02}{0,65 \cdot 20 \cdot 45} = 0,46$$

Thấy $\alpha < \alpha_o$ và $\alpha > \frac{2a'}{h_o}$ cho nên từ $\alpha = 0,46$ tra bảng được $A = 0,354$.

Tính được $M_{gh} = AR_n b h_o^2 + R'_a F'_a (h_o - a')$

$$= 0,354 \cdot 0,65 \cdot 20 \cdot 45^2 + 23 \cdot 4,02 (45 - 3) = 13200 \text{ KNcm} = 132 \text{ KNm.}$$

§8-4. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU UỐN CÓ TIẾT DIỆN CHỮ T THEO CƯỜNG ĐỘ TRÊN TIẾT DIỆN THĂNG GÓC

1. Đặc điểm cấu tạo

- Tiết diện chữ T gồm có 2 phần: cánh và sườn. Nếu cánh nằm ở vùng chịu nén của tiết diện thì sự chịu lực hợp lý vì trong đó phần bê tông làm việc (phần bê tông chịu nén) được mở rộng, phần bê tông không làm việc (phần bê tông chịu kéo) bị thu hẹp.

- Trường hợp do yêu cầu cấu tạo hay lý do nào khác mà cánh của tiết diện nằm ở vùng chịu kéo thì phần cánh không tham gia chịu lực. Khi tính toán bỏ qua các tác dụng của cánh mà coi tiết diện chữ T này như tiết diện chữ nhật chỉ có phần sườn $b \times h$.

- Trường hợp cánh ở vùng chịu nén, nếu cánh vươn ra rất dài thì khi tính toán cũng chỉ lấy mở rộng cánh không được vượt quá giới hạn sau:

Đối với dầm và bản sàn đúc bê tông toàn khối với nhau sẽ không được lớn hơn nữa khoảng cách giữa hai mép trong của sườn dọc.

Gọi l là nhịp dầm thì lấy $S_c \leq l/6$.

Gọi chiều dày của bản cánh là h'_c thì khi $h'_c \geq 0,1h$ lấy $S_c \leq 9h'_c$

khi $h'_c < 0,1h$ lấy $S_c \leq 6h'_c$.

Đối với dầm đứng độc lập: $S_c \leq \frac{l}{6}$, khi $h'_c \geq 0,1h$ lấy $S_c \leq 6h'_c$. Khi $0,05h \leq h'_c < 0,1h$ lấy $S_c \leq 3h'$

Khi $h'_c < 0,05h$ lấy $S_c < 0,05h$ lấy $S_c = 0$ tức là không kể phần nhô ra của cánh vào tính toán.

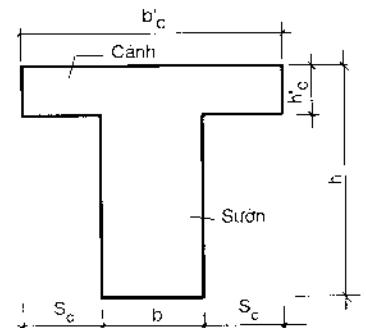
2. Công thức cơ bản khi cánh ở vùng chịu nén: Với tiết diện chữ T thường chỉ đặt cốt đơn

a) *Trường hợp trục trung hoà (TTH) đi qua cánh ($x \leq h_c$)*

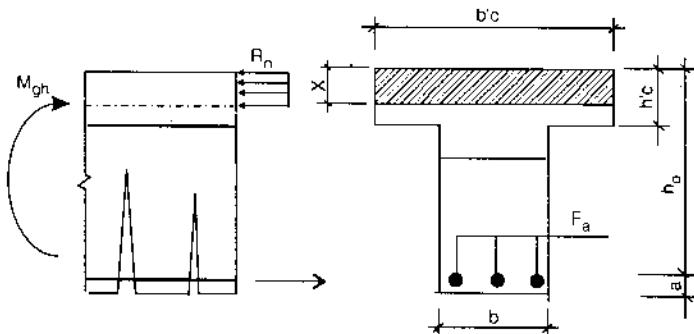
- Sơ đồ ứng suất: Dựa vào trạng thái giới hạn phá hoại dẻo và lấy:

Tại vùng chịu nén ứng suất trong bê tông bằng nhau và đạt tới R_u .

Tại vùng chịu kéo, chỉ có cốt thép F_a làm việc, ứng suất trong cốt thép đạt tới R_a .



Hình 8.11: Hình dạng tiết diện chữ T



Hình 8.12: Sơ đồ ứng suất khi trực trung hòa qua cánh

- Phương trình cân bằng:

$$\left\{ \begin{array}{l} R_a F_a = R_n \cdot b'_c \cdot x \\ M_{gh} = R_n \cdot b'_c \cdot x \end{array} \right. \quad (8-8)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} M_{gh} = R_n \cdot b'_c \cdot x \left(h_o - \frac{x}{2} \right) \\ M \leq M_{gh} \end{array} \right. \quad (8-9)$$

- Công thức tính: Đặt $\alpha = \frac{x}{h_o}$; $A = \alpha(1 - 0,5\alpha)$; cho $M \leq M_{gh}$ được

$$\left\{ \begin{array}{l} R_a F_a = \alpha R_n b'_c h_o \\ M \leq A R_n b'_c h_o^2 \end{array} \right. \quad (8-8)a$$

$$\left\{ \begin{array}{l} R_a F_a = \alpha R_n b'_c h_o \\ M \leq A R_n b'_c h_o^2 \end{array} \right. \quad (8-9)a$$

- Điều kiện hạn chế: Công thức chỉ đúng khi $\alpha \leq \alpha_o$ hoặc $A \leq A_o$.

Hàm lượng thép với phần sườn $\mu = \frac{F_a}{bh_o}$ cần bảo đảm $\mu > \mu_{min}$

- *Chú ý:* khi trực trung hòa đi qua mép cánh, mômen giới hạn bằng mô men do phần cánh chịu :

$$M_{gh} = M_c = R_n \cdot b'_c \cdot h'_c (h_o - 0,5h'_c) \quad (8-10)$$

Gọi mô men uốn do tải trọng gây ra là M , trực trung hòa đi qua cánh khi $M \leq M_c$.

b) Trường hợp TTH đi qua sườn ($x > h'_c$ hoặc $M > M_c$)

- Sơ đồ ứng suất dựa vào trạng thái giới hạn phá hoại dẻo và láy:

Tại vùng chịu nén ứng suất trong bê tông bằng nhau và bằng R_n .

Tại vùng chịu kéo, chỉ có cốt thép làm việc, ứng suất trong cốt thép chịu kéo (F_a) đạt tới R_a .

- Phương trình cân bằng theo sơ đồ ứng suất:

$$\left\{ \begin{array}{l} R_a F_a = R_n (b'_c - b) h'_c + R_n b x \\ M_{gh} = R_n b x (h_o - 0,5\alpha) + R_n (b'_c - b) h'_c (h_o - 0,5h'_c) \end{array} \right. \quad (8-11)$$

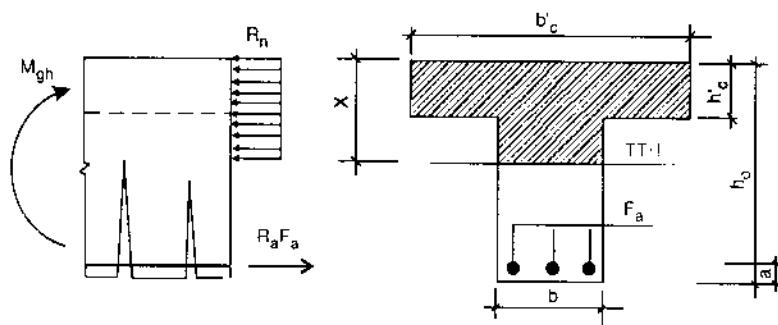
$$\left\{ \begin{array}{l} R_a F_a = R_n (b'_c - b) h'_c + R_n b x \\ M_{gh} = R_n b x (h_o - 0,5\alpha) + R_n (b'_c - b) h'_c (h_o - 0,5h'_c) \end{array} \right. \quad (8-12)$$

- Công thức tính: Đặt $\alpha = \frac{x}{h_0}$; $A = \alpha(1 - 0,5\alpha)$ thay vào phương trình và cho $M \leq M_{gh}$ sẽ được:

$$\left\{ \begin{array}{l} R_a F_a = \alpha R_n b h_o + R_n (b'_{\epsilon} - b) h'_{\epsilon} \\ M \leq A R_n b h_o^2 + R_n (b'_{\epsilon} - b) h'_{\epsilon} (h_o - 0.5 h'_{\epsilon}) \end{array} \right. \quad (8-11a)$$

$$\left\{ M \leq AR_n b h_o^2 + R_n (b'_{\epsilon} - b) h'_{\epsilon} (h_o - 0.5h'_{\epsilon}) \right. \quad (8-12)a$$

- Điều kiện hạn chế: Công thức chỉ đúng nếu $\alpha \leq \alpha_o$ hoặc $A \leq A_o$. Hàm lượng cốt thép tính với sườn $\mu = \frac{F_a}{bh_o}$, phải thoả mãn điều kiện $\mu \geq \mu_{min}$.



Hình 8.13: Sơ đồ ứng suất khi TTH đi qua sườn.

3. Bài toán thường gặp khi cánh nằm ở vùng chịu nén

a) **Bài toán I:** Tính cốt thép dọc chịu lực.

Biết: Kích thước tiết diện b, h, b'_c , h'_c biết mác bê tông, nhôm thép, mômen uốn M. Cân tính F_s .

Giải:

- Tìm các số liệu cần thiết khác: R_n ; R_a ; α_a ; A_a ; Giả thiết a để tính $h_0 = h - a$.

- Tính $M_s = R_n b'_{s_e} h'_{s_e}$ ($h_0 - 0,5 h'_{s_e}$),

- So sánh M với M_c để xác định vị trí trục trung hòa (TTH), xảy ra 1 trong 2 trường hợp sau:

Trường hợp I: Nếu $M \leq M_c$ thì TTH đi qua cánh → tiến hành tính toán theo tiết diện chữ nhật ($b'_c \times h$). Tính $A = \frac{M}{R_n b'_c h^2}$; nếu $A \leq A_o$ sẽ tra bảng ra α và tính

$$F_a = \alpha \frac{R}{R_a} b'_c h_o$$

Trường hợp 2: Nếu $M > M_c$ thì TTH qua sườn \rightarrow tính toán theo tiết diện chữ T.

$$\text{Tính } A = \frac{M - R_n(b'_c - b)h'_c(h_o - 0,5h'_c)}{R_n b h_o^2}$$

Khi $A < A_o$ tra bảng ra α và tính F_a theo: $F_a \geq \frac{R_n}{R_a} [\alpha b h_o + (b'_{c_e} - b) h'_{c_e}]$

Tính hàm lượng $\mu = \frac{F_a}{b h_o}$, nếu $\mu < \mu_{min}$ thì lấy $F_a \geq \mu_{min} b h_o$.

b) Bài toán 2: Tính khả năng chịu uốn M_{gh} .

Biết tiết diện $b, h, b'_{c_e}, h'_{c_e}, F_a, a, h_o, R_n, R_a, \alpha_o, A_o$ cần tính M_{gh} .

Giải: Xác định TTH theo điều kiện khi TTH đi qua đúng mép cánh phương trình hình chiếu lên trực tâm là: $R_a F_a = R_n b'_{c_e} h'_{c_e}$. (8-13)

Khi tính toán xảy ra một trong hai trường hợp sau:

- Trường hợp 1: Nếu $R_a F_a \leq R_n b'_{c_e} h'_{c_e}$ thì TTH đi qua cánh, khi đó tính toán M_{gh} theo trình tự sau:

Tính $\alpha = \frac{R_a F_a}{R_n b'_{c_e} h_o}$ rồi tra bảng ra A , chú ý rằng nếu $\alpha > \alpha_o$ cũng chỉ lấy $\alpha = \alpha_o$ cuối cùng được $M_{gh} = A R_n b'_{c_e} h_o^2$.

- Trường hợp 2: Nếu $R_a F_a > R_n b'_{c_e} h'_{c_e}$ thì TTH đi qua sườn, khi đó:

$$\alpha = \frac{R_a F_a - R_n (b'_{c_e} - b) h_{c_e}}{R_n b h_o}, \text{ nếu } \alpha > \alpha_o \text{ cũng chỉ lấy } \alpha = \alpha_o$$

$$\text{Từ } \alpha \text{ tra ra } A \text{ và tính } M = A R_n b h_o^2 + R_n (b'_{c_e} - b) h'_{c_e} (h_o - 0,5 h'_{c_e})$$

Thí dụ 8-5. Tính diện tích cốt thép dọc chịu lực cho đầm BTCT tiết diện chữ T có cánh ở vùng chịu nén. Tiết diện có $b = 25\text{cm}$, $h = 70\text{ cm}$, $h'_{c_e} = 6\text{cm}$, $b'_{c_e} = 100\text{cm}$. Bê tông mác M200, thép chịu lực nhóm A-II. Đầm chịu mô men uốn $M = 300\text{ KNm}$.

Giải:

- Tìm các số liệu cần thiết: Bê tông mác M200, nhóm thép A-II có $R_n = 0,9\text{ KN/cm}^2$, $R_a = 28\text{ KN/cm}^2$, $\alpha_o = 0,62$, $A_o = 0,428$.

Giả thiết $a = 6\text{cm}$ thì $h_o = 70 - 6 = 64\text{cm}$, $M = 300\text{KNm} = 30000\text{KNcm}$.

- Xác định TTH theo:

$$M_c = R_n b'_{c_e} h'_{c_e} (h_o - 0,5 h'_{c_e}) = 0,9 \cdot 100 \cdot 6 (64 - 0,5 \cdot 6) = 32940\text{KNcm}.$$

Thấy $M < M_c \rightarrow$ tính toán theo tiết diện chữ nhật $b'_{c_e} \times h$.

$$A = \frac{M}{R_n b'_{c_e} h_o^2} = \frac{30000}{0,9 \cdot 100 \cdot 64^2} \approx 0,084 < A_o$$

Với $A = 0,084$ tra bảng được $\alpha = 0,09$

$$\text{Diện tích cốt thép } F_a \geq \alpha \frac{R_n}{R_a} b'_c h_o = 0,09 \frac{0,9}{28} 100.64 = 18,5 \text{cm}^2$$

Chọn thép: 6φ20 (có $F_a = 18,84 \text{ cm}^2$ sai số là $1,8\% < 5\%$).

Thí dụ 8-6: Tính diện tích cốt thép dọc chịu lực cho đầm BTCT tiết diện chữ T cánh nằm ở vùng chịu nén. Với $b = 20\text{cm}$, $h = 60\text{cm}$, $b'_c = 30\text{cm}$, $h'_c = 8\text{cm}$, bê tông mác M200, thép chịu lực nhóm A-II. Đầm chịu mô men uốn $M = 20000 \text{ KNcm}$.

Giải:

- Tìm thêm các số liệu tính cần thiết: Bê tông mác M200 có $R_n = 0,9 \text{ KN/cm}^2$, thép chịu lực nhóm A-II, $R_a = 28 \text{ KN/cm}^2$, $\alpha_o = 0,62$, $A_o = 0,428$.

Giả thiết $a = 5\text{cm}$ thì $h_o = 60 - 5 = 55\text{cm}$

- Xác định TTH theo $M_c = R_n b'_c h_c (h_o - 0,5h'_c) = 0,9 \cdot 30 \cdot 8(55 - 4) = 11016 \text{ KNcm}$.

Thấy $M > M_c$ nên TTH đi qua sườn \rightarrow tính theo tiết diện chữ T.

$$A = \frac{M - R_n(b'_c - b)h_c(h_o - 0,5h'_c)}{R_n b h_o^2} = \frac{20000 - 0,9(30 - 20)8(55 - 4)}{0,9 \cdot 20 \cdot 55^2} = 0,3 < A_o$$

Với A tra bảng được $\alpha = 0,37$ và tính được diện tích thép:

$$F_a \geq \frac{R_n}{R_a} [\alpha b h_o + (b'_c - b)h'_c] = \frac{0,9}{28} [0,37 \cdot 20 \cdot 55 + (30 - 20) \cdot 8] = 15,65 \text{cm}^2$$

Chọn thép: 5φ20 (Có $F_a = 15,71 \text{cm}^2$ sai số $15,71 \text{cm}^2$ sai số $0,38\% < 5\%$)

Thí dụ 8-7: Tính khả năng chịu uốn của đầm BTCT tiết diện chữ T cánh ở vùng chịu nén, $b = 20\text{cm}$, $h = 60\text{cm}$, $b_c = 30\text{cm}$, $h_c = 8\text{cm}$, làm bằng bê tông mác M200. Vùng chịu kéo của tiết diện có đặt thép dọc 3φ22 Nhóm thép A-I với $a = 4\text{cm}$.

Giải:

Thép 3φ22 có $F_a = 11,4 \text{cm}^2$, $h_o = 60 - 4 = 56\text{cm}$.

Các số liệu cần thiết: Bê tông mác M200 $R_n = 0,9 \text{ KN/cm}^2$, thép nhóm A-I có, $R_a = 23 \text{KN/cm}^2$, kết hợp cả bê tông và thép tra bảng được $\alpha_o = 0,62$.

- Xác định TTH theo:

$$R_a F_a = 23 \cdot 11,4 = 262 \text{KN} \text{ còn } R_n b'_c h_c = 0,9 \cdot 30 \cdot 8 = 216 \text{KN}$$

Thấy $R_a F_a > R_n b'_c h_c$ cho nên TTH đi qua sườn.

$$\text{Tính } \alpha = \frac{R_a F_a - R_n(b'_c - b)h_c}{R_n \cdot b \cdot h} = \frac{23 \cdot 11,4 - 0,9(30 - 20)8}{0,9 \cdot 20 \cdot 56} = 0,188 < \alpha_o$$

Với $\alpha = 0,188$ tra bảng được $A = 0,172$.

- Khả năng chịu mô men M_{gh} :

$$\begin{aligned} M_{gh} &= A \cdot R_n \cdot b \cdot h_o^2 + R_n (b_c - b) b_c (h_o - 0,5h_c) \\ &= 0,172 \cdot 0,9 \cdot 20,56^2 + 0,9(30 - 20)8(56 - 0,5 \cdot 8) \\ &= 13450 \text{ KNcm} = 134,5 \text{ KNm} \end{aligned}$$

§8-5. TÍNH TOÁN CUỒNG ĐỘ TRÊN TIẾT DIỆN NGHIÊNG (TÍNH CHỐNG CẮT)

1. Điều kiện tính: Gọi Q là lực cắt mà dầm phải chịu.

- Khi $Q \leq k_1 R_k b h_o$ thì riêng bê tông đã đủ chịu lực cắt, không phải tính toán chống cắt. Nếu có đặt cốt đai, cốt xiên cũng là theo yêu cầu cấu tạo. Hệ số k_1 lấy như sau: Đối với dầm $k_1 = 0,6$, đối với bản $k_1 = 0,8$.

- Khi $Q > k_o R_n b h_o$: Sẽ xuất hiện nhiều khe nứt nghiêng, vết nứt sẽ phát triển rộng, dễ xảy ra nguy hiểm. Trường hợp này nên tăng kích thước tiết diện. Hệ số k_o lấy như sau: Bê tông mác M400 trở xuống $k_o = 0,35$, với bê tông mác M500 lấy $k_o = 0,3$, với bê tông mác M600 lấy $k_o = 0,25$.

- Vậy chỉ tính toán chống cắt khi:

$$k_1 R_k b h_o < Q \leq k_o R_n b h_o \quad (8-14)$$

2. Khả năng chịu lực cắt trên tiết diện nghiêng

a) Sơ đồ ứng suất trên tiết diện nghiêng

c: Hình chiếu của tiết diện nghiêng lên phương trục dầm.

u: Khoảng cách giữa các cốt đai.

α : Góc nghiêng của cốt xiên.

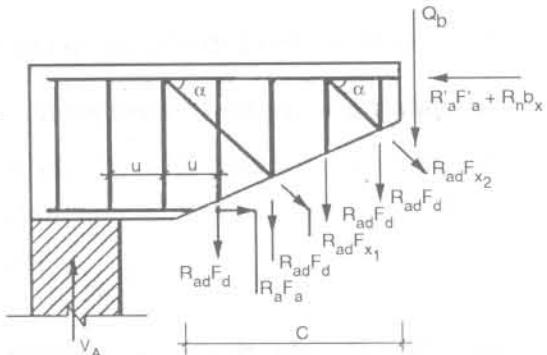
R_{ad} : Cường độ tính toán của thép khi làm cốt đai và cốt xiên.

Sơ đồ ứng suất lấy như trên (hình 8-14): ứng suất trong bê tông vùng chịu nén đạt R_n , ứng suất trong thép chịu nén đạt R_a , ứng suất trong cốt thép chịu kéo đạt R_a , ứng suất trong cốt đai và cốt xiên đạt R_{ad} .

Ký hiệu diện tích cốt thép xiên $F_{x_1}, F_{x_2} \dots$

F_{xi} : Diện tích tiết diện ngang của lớp cốt xiên thứ i.

Gọi diện tích tiết diện ngang của một lớp cốt đai là F_d , gọi số nhánh cốt đai là n, diện tích tiết diện ngang của 1 nhánh là f_d ta có $F_d = n \cdot f_d$.



Hình 8.14: Sơ đồ ứng suất trên tiết diện nghiêng

b) Phương trình cân bằng

- Chiếu lên phương vuông góc với trục dầm, ta được:

$$Q \leq Q_b + \sum R_{ad} F_d + \sum R_{ad} F_x \sin \alpha \quad (8-15)$$

- Khả năng chịu lực cắt của bê tông là Q_b được xác định theo công thức thực nghiệm:

$$Q_b = \frac{2R_k b h_o^2}{c} \quad (8-16)$$

- Khả năng chịu lực cắt của cốt đai là $Q_d = \sum R_{ad} F_d = \frac{R_{ad} F_d}{u} c$

Gọi khả năng chịu lực cắt của cốt đai phân đều theo chiều dài dầm là q_d thì

$$q_d = \frac{R_{ad} F_d}{u} \quad (8-17)$$

Vậy: $Q_d = \sum R_{ad} F_d = \frac{R_{ad} F_d}{u} . c = q_d . c \quad (8-18)$

- Khả năng chịu lực cắt của cốt xiên là $Q_x = +\sum R_{ad} F_x \sin \alpha \quad (8-19)$

- Thay giá trị Q_b , Q_d vào (8-15) được công thức tính khả năng chịu lực cắt trên tiết diện nghiêng:

$$Q \leq \frac{2R_k b h_o^2}{c} + q_d . c + Q_x \quad (8-20)$$

3. Tính toán cốt đai khi không có cốt xiên

a) Tiết diện nghiêng nguy hiểm nhất

- Khi không có cốt xiên ($F_x = 0$), chỉ có bê tông và cốt đai chịu lực cắt. Khả năng chịu lực cắt của bê tông và cốt đai gộp lại là Q_{db}

$$Q_{db} = \frac{2R_k b h_o^2}{c} + q_d c$$

- Thấy rằng Q_{db} phụ thuộc vào c . Bằng khảo sát hàm số Q_{db} thấy giá trị $c = c_o$ thì hàm số Q_{db} cực tiểu, tức là cho khả năng chịu lực cắt bé nhất. Ký hiệu là Q_{db} , c_o gọi là tiết diện nghiêng nguy hiểm nhất:

$$c_o = \sqrt{\frac{2R_k b h_o^2}{q_d}} \quad (8-21)$$

- Thay c_o vào Q_{db} tính được khả năng chịu lực cắt của tiết diện nghiêng nguy hiểm nhất:

$$Q_{db} = \sqrt{8R_k b h_o^2 q_d} \quad (8-22)$$

b) Tính khoảng cách giữa các cốt đai u

Cốt đai trong đầm được xác định bởi 3 đại lượng: đường kính d, số nhánh n và khoảng cách giữa hai cốt đai gần nhau u. Khi thiết kế tính chống cắt mà không dùng cốt xiên, người ta thường căn cứ vào độ lớn của đầm để chọn trước đường kính và số nhánh cốt đai, sau đó chọn khoảng cách giữa các cốt đai theo 3 yếu tố sau:

Theo khả năng chịu lực cắt trên tiết diện nghiêng nguy hiểm nhất

$$\text{Từ } Q \leq Q_{db} = \sqrt{8R_k b h_o^2 q_d} \text{ rút ra } q_d \geq \frac{Q^2}{8R_k b h_o} \quad (8-23)$$

$$\text{mà } q_d = \frac{R_{ad} F_d}{u} \quad \text{cho nên } u = \frac{R_{ad} F_d}{q_d}$$

$$\text{Rút ra } u \leq u_n = R_{ad} \cdot F_d \frac{8R_k b h_o^2}{Q^2} \quad (8-24)$$

- Để tránh xảy ra sự phá hoại theo tiết diện nghiêng nằm giữa 2 cốt đai ($c < u$): Tiết diện này chỉ có bê tông chịu cắt cho nên điều kiện cường độ là $Q \leq Q_b = \frac{2R_k b h_o^2}{u}$ rút ra $u \leq \frac{2R_k b h_o^2}{Q}$, để tăng mức độ an toàn lấy $u \leq \frac{1,5R_k b h_o^2}{Q}$

Gọi khoảng cách lớn nhất giữa các cốt đai là :

$$u_{max} = \frac{1,5R_k b h_o^2}{Q} \quad (8-25)$$

Khi thiết kế phải lấy $u \leq u_{max}$

- Theo yêu cầu cấu tạo: trong đoạn đầm phải tính chống cắt và đoạn đầm gần gối tựa, khoảng cách giữa các cốt đai không được lớn quá quy định:

Với đầm có chiều cao $h > 450$ mm $\rightarrow u < \frac{h}{3}$ và $u \leq 300$ mm

Với đầm có chiều cao $h \leq 450$ mm $\rightarrow u \leq \frac{h}{2}$ và $u \leq 150$ mm

Với đoạn đầm bên trong (khoảng giữa đầm): Khi $h > 300$ thì lấy $\rightarrow u = \frac{3}{4}h$ và $u \leq 500$ mm, khi $h \leq 300$ mm mà $Q \leq k_1 R_k b h_o$ có thể không đặt cốt đai.

- Kết luận chọn khoảng cách giữa các đai: $u \leq u_n$, $u \leq u_{max}$ và theo yêu cầu cấu tạo, đồng thời chọn u là các số chẵn theo cm để dễ thi công.

4. Tính toán cốt xiên

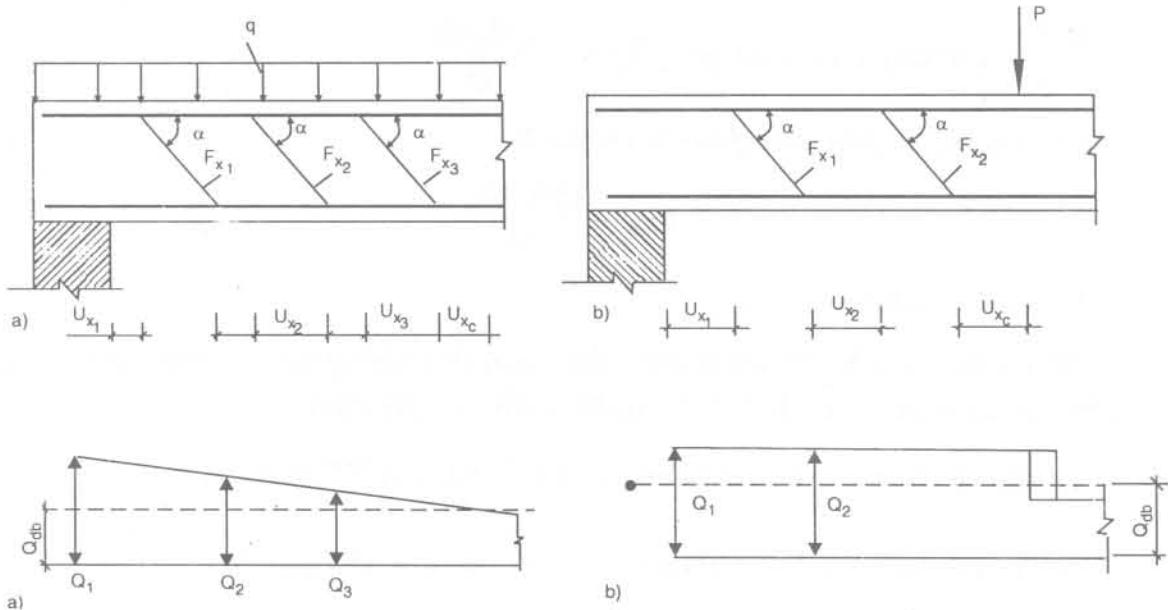
Khi đầm chịu lực cắt lớn, người ta phải dùng cả cốt đai và cốt xiên. Thông thường chọn và bố trí cốt đai trước (d, n, u) qua đó tính được Q_{bd} để so sánh với lực cắt mà đầm phải chịu Q . Chỉ phải tính toán và bố trí cốt xiên cho đoạn đầm nào có $Q > Q_{bd}$.

a) Bố trí lớp cốt xiên

Vị trí lớp cốt xiên đặt theo chỉ dẫn của hình (8-15) và chú ý như sau:

- Gọi khoảng cách từ mép gối tựa đến đầu lớp cốt xiên thứ nhất là u_{x_1} .
- Khoảng cách từ điểm cuối của lớp cốt xiên thứ nhất đến điểm đầu của lớp cốt xiên thứ hai được chiếu lên phương trục dầm là u_{x_2}
- Khoảng cách từ điểm cuối của lớp cốt xiên cuối cùng đến tiết diện có $Q < Q_{db}$ là u_{x_c} .
- Yêu cầu $u_{x_1}, u_{x_2}, u_{x_3}, \dots, u_{x_c}$ đều phải nhỏ hơn u_{max} .
- Đường kính cốt xiên thường dùng từ $10 \div 25\text{mm}$.

b) Tính diện tích các lớp cốt xiên



Hình 8.15: Xác định vị trí các lớp cốt xiên.

a) Trường hợp tải trọng phân bố đều b) Trường hợp tải trọng tập trung.

Theo lý thuyết, phải tính toán cốt xiên ở nhiều tiết diện nguy hiểm, việc tính toán phức tạp. Để tính toán đơn giản và an toàn có thể cho rằng mỗi tiết diện nghiêng nguy hiểm chỉ cắt qua một lớp cốt xiên, khi đó được tính:

$$Q_1 \leq Q_{db} + R_{ad} F_{x_1} \sin \alpha \quad \text{rút ra} \quad F_{x_1} \geq \frac{Q_1 - Q_{db}}{R_{ad} \sin \alpha} \quad (8-26)$$

$$Q_2 \leq Q_{db} + R_{ad} F_{x_2} \sin \alpha \quad \text{rút ra} \quad F_{x_2} \geq \frac{Q_2 - Q_{db}}{R_{ad} \sin \alpha} \quad (8-27)$$

$$Q_3 \leq Q_{db} + R_{ad} F_{x_3} \sin \alpha \quad \text{rút ra} \quad F_{x_3} \geq \frac{Q_3 - Q_{db}}{R_{ad} \sin \alpha} \quad (8-28)$$

$Q_1, Q_2, Q_3, F_{x_1}, F_{x_2}, F_{x_3}$ (xem trên hình 8-15).

Thí dụ 8-8: Tính cốt thép chịu lực cho dầm BTCT nhịp $l = 6m$, hai đầu gối lên tường, chịu trọng tải tính toán phân bố đều $q = 20 \text{ KN/m}$. Dầm làm bằng bê tông mác M200 và có tiết diện chữ nhật $b \times h = 20 \times 40\text{cm}$, cốt thép dọc nhóm A-II, cốt thép đai nhóm A-I.

Giải:

- Xác định nội lực: Vẽ biểu đồ M, Q kết quả cho trên hình (8-16).

Mô men lớn nhất ở giữa dầm: $M = 90 \text{ KNm}$.

Lực cắt lớn nhất ở đầu dầm: $Q = 60 \text{ KN}$.

- Tìm số liệu tính cần thiết:

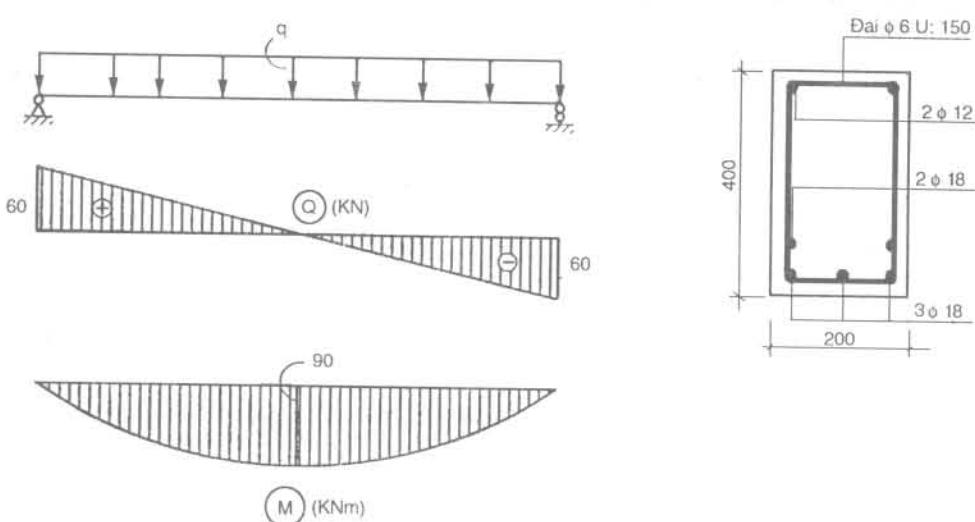
Bê tông mác M200 có $R_n = 0,9 \text{ KN/cm}^2$, $R_k = 0,075 \text{ KN/cm}^2$, $K_o = 0,35$

Thép dọc nhóm A-II có $R_a = 28 \text{ KN/cm}^2$, $R_{ad} = 22 \text{ KN/cm}^2$

Thép đai nhóm A-I có $R_{ad} = 18 \text{ KN/cm}^2$.

Với bê tông mác M200, thép nhóm A-II có $\alpha = 0,62$, $A_o = 0,428$.

Giả thiết $a = 5\text{cm} \rightarrow$ được $h_o = 40 - 5 = 35\text{cm}$.



Hình 8.16: Sơ đồ chịu lực và bố trí cốt thép cho ví dụ 2.8

- Tính thép dọc chịu lực: $A = \frac{M}{R_n b h_o^2} = \frac{9000}{0,9 \cdot 20 \cdot 35^2} = 0,408 < A_o$

Tra bảng được $\alpha = 0,57$.

$$F_a \geq \alpha \frac{R_n}{R_a} b h_o = 0,57 \cdot \frac{0,9}{28} \cdot 20 \cdot 35 = 12,8 \text{cm}^2$$

Chọn thép 5 φ18 (có $F_a = 12,7 \text{cm}^2$, sai số $0,93\% < 5\%$)

Thép cấu tạo để làm giá buộc cốt đai: chọn 2 φ12.

- Tính chống cắt với $Q = 60 \text{ KN}$

$$k_i R_k b h_o = 0,6 \cdot 0,075 \cdot 20 \cdot 35 = 37,8 \text{ KN.}$$

$$k_o R_n b h_o = 0,35 \cdot 0,9 \cdot 20 \cdot 35 = 220 \text{ KN}$$

Vậy $k_i R_k b h_o < Q < k_o R_n b h_o$ nên phải tính chống cắt.

Khoảng cách lớn nhất giữa hai cốt đai:

$$U_{max} = \frac{1,5 R_k b h_o^2}{Q} = \frac{1,5 \cdot 0,075 \cdot 20 \cdot 35^2}{60} = 46 \text{cm}$$

Chọn trước cốt đai φ6 có $f_a = 0,283 \text{cm}^2$ đai hai nhánh ($n = 2$), khoảng cách giữa hai cốt đai $u = 15 \text{cm}$.

$$q_d = \frac{R_{ad} F_d}{u} = \frac{18 \cdot 2 \cdot 0,283}{15} = 0,679 \text{KN/cm}$$

$$Q_{db} = \sqrt{8 R_k b h_o^2 q_d} = \sqrt{8 \cdot 0,075 \cdot 20 \cdot 35^2 \cdot 0,679} = 99 \text{KN}$$

$Q < Q_{db}$ nên chỉ riêng bê tông và cốt đai đã đủ chịu lực cắt, không phải đặt cốt xiên theo tính toán nữa.

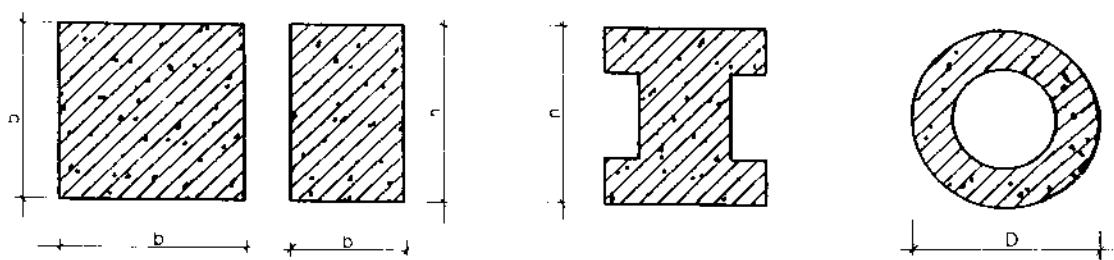
Chương 9

TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU NÉN VÀ CHỊU KÉO

§9-1. CẤU KIỆN CHỊU NÉN ĐÚNG TÂM

1. Đặc điểm cấu tạo

- Hình dáng tiết diện: Có thể là hình vuông, hình chữ nhật, hình chữ I, hình xuyến.



Hình 9.1: Hình dạng tiết diện của cấu kiện chịu nén đúng tâm

- Kích thước tiết diện lấy theo tính toán chịu lực và yêu cầu kiến trúc nhưng phải thỏa mãn về độ mảnh:

Với tiết diện bất kỳ có bán kính quán tính nhỏ nhất của tiết diện là r , thì độ mảnh

$$\lambda = \frac{l_o}{r} \leq \lambda_o$$

Với tiết diện chữ nhật cạnh nhỏ là b thì tính theo $\lambda_b = \frac{l_o}{b} \leq \lambda_{ob}$.

Độ mảnh giới hạn λ_o và λ_{ob} lấy như sau: $\lambda_o = 200$ và $\lambda_{ob} = 52$.

Chiều dài tính toán của cấu kiện là l_o , gọi l là chiều dài cấu kiện chịu nén (lấy bằng khoảng giữa hai điểm có liên kết giằng giữ) thì l_o lấy như sau:

Cấu kiện có liên kết hai đầu khớp: $l_o = l$

Cấu kiện có 1 đầu ngầm, 1 đầu khớp: $l_o = 0,7l$

Cấu kiện có cả hai đầu ngầm: $l_o = 0,5l$

Cấu kiện có một đầu ngầm một đầu tự do: $l_o = 2l$.

- Cốt thép dọc chịu lực có đường kính $d = 12 \div 40$ mm, phải đặt đối xứng so với trục đối xứng của tiết diện, gọi tổng diện tích diện ngang của cốt thép dọc là F_{at} ,

gọi F là diện tích tiết diện ngang của cấu kiện, hàm lượng cốt thép $\mu_t = \frac{F_{st}}{F}$ phải đặt sao cho $\mu_t \geq \mu_{min}$ và nên lấy $\mu_t \leq 3\%$, lấy μ_{min} như sau:

Khi $\lambda \leq 17$ hoặc $\lambda_b \leq 5 \rightarrow$ lấy $\mu_{min} = 0,1\%$

Khi $17 < \lambda \leq 35$ hoặc $5 < \lambda_b \leq 10 \rightarrow$ lấy $\mu_{min} = 0,2\%$

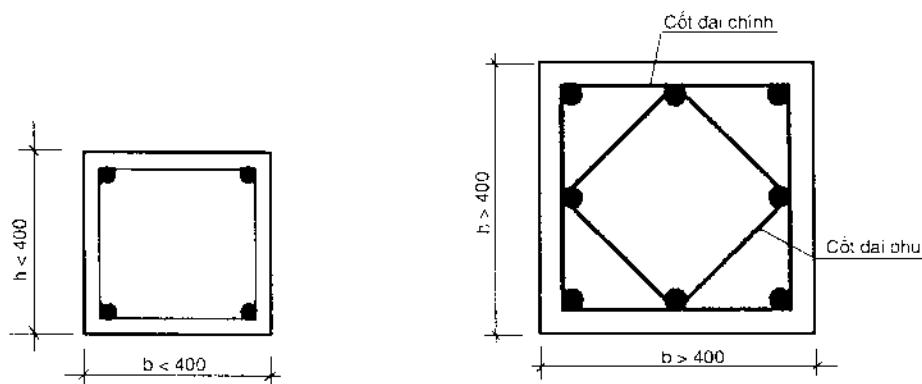
Khi $35 < \lambda \leq 83$ hoặc $10 < \lambda_b \leq 24 \rightarrow$ lấy $\mu_{min} = 0,4\%$

Khi $\lambda > 83$ hoặc $\lambda_b \leq 24 \rightarrow$ lấy $\mu_{min} = 0,5\%$

Khoảng cách giữa các thanh thép dọc lấy theo yêu cầu truyền lực và yêu cầu thi công, đồng thời không quá 400mm.

- Cốt thép đai: Để liên kết các cốt thép lại với nhau thành khung, giữ đúng vị trí của cốt thép lúc thi công. Thường dùng cốt đai có đường kính 6 - 10mm, sao cho đường kính đai $d_{dat} \geq \frac{1}{4}d_1$ (d_1 đường kính cốt dọc chịu nén lớn nhất). Khoảng cách cốt đai không vượt quá $15 d_2$, (d_2 là đường kính cốt dọc chịu nén bé nhất). Trong đoạn nối buộc cốt thép dọc, khoảng cách cốt đai không vượt quá $10 d_2$.

Để giữ ổn định tốt, cần bố trí sao cho cứ cách một thép dọc lại có một thép dọc khác nằm ở góc cốt đai. Chỉ khi cạnh của tiết diện không quá 400mm và trên mỗi cạnh không quá 4 cốt thép dọc mới cho phép dùng một cốt đai bao quanh tất cả các cốt thép dọc.



Hình 9.2: Bố trí cốt thép cho cấu kiện chịu nén đúng tâm

2. Công thức tính

a) Sơ đồ ứng suất

Gọi N : Lực dọc tính toán.

F : Diện tích tiết diện, khi $\mu < 3\%$, lấy $F = F_b$.

F_b : Diện tích tiết diện bê tông.

F_{at} : Tổng diện tích tiết diện cốt thép dọc.

Khi chịu lực: Toàn bộ tiết diện chịu nén.

Đến trạng thái giới hạn, ứng suất trong bê tông đạt R_n , ứng suất trong cốt thép đạt R'_{at}

b) Công thức tính

Khi tính toán theo trạng thái giới hạn và có kể đến ảnh hưởng của uốn dọc, ta có công thức tính:

$$N \leq \varphi (R_n F + R'_{at} F_{at}) \quad (9-1)$$

Hệ số uốn dọc $\varphi \leq 1$ được tra bảng theo độ mảnh λ hoặc λ_b .

Khi xác định R_n , cần kể thêm vào đó hệ số điều kiện làm việc của bê tông m_b , (Giá trị m_b tra bảng 19 phần phụ lục).

3. Bài toán thường gặp

a) Bài toán 1: Tính cốt thép F_{at}

Biết kích thước tiết diện, chiều dài tính toán l_o , lực dọc N , cường độ của vật liệu R_n , R'_{at} , hệ số điều kiện làm việc của bê tông m_b . Yêu cầu tính F_{at} .

Giải:

- Tính F , tính độ mảnh $\lambda = \frac{l_o}{r}$ hoặc $\lambda_b = \frac{l_o}{b}$ rồi tra bảng 23 ra φ .

$$F_{at} = \frac{\frac{N}{\varphi} - R_n F}{R'_{at}}$$

$$- Kiểm tra hàm lượng: tính \mu = \frac{F_{at}}{F}$$

Nếu $\mu > 3\%$ nên tăng kích thước tiết diện rồi tính lại.

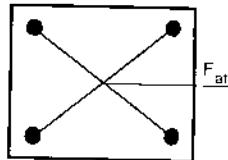
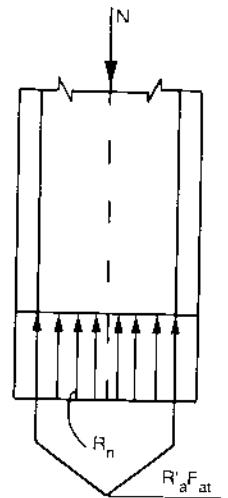
Nếu $\mu < \mu_{min}$ thì lấy $F_{at} \geq \mu_{min} \cdot F$

Chọn và bố trí thép: Sao cho đủ diện tích theo tính toán và phù hợp yêu cầu cấu tạo.

b) Bài toán 2: Kiểm tra cường độ tiết diện.

Biết kích thước tiết diện và diện tích F , F_{at} , biết cường độ của vật liệu R_n , R'_{at}

Yêu cầu tính lực nén đúng tâm N_{gh} .



Hình 9.3: Sơ đồ ứng suất chịu nén đúng tâm

Giải:

Từ sơ đồ tính xác định l_o . Tính độ mảnh λ hoặc λ_b rồi tra bảng ra φ

Tính $N_{gh} = \varphi (R_n F + R'_a F_{at})$.

Thí dụ 3-1: Tính cốt thép chịu lực cho cột BTCT lắp ghép chịu nén đúng tâm tiết diện vuông $b = h = 35\text{cm}$, bê tông mác M200, thép dọc nhóm C-II. Chiều dài tính toán $l_o = 4,9\text{m}$. Chịu lực nén đúng tâm $N = 1200\text{ KN}$.

Giải:

- Tìm các số liệu cần thiết: Bê tông M200 có $R_n = 0,9\text{ KN/cm}^2$

Cột lắp ghép có cạnh $> 30\text{cm}$ cho nên $m_b = 1$

Thép nhóm C-II có $R'_a = 26\text{ KN/cm}^2$.

Độ mảnh $\lambda_b = \frac{l_o}{b} = \frac{490}{35} = 14 \rightarrow$ Tra bảng 23 được $\varphi = 0,93$.

$$\text{- Diện tích thép } F_{at} = \frac{\frac{N}{\varphi} - R_n F}{R'_a} = \frac{\frac{1200}{0,93} - 0,9.35.35}{26} = 7,3\text{cm}^2$$

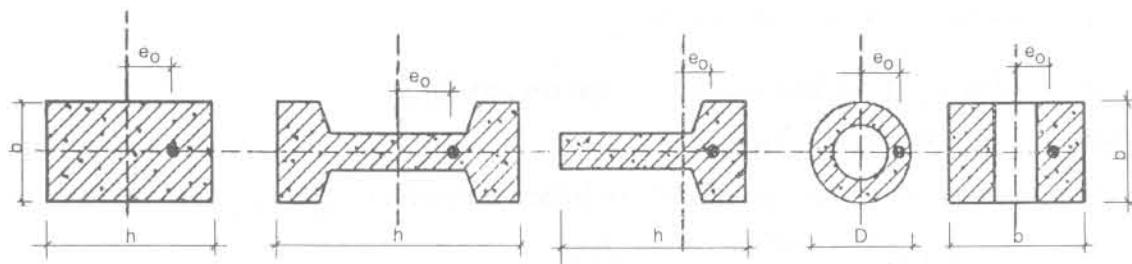
Chọn thép: 4 φ16 có $F_{at} = 8,04\text{cm}^2$.

§9-2. CẤU KIỆN CHỊU NÉN LỆCH TÂM

1. Đặc điểm cấu tạo

Khi lực nén N đặt không trùng với trọng tâm tiết diện, nếu dời lực nén về trọng tâm tiết diện ta được một lực nén đúng tâm và một mô men uốn $M = N.e_o$, vậy cấu kiện vừa chịu nén vừa chịu uốn.

Cấu kiện chịu nén lệch tâm thường có tiết diện hình chữ nhật, chữ I, chữ T, vành khuyên, hoặc cột rỗng hai thân. Đặt tiết diện sao cho nó chịu lực tốt nhất.



Hình 9.4: Hình dạng tiết diện của cấu kiện chịu nén lệch tâm.

Tỷ số $\frac{h}{b} \approx 1,5 \div 3$, $F \approx (1,2 \div 1,5) \frac{N}{R_s}$ chọn sao cho $\lambda = \frac{l_o}{r} \leq \lambda_o$ hoặc $\lambda_b = \frac{l_o}{b} \leq \lambda_{ob}$, với cột $\lambda_o = 120$ hoặc $\lambda_{ob} = 31$, với các cầu kiện khác $\lambda_o = 200$ hoặc $\lambda_{ob} = 52$.

Cốt thép dọc chịu lực có đường kính $12 \div 40$ mm, khi cạnh của tiết diện lớn hơn 20 cm nên dùng cốt thép dọc có đường kính tối thiểu là 16 mm. Gọi F'_a là diện tích cốt thép đặt về phía cạnh chịu nén nhiều hơn và F_a là diện tích cốt thép đặt về phía cạnh chịu nén ít hơn (hoặc chịu kéo) của tiết diện, hàm lượng $\mu' = \frac{F'_a}{bh_o}$ và $\mu = \frac{F_a}{bh'_o}$; $\mu' + \mu = \mu_t \leq 3,5\%$

μ' và μ đều phải lớn hơn μ_{min} ; μ_{min} lấy theo $\lambda_h = \frac{l_o}{h}$

Khi $\lambda \leq 17$ hoặc $\lambda_h \leq 5 \rightarrow$ lấy $\mu_{min} = 0,05\%$

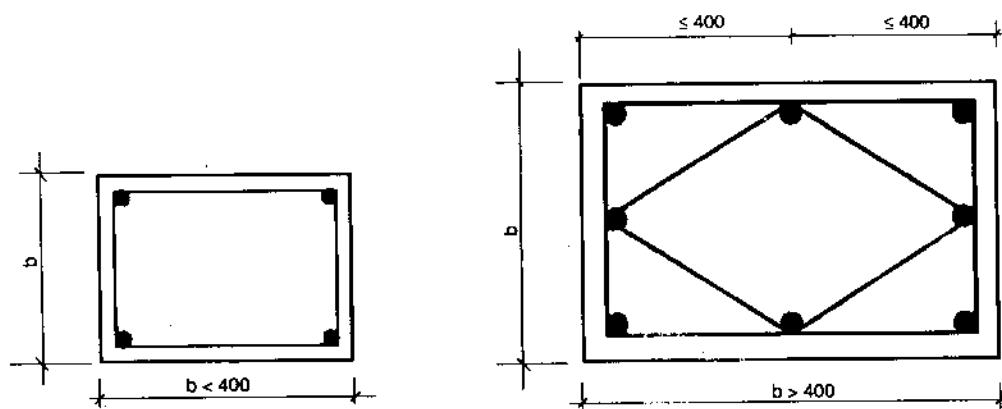
Khi $17 < \lambda \leq 35$ hoặc $5 < \lambda_h \leq 10 \rightarrow$ lấy $\mu_{min} = 0,1\%$

Khi $35 < \lambda \leq 83$ hoặc $10 < \lambda_h < 24 \rightarrow$ lấy $\mu_{min} = 0,2\%$

Khi $\lambda > 83$ hoặc $\lambda_h \leq 24$ lấy $\mu_{min} = 0,25\%$

Khi cạnh $h > 500$ mm phải đặt thêm cốt dọc cấu tạo sao cho khoảng cách giữa các thanh thép dọc không được quá 400 mm. Đường kính cốt thép dọc cấu tạo không nhỏ hơn 12 mm.

Cốt thép dai: Dùng thép có đường kính $d_{dai} = 6 \div 10$ mm, phải lấy $d_{dai} \geq 0,25d_1$, (d_1 : đường kính cốt dọc chịu nén lớn nhất). Khoảng cách giữa 2 cốt dai $u \leq 15 d_2$ (d_2 : đường kính cốt dọc chịu nén bé nhất), nên lấy $u \leq 300$ mm. Để giữ ổn định tốt, cần bố trí sao cho cứ cách một thép dọc lại có một thép dọc khác nằm ở góc của cốt dai. Khi cạnh của tiết diện không quá 400 mm và trên mỗi cạnh của tiết diện không quá 4 thép dọc, cho phép dùng cốt dai bao quanh tất cả các cốt thép dọc.



Hình 9.5: Bố trí cốt thép cho cầu kiện chịu nén lệch tâm

2. Sự làm việc của cấu kiện chịu nén lệch tâm

a) Độ lệch tâm

Trong thực tế, ngoài độ lệch tâm của của lực $e_{o1} = \frac{M}{N}$, còn phải tính đến độ lệch tâm ngẫu nhiên e_{ng} do sai lệch kích thước khi thi công, do thép đặt không đối xứng, do bê tông không đồng nhất...

Như vậy độ lệch tâm tính toán $e_o = e_{o1} + e_{ng}$. (9 - 2)

Lấy e_{ng} theo số liệu thực tế. Nếu không có số liệu thực tế thì lấy tuỳ theo loại cấu kiện và hình thức chịu lực. Cấu kiện tĩnh định hoặc siêu tĩnh chịu nén trực tiếp lấy $e_{ng} \geq \frac{1}{25}h$ và phải lớn hơn các giá trị sau:

$e_{ng} \geq 2\text{cm}$ với cột và tâm có $h \geq 25\text{cm}$.

$e_{ng} \geq 1,5\text{cm}$ với cấu kiện có $15 \leq h < 25\text{cm}$.

$e_{ng} \geq 1\text{cm}$ với cấu kiện có $h < 15\text{cm}$.

b) Hai trường hợp lệch tâm

- Trường hợp lệch tâm lớn: Khi M tương đối lớn và N tương đối nhỏ, tức là e_{o1} lớn, trên tiết diện ngang của cấu kiện có hai vùng kéo và nén rõ rệt. Sự phá hoại có thể bắt đầu từ vùng kéo giống như cấu kiện chịu uốn. Gọi x là chiều cao vùng nén, cấu kiện chịu nén lệch tâm lớn khi $x \leq \alpha_o h_o$.

- Trường hợp lệch tâm bé: Khi e_{o1} nhỏ, cấu kiện có thể bị nén trên toàn bộ tiết diện hoặc có một phần nhỏ tiết diện bị kéo. Sự phá hoại thường xảy ra từ vùng chịu nén nhiều. Cấu kiện chịu nén lệch tâm nhỏ khi $x > \alpha_o h_o$.

- Khi thiết kế, lúc đầu chưa biết giá trị của x có thể phân biệt hai trường hợp chịu nén lệch tâm như sau:

Lệch tâm lớn khi $e_o \geq e_{ogh}$, lệch tâm nhỏ khi $e_o < e_{ogh}$

$$e_{ogh} = 0,4(1,25h - \alpha_o h_o) \quad (9 - 3)$$

c) Ảnh hưởng của uốn dọc

Lực dọc đặt lệch tâm làm cho cấu kiện có chuyển vị khỏi vị trí ban đầu, kết quả là sự lệch tâm tăng. Gọi độ lệch ban đầu là e_o thì độ lệch tâm cuối cùng khi chịu lực là ηe_o ; hệ số $\eta \geq 1$ và được gọi là hệ số xét đến ảnh hưởng của uốn dọc:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{th}}} \quad (9 - 4)$$

N_{th} được xác định theo công thức thực nghiệm:

$$N_{th} = \frac{6,4}{l_o^2} \left(\frac{S}{k_{dh}} E_b J_b + E_a J_a \right) \quad (9-5)$$

Mô men quán tính chính trung tâm của tiết diện bê tông là J_b , nếu tiết diện chữ nhật $J_b = \frac{bh^3}{12}$.

Mô men quán tính của toàn bộ diện tích cốt thép dọc đối với trục đi qua trọng tâm tiết diện là J_a , với tiết diện chữ nhật :

$$J_a = \mu_t \cdot b h_o (0,5h - a)^2 \quad (9-6)$$

$$\mu_t = \frac{F_a + F'_a}{bh_o}$$

S: Hệ số kể đến ảnh hưởng của độ lệch tâm e_o , khi $e_o \leq 0,05h$ lấy $S = 0,84$.
khi $e_o > 5h$ lấy $S = 0,122$, khi $0,05 < e_o < 5h$ lấy

$$S = \frac{0,11}{0,1 + \frac{e_o}{h}} + 0,1 \quad (9-7)$$

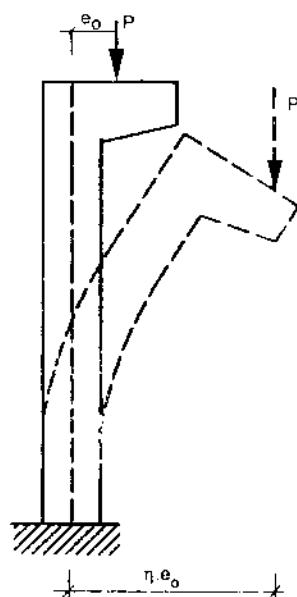
k_{dh} là hệ số kể đến tính chất dài hạn của tải trọng.

$$k_{dh} = 1 + \frac{M_{dh} + N_{dh} \cdot y}{M + N \cdot y} \quad (9-8)$$

y là khoảng cách từ trọng tâm tiết diện đến mép chịu kéo (hay chịu nén ít hơn) khi chịu toàn bộ mô men uốn M và lực nén N.

M_{dh} và N_{dh} : Mô men uốn và lực nén do riêng tải trọng tác dụng dài hạn gây ra. Khi tính toán phải lấy $k_{dh} \geq 1$.

Chú ý: Khi $\lambda \leq 28$ hoặc $\lambda_h \leq 8$ thì có thể bỏ qua uốn dọc, tức là lấy $\eta = 1$



Hình 9.6: Sự tăng độ lệch tâm khi bị uốn dọc

3. Tính toán cấu kiện có tiết diện chữ nhật chịu nén lệch tâm lớn

(Cấu kiện bị nén lệch tâm lớn khi $x \leq \alpha_o h_o$ hoặc $e_o \geq e_{ogh}$)

a) Công thức tính

- Sơ đồ ứng suất trên tiết diện giống như cấu kiện chịu uốn: Tiết diện có hai vùng chịu kéo và chịu nén rõ rệt. Chiều cao của vùng chịu nén là $x \leq \alpha_o h_o$.

Tại vùng chịu nén ứng suất trong bê tông đạt tới R_n , ứng suất trong cốt thép F'_a đạt R'_a .

Tại vùng chịu kéo coi như chỉ có cốt thép F_a chịu lực, đến trạng thái giới hạn, ứng suất trong cốt thép F_a đạt tới R_a .

Khoảng cách từ điểm đặt lực N đến trọng tâm cốt thép chịu kéo là

$$e = \eta e_o + 0,5h - a \quad (9-9)$$

- Phương trình cân bằng: Lập phương trình hình chiếu của các lực lên phương trực của cấu kiện và phương trình mô men của các lực đối với trọng tâm cốt thép F_a được hệ phương trình.

$$\begin{cases} N = R_n \cdot b \cdot x + R'_a F'_a - R_a F_a \\ e \cdot N = R_n \cdot b \cdot x (h_o - 0,5x) + R'_a F'_a (h_o + a') \end{cases} \quad (9-10)$$

$$(9-11)$$

- Đặt $\alpha = \frac{x}{h_o}$ và $A = \alpha(1 - 0,5\alpha)$ thay vào hệ phương trình sẽ được công thức tính.

$$\begin{cases} N = \alpha R_n \cdot b \cdot h_o + R'_a F'_a - R_a F_a \\ e \cdot N = A R_n b h_o^2 + R'_a F'_a (h_o - a') \end{cases} \quad (9-10)a$$

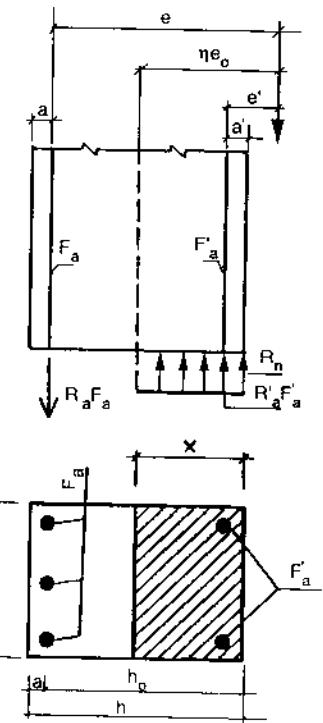
$$(9-11)a$$

- Điều kiện áp dụng: Công thức chỉ đúng khi $x \leq \alpha_o h_o$ tức là $\alpha \leq \alpha_o$ hoặc $A \leq A_o$.

Để ứng suất trong thép F'_a đạt đến R'_a cần có điều kiện $x \geq 2a'$, theo ký hiệu $\alpha > \frac{2a'}{h_o}$

b) Bài toán thường gặp

*Bài toán 1: Tính F'_a và F_a khi biết $b, h, l_o, M, N, M_{dh}, N_{dh}$, mác bê tông, nhóm thép.



Hình 9.7: Sơ đồ ứng suất để tính
cấu kiện chịu nén lệch tâm
lớn tiết diện chữ nhật

Giải:

Theo mác bê tông và nhóm thép tìm được $R_n, R_a, R'_a, E_a, E_b, \alpha_o, A_o$ giả thiết a và a' để tính $h_o = h - a$; Tính $\frac{2a'}{h_o}$; Tính $J_b = \frac{bh^3}{12}$, e_{ogh} , giả thiết $\mu_t = 0,8 - 1,5\%$ để tính $J_a = \mu_t bh_o (0,5 - a)^2$. Tính $e_{ot} = \frac{M}{N}$; e_o, e_{ng} .

Tính toán để xác định k_{dh}, S, η và được $e = \eta e_o + 0,5h - a$.

Tính thép: Hệ hai phương trình (9-10) và (9-11) chứa 3 ẩn số x, F_a, F'_a cho nên cần có thêm 1 điều kiện nữa. Ở đây dựa vào điều kiện kinh tế, đặt thép có lợi nhất khi $x = \alpha_o h_o$.

Vậy ta lấy $\alpha = \alpha_o; A = A_o$.

Theo công thức (9-11)a tính được $F'_a = \frac{e.N - A_o R_n b h_o^2}{R'_a (h_o - a')}$

Theo công thức (9-10)a tính được: $F_a = \frac{\alpha_o R_n b h_o - N}{R_a} + \frac{R'_a F'_a}{R_a}$

Phải kiểm tra hàm lượng thép để lấy sao cho $\mu \geq \mu_{min}; \mu' \geq \mu_{min}$.

*Bài toán 2: Tính F_a khi biết b, h, M, N, M_{dh}, N_{dh}, l_o , mác bê tông, nhóm thép, biết trước F'_a và a' .

Giải: Tìm số liệu tính: Theo mác bê tông và nhóm thép tìm ra được $R_n; E_b \alpha_o; A_o; R_a; R'_a$; giả thiết a để tính $h_o = h - a$; Tính $\frac{2a'}{h_o}$; Tính $J_b = \frac{bh^3}{12}$, Tính e_o giả thiết μ_t để tính $J_a = \mu_t bh_o (0,5 - a)^2$.

Tính toán xác định $k_{dh}; S; \eta$ và tính $e = \eta e_o + 0,5h - a; e' = e - h_o - a'$.

Theo công thức (9-11)_a tính $A = \frac{e.N - R'_a F'_a (h_o - a)}{R_n b h_o^2}$ rồi so sánh

Nếu $A > A_o$ thì F'_a còn nhỏ coi như chưa biết mà tính thép như bài toán 1 rồi đặt bổ sung cho đủ theo tính toán lại.

Nếu $A < A_o$ thì tra bảng ra α ; so sánh α với $\frac{2a'}{h_o}$:

Khi $\alpha > \frac{2a'}{h_o}$ thì $F_a = \frac{\alpha R_a b h_o - N}{R_a} + \frac{R'_a}{R_a} F'_a$

Khi $\alpha < \frac{2a'}{h_o}$ tức là $x < 2a'$ thì coi $x = 2a'$, lập phương trình mô men với trục đi qua trọng tâm cốt thép F'_a là: $e'N = R_a F_a (h_o - a')$ (9-12)

$$\text{Từ (9-12) rút ra } F_a = \frac{e'N}{R_a(h_o - a')}$$

*Bài toán 3: Tính và đặt thép đối xứng (F_a, F'_a) khi biết $b, h, l_o, M, N, M_{dh}, N_{dh}$, mác bê tông, nhóm thép.

Giải:

Tìm số liệu chính: $R_n, E_b, R_a, E_a, \alpha_o$ tính $e_o = \frac{M}{N}$, $e_o \dots$ Giả thiết a để tính $h_o = h - a$;

Giả thiết μ_t để tính J_a ; Sau đó tính k_{dh} ; S ; η . Tính $e = \eta e_o + 0,5h - a$; Tính $2a'$; Tính $\alpha_o h_o$.

Khi đặt thép đối xứng thường dùng một loại thép có $R_a = R'_a$. Theo công thức (9-10) rút ra $N = R_n b x$, nên $x = \frac{N}{R_n b}$.

Chỉ tính toán theo trường hợp lệch tâm lớn với $x < \alpha_o h_o$:

$$\text{Nếu } 2a' < x \leq \alpha_o h_o \text{ thì } F_a = F'_a = \frac{N(e - h_o + 0,5x)}{R'_a(h_o - a')}$$

$$\text{Nếu } 2a' > x \text{ sẽ tính theo (9-12), được } F'_a = F_a = \frac{e'N}{R'_a(h_o - a')}$$

4. Tính toán cấu kiện có tiết diện chữ nhật chịu nén lệch tâm bé

(Cấu kiện chịu nén lệch tâm bé khi $x > \alpha_o h_o$ hay $e_o < e_{ogh}$)

Công thức tính:

- Để tính toán, lấy sơ đồ ứng suất như hình (9-8): Tiết diện có thể chịu nén hoàn toàn hoặc có thể có một vùng chịu kéo nhỏ.

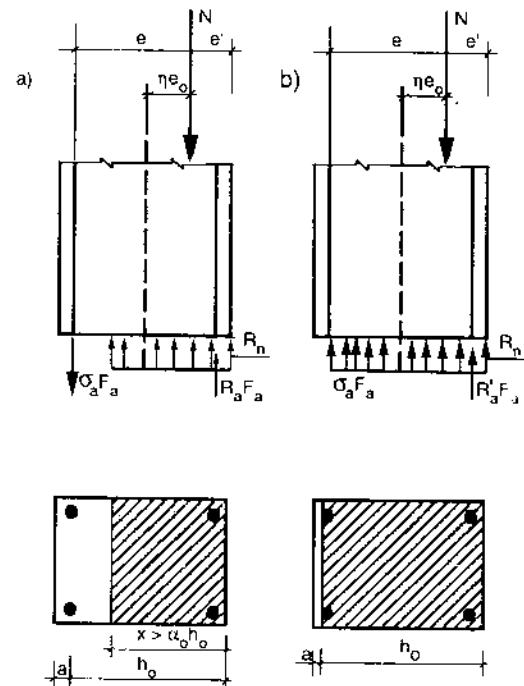
Trong vùng chịu nén, ứng suất ở bê tông đạt R_n , ứng suất ở cốt thép đạt R'_a . Trong vùng chịu kéo, ứng suất trong cốt thép F_a chỉ đạt σ_a (Với $\sigma_a \leq R_a$)

$$e = \eta e_o + 0,5h - a$$

$$e' = 0,5h - \eta e_o - a'$$

- Công thức tính:

Lập phương trình mômen với trọng tâm cốt thép F_a được



Hình 9.8: Sơ đồ ứng suất để tính cấu kiện chịu nén lệch tâm nhỏ

- a) Khi có 1 phần tiết diện bị kéo;
 b) Khi toàn bộ tiết diện bị nén;

$$e'.N = R_n bx (h_o - 0,5x) + R'_a F'_a (h_o - a) \quad (9-13)$$

Lập phương trình mômen với trọng tâm cốt thép F'_a được:

$$e'.N = R_n bx (0,5x - a') \pm \sigma_a F_a (h_o - a') \quad (9-14)$$

Trong công thức (9-14) lấy dấu cộng (+) khi cốt thép F_a chịu nén và lấy dấu trừ (-) khi cốt thép F_a chịu kéo.

- Điều kiện tính: Hệ công thức (9-13) và (9-14) chỉ đúng khi cấu kiện chịu nén lệch tâm bé: $x > \alpha_o h_o$

b) Bài toán thường gặp

*Bài toán 4:

Tính F_a và F'_a khi biết b ; h ; l_o ; R_a ; R'_a ; α_o ; M ; N ; M_{dh} ; N_{dh} ; R_n .

Giai:

Giả thiết a và a' , tính $h_o = h - a$; Tính e_o ; e_{ogh} ,

Lệch tâm bé khi $e_o < e_{ogh}$. Giả thiết μ để tính k_{db} ; S ; η ; e ; e' .

Bài toán có 4 ẩn số F_a , F'_a , x , σ_a . Xác định x bằng biểu thức gần đúng

$$\text{Khi } \eta e_o \leq 0,2h_o \text{ thì } x = h - (1,8 + \frac{0,5h}{h_o} - 1,4\alpha_o)\eta e_o \quad (9-15)$$

$$\text{Khi } \eta e_o > 0,2h_o \text{ thì } x = 1,8(e_{ogh} - \eta e_o) + \alpha_o h_o \quad (9-16)$$

$$\text{Phải lấy } x > \alpha_o h_o. \text{ Biết } x \text{ tính được } F'_a = \frac{e'N - R_n bx(h_o - 0,5x)}{R'_a (h_o - a')}$$

Tính toán cốt thép F_a phụ thuộc độ lệch tâm.

Khi $e_o \geq 0,15h_o$ lấy F_a theo cấu tạo.

Khi $e_o < 0,15h_o$ thì F_a chịu nén với ứng suất đáng kể và được tính theo công thức

$$F_a = \frac{e'N - R_n bx(0,5x - a)}{\sigma_a (h_o - a')}.$$

$$\text{Ứng suất trong cốt thép } \sigma_a = \left(1 - \frac{\eta e_o}{h_o}\right) R'_a$$

*Bài toán 5: Tính cốt thép đối xứng $F_a = F'_a = ?$ nếu biết b ; h ; l_o ; R'_a ; R_n ; α_o ; M ; N ; M_{dh} ; N_{dh} .

Giải:

Giả thiết a và μ , để tính h_o , e_o , e_{sg} , S, η , e.

Thường dùng thép có $R_a = R'_a$ cho nên tính được $x = \frac{N}{R_n b}$

Nếu $x > \alpha_o h_o$ thì căn cứ vào ηe_o so với $0,2h_o$ để tính lại x theo công thức (9-15) hoặc (9-16) và tính được $F_a = F'_a = \frac{eN - R_a bx(h_o - 0,5x)}{R'_a (h_o - a')}$

Phải kiểm tra lại hàm lượng thép sao cho $\mu \geq \mu_{min}$.

Thí dụ 9-2: Tính cốt thép cho cột BTCT đúc tại chõ có tiết diện $b = 30\text{cm}$, $h = 50\text{cm}$, bê tông mác M200, thép dọc chịu lực nhóm A-II, chịu lực nén $N = 700\text{ KN}$, mô men uốn $M = 180\text{KNm}$, chiều dài tính toán $l_o = 4\text{m}$.

Giải:

Với bê tông mác M200 và thép chịu lực nhóm A-II có $R_n = 0,9\text{KN/cm}^2$

$R_a = R'_a = 28\text{KN/cm}^2$, $\alpha_o = 0,62$, $A_o = 0,428$, giả thiết $a = a' = 4\text{cm}$ thì $h_o = 46\text{cm}$, $\frac{2a'}{h_o} = \frac{2.4}{46} = 0,174$, $\frac{h}{25} = \frac{50}{25} = 2\text{cm}$, cột đúc tại chõ $m_b = 0,85$.

Tỷ số $\frac{l_o}{h} = \frac{400}{50} = 8 \rightarrow$ thấy $\frac{l_o}{h} \leq 8$ cho nên lấy $\eta = 1$

Độ lệch tâm $e_{o1} = \frac{M}{N} = \frac{18000}{700} = 25,7\text{cm}$

Lệch tâm ngẫu nhiên $e_{ng} \geq \frac{h}{25} = 2\text{cm}$ cho nên lấy $e_{ng} = 2\text{cm}$.

$$e_o = e_{o1} + e_{ng} = 25,7 + 2 = 27,7\text{cm.}$$

Độ lệch tâm giới hạn $e_{ogh} = 0,4(1,25h - \alpha_o h_o) = 0,4(1,25.50 - 0,62.46) = 13,6\text{cm}$ vì $e_o > e_{ogh}$ nên tính toán theo nén lệch tâm lớn.

$$e = \eta e_o + \frac{h}{2} - a = 1,27,7 + \frac{50}{2} - 4 = 48,7\text{cm}$$

$$\text{Tính } F'_a \geq \frac{e.N = A_o R_n b h_o^2}{R'_a (h_o - a')} = \frac{48,7.700 - 0,428.0,85.0,9.30.46^2}{28(46 - 4)} = 1\text{cm}^2$$

$$\mu' = \frac{11}{30.46}.100\% = 0,8\% > \mu'_{min}$$

$$\text{Tính } F_a \geq \frac{\alpha_o R_n b h_o - N}{R_a} + \frac{R'_a F'_a}{R_a} = \frac{0,62.0,85.0,9.30.46 - 700}{28} + \frac{28}{28}11 = 18,8\text{cm}^2$$

Chọn thép:

Thép chịu nén lấy $3\phi 22$, ($F_a = 11,4 \text{cm}^2$)

Thép chịu kéo lấy $5\phi 22$, ($F_a = 19 \text{cm}^2$)

Cạnh tiết diện $h > 40\text{cm}$, vậy chọn thép cốt tạo $2\phi 12$.

Thép đai chọn $\phi 6$, $u = 250$ (có cả đai chính và đai phụ).

Thí dụ 9-3: Tính thép đối xứng ($F_a = F'_a$) cho cột lắp ghép bằng BTCT mác M200 có $b = 40\text{cm}$, $h = 60\text{cm}$, $l_o = 7,8\text{m}$, thép dọc chịu lực thuộc nhóm A-II. Chịu lực nén $N = 960\text{KN}$, trong đó $N_{dh} = 613\text{ KN}$, mô men uốn $M=260\text{ KNm}$, trong đó $M_{dh}=120\text{KN m}$.

Giải:

Với bê tông mác M200, thép chịu lực nhóm A-II: có $\alpha_o = 0,62$, $A_o = 0,428$,

$R_n = 0,9\text{KN/cm}^2$; $E_b = 24.10^2 \text{KN/cm}^2$; $R_a = R'_a = 28 \text{KN/cm}^2$,

$E_a = 21.10^2 \text{KN/cm}^2$. Giả thiết $a = a' = 4\text{cm}$ thì $h_o = 60 - 4 = 56\text{cm}$,

$$\frac{h}{25} = \frac{60}{25} = 2,4 \text{ cm}; e_{o1} = \frac{M}{N} = \frac{26000}{960} = 27\text{cm};$$

lấy $e_{ong} = 2,4\text{cm}$ thì $e_o = 27 + 2,4 = 29,4\text{cm}$.

Tính độ mảnh theo cạnh $\frac{l_o}{h} = \frac{780}{60} = 13 > 8$ nên phải tính η .

với $\frac{e_o}{h} = \frac{29,4}{60} = 0,49$ như vậy $0,05 < \frac{e_o}{h} < 5$ nên $S = \frac{0,11}{0,1 + 0,49} + 0,1 = 0,286$

$$k_{dh} = 1 + \frac{M_{dh} + N_{dh} \cdot y}{M + N \cdot y} = 1 + \frac{120 + 613 \cdot 0,3}{260 + 960 \cdot 0,3} = 1,555$$

Theo kích thước tiết diện lẩy $J_b = \frac{40.60^3}{12} = 720000\text{cm}^4$

Giả thiết $\mu_t = 1\% = 0,01$ thì $J_a = 0,01 \cdot 40 \cdot 56 \cdot (30 - 4)^2 = 15140\text{cm}^4$

$$N_{th} = \frac{6,4}{l_o^2} \left(\frac{S}{k_{dh}} E_b J_b + E_a J_a \right) = \frac{6,4}{780^2} \left(\frac{0,286}{1,555} \cdot 24 \cdot 10^2 \cdot 720000 + 21 \cdot 10^2 \cdot 15140 \right) = 7850\text{KN}$$

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{th}}} = \frac{1}{1 - \frac{960}{7850}} = 1,139$$

$$e = \eta e_o + 0,5h - a = 1,139 \cdot 29,4 + 0,5 \cdot 60 = 59,5\text{cm}.$$

$$\alpha_o h_o = 0,62 \cdot 56 = 34,7\text{cm}, 2a' = 2,4 = 8\text{cm}.$$

$$\text{Khi đặt thép đối xứng } x = \frac{N}{R_n \cdot b} = \frac{960}{0,9 \cdot 40} = 26,6\text{cm}$$

Vì $x < \alpha_o h_o$ cho nên tính cột theo trường hợp lệch tâm lớn.

Vì $x > 2a'$ nên tính

$$F_a = F'_a = \frac{N(e - h_o + 0.5x)}{R'_a (h_o - a')} = \frac{960(59.5 - 56 + 0.5 \cdot 26.6)}{28(56 - 4)} = 11 \text{cm}^2$$

$$\text{Hàm lượng thép } \mu = \mu' = \frac{11}{40.56} \cdot 100\% = 0,495\%$$

$$\mu_t = \mu + \mu' + 0,99\% = 1\% \text{ như giả thiết.}$$

Chọn thép: Thép F'_a chọn 3φ22

Thép F_a chọn 3φ22

Vì $h > 40\text{cm}$, chọn thép cấu tạo 2φ12.

Thép đai chọn 3φ6, $u = 300\text{mm}$.

Thí dụ 9-4: Tính cốt thép cho cột BTCT lắp ghép có $l_o = 3,96\text{m}$, $b=35\text{cm}$, $h = 50\text{cm}$ làm bằng bê tông mác M200, thép dọc nhóm A-II. Chịu lực nén $N = 2000\text{KN}$, và $M = 60 \text{KNm}$.

Giải:

Với bê tông M200 có: $R_n = 0,9 \text{ KN/cm}^2$, thép dọc nhóm A-II có $R_a = R'_a = 28 \text{ KN/cm}^2$. Kết hợp có $\alpha_o = 0,62$; $A_o = 0,428$

Giả thiết $a = a' = 4\text{cm}$ thì $h_o = 50 - 4 = 46\text{cm}$; $\alpha_o h_o = 0,62 \cdot 46 = 28,5\text{cm}$.

$$0,15h_o = 0,15 \cdot 46 = 6,9\text{cm}; 0,2h_o = 0,2 \cdot 46 = 9,2\text{cm}.$$

$$\text{Lệch tâm } e_{o1} = \frac{M}{N} = \frac{6000}{2000} = 3\text{cm}; \frac{h}{25} = \frac{50}{25} = 2\text{cm} = e_{ng}$$

$$e_o = e_{o1} + e_{ng} = 3 + 2 = 5\text{cm}.$$

$$\text{Độ mảnh } \frac{l_o}{h} = \frac{396}{50} = 7,92 < 8 \text{ cho nên lấy } \eta = 1.$$

$e_{ogn} = 0,4(1,25h - \alpha_o h_o) = 0,4(1,25 \cdot 50 - 0,62 \cdot 46) = 13,6\text{cm} > e_o$ cho nên tính cột theo
nén lệch tâm bé.

$$\eta \cdot e_o = 1,5 = 5\text{cm}; e = \eta \cdot e_o + \frac{h}{2} - a = 1,5 + 25 - 4 = 26\text{cm}.$$

$$e' = \frac{h}{2} - \eta \cdot e_o - a' = 25 - 1,5 - 4 = 16\text{cm}$$

$$\text{Do } \eta \cdot e_o < 0,2h_o \text{ nên: } x = h - (1,8 + \frac{0,5h}{h_o} - 1,4\alpha)\eta e_o$$

$$= 50 - (1,8 + \frac{25}{46} - 1,4 \cdot 0,62)5 = 42\text{cm}$$

Thấy $x > \alpha_o h_o$ thoả mãn điều kiện theo nén lệch tâm bé.

$$\text{Tính } F'_a = \frac{e \cdot N - R_n \cdot b \cdot x (h_o - 0,5x)}{R'_a (h_o - a')} = \frac{26.2000 - 0,9.35.42,6(46 - \frac{42,6}{2})}{28(46 - 4)} = 16 \text{cm}^2$$

$$\text{Vì } e_o < 0,15h_o \text{ nên tính } \sigma_a = \left(1 - \frac{\eta \cdot e_o}{h_o}\right) R_a = \left(1 - \frac{5}{46}\right) 28 = 24,96 \text{KN/cm}^2$$

Diện tích thép:

$$F_a = \frac{e'N - R_n bx(0,5x - a')}{\sigma_a (h_o - a')} = \frac{16.2000 - 0,9.35.42,6(21,3 - 4)}{24,96(46 - 4)} = 8,38 \text{cm}^2$$

$$\text{Hàm lượng } \mu = \frac{8,38}{35,46} \cdot 100\% = 0,5\% > \mu_{\min}; \mu' > \mu \text{ nên } \mu' > \mu_{\min}.$$

Chọn thép: F'_a chọn 2φ22 + 3φ20.

F_a chọn 3φ20.

Tiết diện có $h > 400\text{mm}$ phải chọn thép cấu tạo 2φ12

Thép đai chọn φ6, u=300

§9-3. CẤU KIỆN CHỊU KÉO ĐÚNG TÂM

1. Khái niệm

Hiện tượng chịu kéo đúng tâm xảy ra khi lực kéo đặt trùng với trục cấu kiện. Tiết diện của cấu kiện thường có dạng chữ nhật và tròn.

Cốt thép chịu lực (có tổng diện tích ngang là F_{at}) được đặt đối xứng theo trục của tiết diện, hàm lượng $\mu_i = \frac{F_{at}}{F} \geq 0,4\%$. Cốt thép dọc phải được nối bằng hàn (có tính toán) và tốt nhất là neo vào vùng nén của bộ phận khác thuộc kết cấu.

Cốt thép đai chọn φ6 ÷ φ8 cách nhau dưới 500mm.

2. Tính toán cấu kiện chịu kéo đúng tâm theo cường độ

- Sơ đồ ứng suất: Toàn bộ tiết diện đều chịu kéo. Bê tông bị nứt coi như không làm việc, nó chỉ có ý nghĩa bảo vệ cốt thép. Cốt thép dọc chịu toàn bộ ứng lực kéo. Khi cấu kiện ở vào trạng thái giới hạn về cường độ, ứng suất trong cốt thép đạt tới R_a .

- Công thức tính: Gọi lực kéo do tải trọng tính toán là N thì điều kiện cường độ là

$$N \leq R_a F_{at} \quad (9-17)$$

- Bài toán tính cốt thép: Diện tích cốt thép cần thiết $F_{at} \geq \frac{N}{R_a}$.

Chương 10

TÍNH TOÁN MỘT SỐ BỘ PHẬN CỦA CÔNG TRÌNH

§10-1. BẢN BTCT HÌNH CHỮ NHẬT MỘT NHỊP

Bản BTCT một nhịp thường dùng làm một số cấu kiện chịu uốn trong công trình như: Các tấm đan, các mái hắt, sàn của các phòng nhỏ, các mái nhà nhỏ...

Tuỳ theo sơ đồ chịu lực và kích thước cụ thể của bản mà người ta quy nó về một trong hai loại bản: Bản làm việc một chiều và bản làm việc hai chiều.

1. Tính toán bản làm việc một chiều

a) Sơ đồ tính

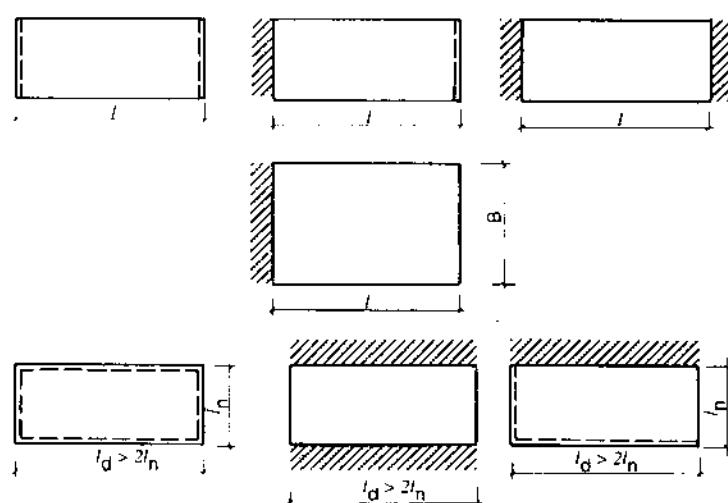
- Phân biệt liên kết trên các cạnh của bản theo ký hiệu sau:

_____ : Cạnh của bản có liên kết khớp.

||||| : Cạnh của bản có liên kết ngầm

— : Cạnh của bản tự do (hỗn, không có liên kết).

- Bản được tính toán làm việc 1 chiều khi chỉ có mô men uốn theo 1 phương của bản, hoặc khi xuất hiện mô men uốn theo cả 2 phương nhưng mômen uốn theo phương này lớn hơn hẳn mô men uốn theo phương kia. Khi tính toán không kể đến mô men uốn nhỏ (thực tế có đặt thép cầu tạo để chịu mô men nhỏ này). Cụ thể có 3 trường hợp bản làm việc 1 chiều như sau:



Hình 10.1: Sơ đồ một số bản làm việc một chiều

Trường hợp 1: Bản chỉ có liên kết đỡ 2 cạnh đối diện nhau, còn 2 cạnh kia tự do. Lúc này phương làm việc của bản là phương nối 2 cạnh có liên kết đỡ. Bản làm việc như một dầm nhịp l , chiều rộng tiết diện là B , chiều cao tiết diện bằng chiều dày của bản h_b .

Trường hợp 2: Bản có liên kết ngầm ở 1 cạnh còn 3 cạnh kia hẵng. Lúc này bản làm việc như một dầm côngxôn có nhịp l , tiết diện có chiều rộng là B , chiều cao là h_b .

Trường hợp 3: Bản có liên kết ở 4 cạnh theo chu vi nhưng tỉ số $\frac{l_d}{l_n} > 2$, (l_d : kích thước cạnh dài, l_n : Kích thước cạnh ngắn). Kết quả nghiên cứu và tính toán cho thấy khi $\frac{l_d}{l_n} > 2$ thì có mô men uốn theo cả 2 phương, nhưng mô men uốn theo phương cạnh dài có trị số nhỏ hơn hẳn so với mô men uốn theo phương cạnh ngắn. Do bỏ qua mô men nhỏ mà bản này được tính theo kiểu làm việc một chiều. Tính bản này như dầm có nhịp l_n , tiết diện dầm là chữ nhật có chiều rộng là l_d và chiều cao là h_b .

b) Cách tính toán bản

Nội dung chính của việc tính toán bản là xác định mô men uốn rồi thiết kế đặt cốt thép trong đó cho hợp lý. Có hai phương pháp tính.

- Phương pháp thứ nhất: Như đã trình bày trong sơ đồ tính. Bản làm việc như một dầm có nhịp tính toán là chiều dài cạnh theo phương làm việc (l_d hoặc l_n trên hình 10-1). Dầm này có tiết diện chữ nhật, chiều rộng tiết diện bằng cạnh của bản theo phương không làm việc (l_d hoặc B). Chiều cao tiết diện là h_b .

- Phương pháp thứ hai: (Tính theo dải bản). Nếu tưởng tượng chia bản thành từng dải song song với nhau theo phương làm việc thì các dải bản này làm việc giống nhau. Mỗi dải bản làm việc như một dầm chịu các lực ngay trên dải đó. Khi tính toán được thép cho một dải bản thì thép ở dải bản kia cũng được đặt tương tự như thép được đặt trong dải bản đã tính. Để đơn giản tính toán người ta tưởng tượng tách 1 dải bản rộng 1m tính toán nội lực và tìm ra quy luật đặt thép. Sau đó căn cứ vào quy luật đặt thép này mà bố trí cho toàn ô bản.

Có bảng tra diện tích cốt thép tương đương trên 1m khi thép đặt theo lưới (Bảng 26).

Thí dụ 10-1: Thiết kế cốt thép cho bản BTCT đúc toàn khối, bản hình chữ nhật $l_d = 3m$, $l_n = 1,4m$ cả 4 cạnh đều được gối khớp lên tường gạch dày 220mm, chiều dày bản $h_b = 7cm$. Vật liệu chế tạo là bê tông mác M200, cốt thép nhóm A-I. Tải trọng phân bố đều trên bề mặt bản gồm: Tính tải tiêu chuẩn $g_o^t = 8KN/m^2$, hệ số vượt tải 1,1. Hoạt tải tiêu chuẩn $p_o^t = 2KN/m^2$, hệ số vượt tải 1,4.

Giải: Lập sơ đồ tính của bản này theo hình (10.2).

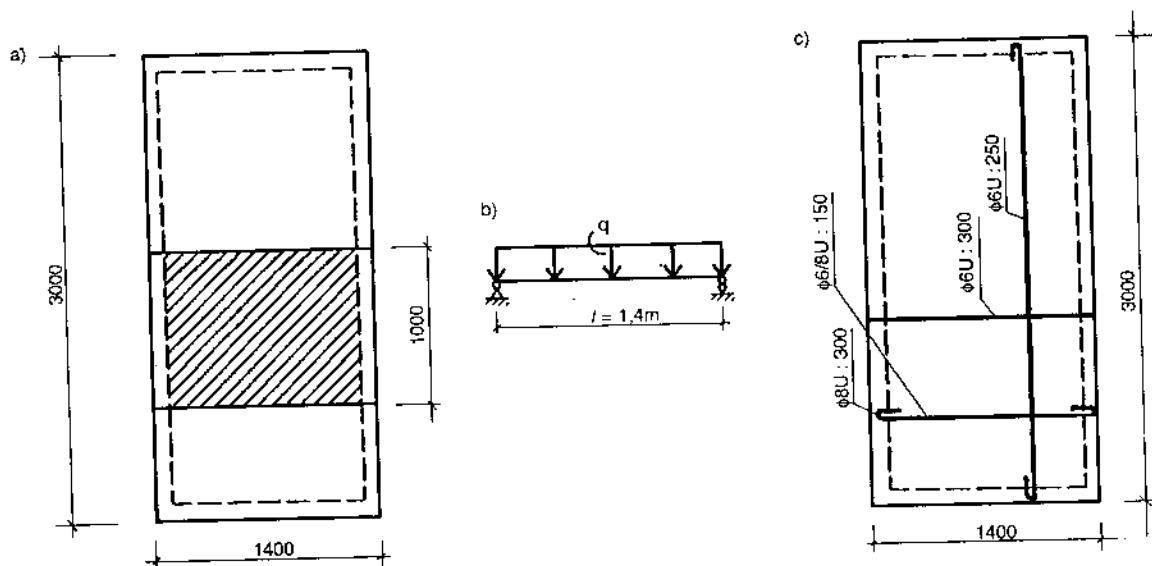
Bê tông mác M200, thép loại A-I có $R_n = 0,9 KN/cm^2$, $R_a = 23 KN/cm^2$, $\alpha_n = 0,62$, $A_o = 0,248$, giả thiết $a = 1,5cm$ thì $h_o = 7 - 1,5 = 5,5cm$.

Tải trọng tính toán phân bố đều trên bề mặt của bản là q_o .

$$q_o = 8.1,1 + 2.1,4 = 11,6 \text{ KN/m}^2.$$

Phân tích sơ đồ: Tỷ số $\frac{l_d}{l_n} = \frac{3}{1,4} = 2,15 > 2$ cho nên mặc dù bản này có liên kết cá ở 4

cạnh nhưng vẫn tính toán theo trường hợp bản làm việc một chiều.



Hình 10.2: Sơ đồ tính toán và bố trí thép cho ví dụ 10-1
a) Sơ đồ bản; b) Sơ đồ tính dải bản ; c) Bố trí thép

Tính toán dải bản: Giả sử tách ra một dải bản rộng 1m theo phương làm việc (phương cạnh ngắn), dải này làm việc như dầm đơn giản, nhịp $l = 1,4 \text{ m}$, tiết diện chữ nhật $1\text{m} \times h_b$. Tải trọng quy về phân bố đều theo dải bản là $q = q_o \cdot 1\text{m} = 11,6 \cdot 1 = 11,6 \text{ KN/m}$.

Mô men lớn nhất ở giữa nhịp và cảng thứ dưới

$$M = \frac{q l^2}{8} = \frac{11,6 \cdot 1,4^2}{8} = 2,84 \text{ KNm},$$

$$\text{Tính } A = \frac{284}{0,9 \cdot 100 \cdot 5,5^2} = 0,104 < A_o \text{ Tra bảng } \alpha = 0,11;$$

$$\text{Diện tích cốt thép cần thiết } F_a = 0,11 \cdot \frac{0,9}{23} \cdot 100 \cdot 5,5 = 2,37 \text{ cm}^2;$$

Tra bảng chọn thép theo quy luật $\phi 6/8 \text{ u:150}$ (có $F_a = 2,62 \text{ cm}^2/\text{m}$). Thép cấu tạo chọn $\phi 6 \text{ u: 250}$.

2. Tính toán bản kê 4 cạnh (làm việc theo hai chiều)

a) Sơ đồ tính

- Toàn bộ sàn là 1 bản phẳng có liên kết cả 4 cạnh theo chu vi nhưng tỷ số $\frac{l_d}{l_n} < 2$.

Trường hợp này trị số mô men theo 2 phương chênh lệch nhau không nhiều và không thể bỏ qua. Bản như vậy được tính theo làm việc 2 chiều.

- Để tính toán bản theo hệ đàn hồi, người ta căn cứ vào hình thức liên kết dọc theo các cạnh của bản mà quy nó về 9 sơ đồ sau:

Sơ đồ 1: Cả 4 cạnh của bản đều có liên kết khớp.

Sơ đồ 2: Bản có 1 cạnh dài bị ngầm còn 3 cạnh có liên kết khớp.

Sơ đồ 3: Bản có 1 cạnh ngắn bị ngầm còn 3 cạnh có liên kết khớp.

Sơ đồ 4: Bản có 2 cạnh dài bị ngầm còn 2 cạnh ngắn có liên kết khớp.

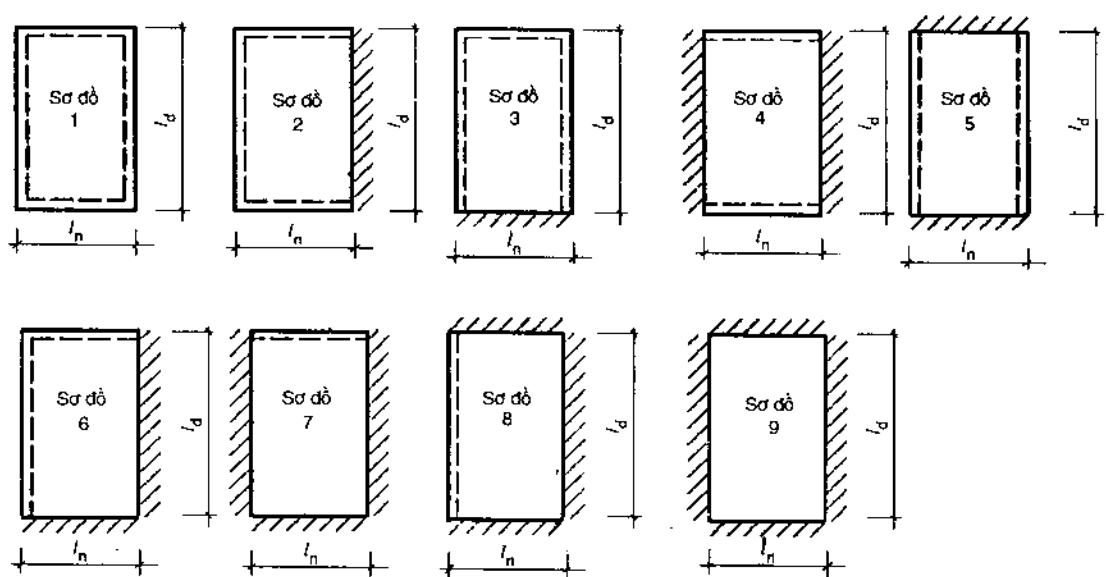
Sơ đồ 5: Bản có 2 cạnh ngắn bị ngầm còn 2 cạnh dài có liên kết khớp.

Sơ đồ 6: Bản có 1 cạnh ngắn và 1 cạnh dài bị ngầm, 2 cạnh còn lại liên kết khớp.

Sơ đồ 7: Bản có 1 cạnh ngắn liên kết khớp 3 cạnh còn lại liên kết ngầm

Sơ đồ 8: Bản có 1 cạnh dài liên kết khớp 3 cạnh còn lại liên kết ngầm

Sơ đồ 9: Tất cả 4 cạnh của bản có liên kết ngầm.



Hình 10-3: Các sơ đồ tính bản kê 4 cạnh

b) Cách tính khi tải trọng phân bố đều trên mặt bản

- Tải trọng tính toán gồm: Tải trọng ngắn hạn và tải trọng dài hạn.

Gọi p : Tải trọng tính toán đặt ngắn hạn phân bố đều trên mặt bản.

g: Tải trọng tính toán đặt dài hạn phân bố trên mặt bản

$$\text{Hợp lực của tổng tải trọng là } P = (g + p)l_d l_n \quad (10 - 1)$$

- Mô men uốn: Có mô men uốn theo cả hai phương, khi tính toán dùng bảng tra sẵn để xác định mô men uốn cho dải bản rộng một mét. Mô men ở nhịp của dải bản theo phương cạnh ngắn là M_{ni}

$$M_{ni} = \alpha_{ni} P \quad (10 - 2)$$

Mô men ở nhịp của dải bản theo phương cạnh dài là M_{di}

$$M_{di} = \alpha_{di} P \quad (10 - 3)$$

Mô men ở gối đỡ ngầm của dải bản theo phương cạnh ngắn là M^e_{ni}

$$M^e_{ni} = \beta_{ni} p \quad (10 - 4)$$

Mô men ở gối đỡ ngầm của dải bản theo phương cạnh dài là M^e_{di}

$$M^e_{di} = \beta_{di} p \quad (10 - 5)$$

Trong đó:

'i' : Số đồ thứ 'i', lấy cụ thể 1 trong 9 trường hợp theo hình (10-3)

α_{ni} , α_{di} , β_{ni} , β_{di} là các hệ số tra bảng theo sơ đồ thứ 'i'

c) Chú ý

+ Trường hợp hai cạnh liền nhau của bản chịu liên kết khớp (như sơ đồ 1,2,3,6) việc tính mô men cho nhịp của dải bản phụ thuộc vào điều kiện góc của bản có thể bị nâng lên khi chịu lực hay không.

- Nếu trên cạnh khớp có tường đè hay vành cứng giữ làm cho góc bản không thể nâng lên được thì tính mô men uốn như phần 'b' đã trình bày ở trên.

- Nếu cạnh khớp không có tường đè hay vành cứng giữ khi chịu lực góc bản có thể bị nâng lên (như ở sơ đồ 1,2,3,6) mô men cho nhịp của bản được tính theo công thức sau:

$$M_{ni} = \varphi_n C_{ni} q l_n^2 \quad (10 - 6)$$

$$M_{di} = \varphi_d C_{di} q l_d^2 \quad (10 - 7)$$

Trong đó: $q = g + p$

C_{ni} và C_{di} : Hệ số phân phối tải trọng, (giá trị tra theo bảng 30)

φ : Là hệ số kể đến điều kiện liên kết

- Đối diện với cạnh khớp đang xét là 1 cạnh khớp nữa: $\phi = 0,125$
- Đối diện với cạnh khớp đang xét là 1 cạnh ngầm: $\phi = 0,07$
- + Sau khi biết mô men uốn: tính thép cho dải bänder theo cách tính thông thường đã biết.

Mô men uốn tính theo công thức vừa nêu là của dải bänder đi qua giữa ô bänder, thực tế các dải bänder gần biên, mô men uốn của nhịp giảm đi 25% ÷ 50%. Do vậy cốt thép chịu lực đặt trong vùng gần gối tựa (khoảng gần 0,25l) có thể ít hơn so với lượng cốt thép đặt ở khoảng giữa bänder.

Thí dụ 10-2: Tính mô men uốn cho bản chịu lực phân bố đều như hình (10-4) với $g = 5\text{KN/m}^2$, $p = 3\text{KN/m}^2$

Giải:

$$\text{- Tỷ số } \frac{l_d}{l_n} = \frac{2,4}{2} = 1,2 < 2$$

$$\rightarrow \text{Tỷ số } \frac{l_d}{l_n} < 2 \text{ cho nên tính bản này theo trường}$$

hợp làm việc 2 chiều.

Đối chiếu với sơ đồ tính : Bản này thuộc sơ đồ 4.

$$\text{Tra bảng được } \alpha_{n4} = 0,0261; \alpha_{d4} = 0,0118; \beta_{n4} = 0,0633$$

$$P = (g + p) l_d l_n = (5 + 3) 2,4.2 = 38,4 \text{ KN.}$$

Mô men cho dải bänder rộng 1m đi qua giữa ô bänder là :

$$\text{Phương cạnh ngắn } M_{n4} = \alpha_{n4} P = 0,0261.38,4 = 1\text{KNm}$$

$$\text{Phương cạnh dài } M_{d4} = \alpha_{d4} P = 0,0118.38,4 = 0,453\text{KNm}$$

Thí dụ 10-3

Tính mô men cho bản BTCT có sơ đồ như hình vẽ (10.5), phía trên cạnh khớp không có tường giữ

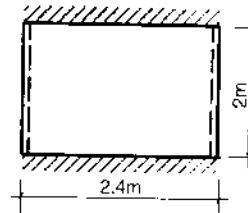
$$\begin{aligned} \text{Tải trọng tính toán: } g &= 3,6 \text{ KN/m}^2, \\ p &= 4,2 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Giải:

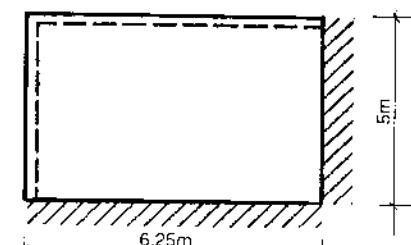
$$\text{Tỷ số: } \frac{l_d}{l_n} = \frac{6,25}{5} = 1,25 < 2$$

Bản làm việc theo hai chiều, theo sơ đồ 6; trên cạnh khớp không có tường giữ nên góc A của bản có thể bị nâng lên khi chịu lực.

-Theo sơ đồ 6 tra bảng được $\beta_{n6} = 0,071; \beta_{d6} = 0,0454;$



Hình 10.4: Sơ đồ bản
ở ví dụ 10-2



Hình 10.5: Sơ đồ bản
ở ví dụ 10-3

-Góc bản có thể bị nâng lên, tra bảng ta được: $C_{n6} = 0,708$; $C_{d6} = 0,292$

Đối diện với các cạnh khớp đều là ngầm nên: $\varphi_{n6} = 0,07$; $\varphi_{d6} = 0,07$

$$q = (g + p) = 3,6 + 4,2 = 7,8 \text{ KN/m}^2$$

$$P = (g + p)l_d l_n = 7,8 \cdot 6,25 \cdot 5 = 244 \text{ KN};$$

Mô men uốn cho dải bản rộng 1m đi qua giữa ô bản :

$$M_{n6} = \varphi_n C_{n6} q l_n^2 = 0,07 \cdot 0,708 \cdot 5^2 = 9,78 \text{ KNm}$$

$$M_{d6} = \varphi_d C_{d6} q l_d^2 = 0,07 \cdot 0,292 \cdot 7,8 \cdot 6,25^2 = 6,22 \text{ KNm}$$

$$M_{n6}^g = -\beta_{n6} P = -0,071 \cdot 224 = -17,3 \text{ KNm}$$

$$M_{d6}^g = -\beta_{d6} P = -0,0454 \cdot 224 = -11,1 \text{ KNm}.$$

§10.2. SÀN BTCT ĐÚC TOÀN KHỐI CÓ BẢN LÀM VIỆC MỘT CHIỀU

1. Sơ đồ kết cấu sàn

Sàn gồm có bản và dầm (sườn) đúc bê tông liền khối với nhau. Tùy theo kích thước công trình mà bố trí hệ dầm: Có thể chỉ bố trí một loại dầm song song với nhau, có thể bố trí hai loại dầm đặt vuông góc với nhau.

Khi có dầm, toàn bộ sàn chia làm nhiều ô bản, trong mỗi ô có cạnh dài là l_d và cạnh ngắn là l_n .

Ô bản được tính là làm việc một chiều nếu $\frac{l_d}{l_n} > 2$

Trường hợp có hai hệ dầm đặt vuông góc với nhau thì dầm nằm theo cạnh dài của ô bản là dầm phụ, dầm nằm theo cạnh ngắn của ô bản là dầm chính.

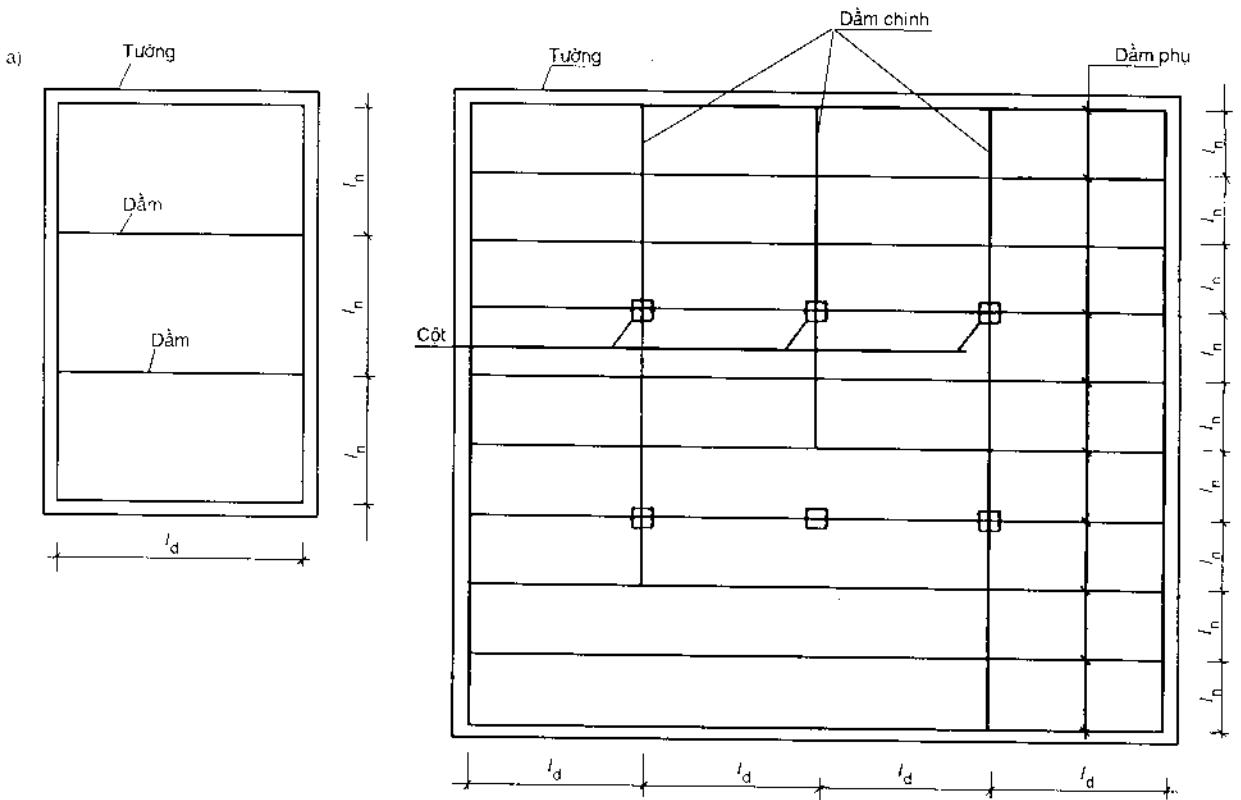
Sơ đồ tính: Coi như bản chỉ gối lên dầm phụ, dầm phụ gối lên dầm chính, dầm chính gối lên cột. Tuy nhiên còn tường biên là gối đỡ cho cả bản, dầm phụ và dầm chính.

Kích thước các bộ phận: Chiều dày bản là h_b lấy tùy theo công trình. Nhà dân dụng $h_b >= 70 \text{ mm}$, sàn có xe chạy phía trên lấy $h_b > 100 \text{ mm}$. Dầm phụ có chiều rộng b_{dp} , chiều cao h_{dp} , thông thường $h_{dp} = (\frac{1}{12} \div \frac{1}{20}) l_d$ và $b_{dp} = (0,3 \div 0,6) h_{dp}$. Dầm chính có chiều rộng b_{dc} ; thông thường $h_{dc} = (\frac{1}{8} \div \frac{1}{12})$ nhịp của nó.

2. Tính toán

a) Nguyên tắc bố trí hoạt tải bất lợi.

Biết rằng nội lực trong kết cấu phụ thuộc vào sơ đồ tính và tải trọng. Tải trọng gồm có tĩnh tải và hoạt tải, trong đó hoạt tải có thể có mặt hoặc không có mặt trên công



Hình10.6: Sơ đồ sàn BTCT toàn khối;
a) Có 1 loại đầm; b) Có 2 loại đầm

trình. Khi thiết kế phải tính đến trường hợp tải trọng gây ra trị số nội lực lớn cho các tiết diện, muốn vậy phải bố trí hoạt tải vào các vị trí bất lợi, khi bố trí có thể dựa vào các nguyên tắc sau:

- **Nguyên tắc 1:** Tính tải được giữ nguyên vị trí và trị số
- **Nguyên tắc 2:** Muốn tìm mô men dương (căng thớ dưới) lớn nhất cho nhịp nào thì hoạt tải được bố trí ngay trên nhịp ấy rồi tiếp tục cứ cách một nhịp lại bố trí hoạt tải trên một nhịp.
- **Nguyên tắc 3:** Khi muốn tìm trị số lực cắt và mô men âm (căng thớ trên) lớn nhất cho gối đỡ nào thì hoạt tải được bố trí ở hai nhịp ngay hai bên gối đỡ ấy rồi tiếp tục cứ cách một nhịp lại bố trí hoạt tải trên một nhịp

b) Tính toán và cấu tạo bản

- Khi $\frac{l_d}{l_n} > 2$ thì bản làm việc một chiều, phương làm việc là cạnh ngắn. Coi bản chỉ gác lên đầm phụ nhưng bản được đúc liền nhau nên phải tính chung theo một dải bản

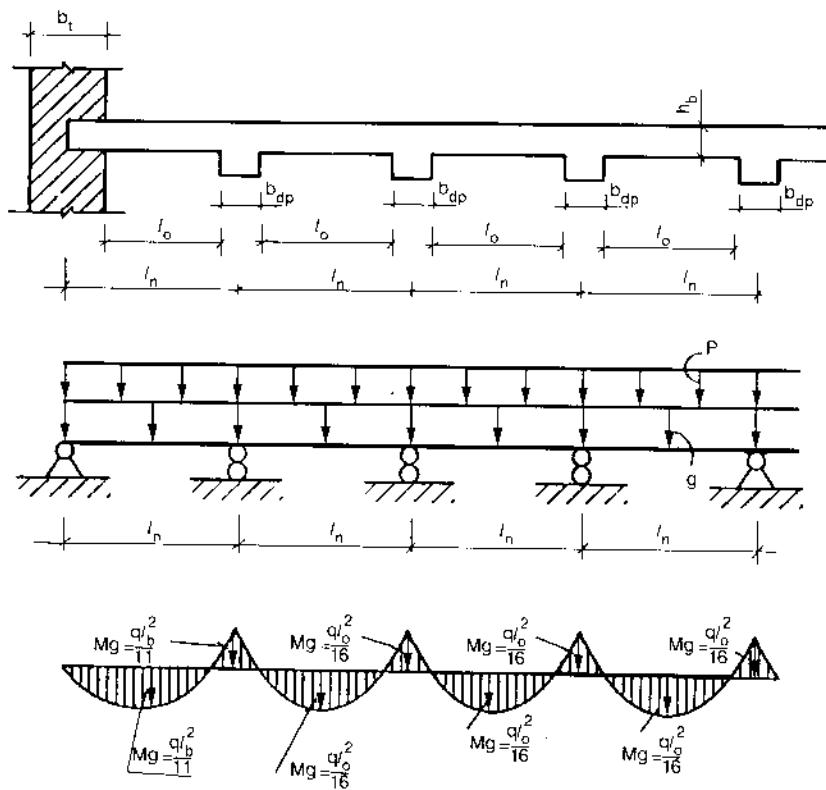
cho toàn sàn. Tách ra dải bản rộng 1m theo phương cạnh ngắn thì các dải bản này làm việc như nhau. Mỗi dải bản là một đầm liên tục, gối đỡ là các đầm phụ, tiết diện ($b \times h$) = (1m \times h_b). Nhịp tính toán như sau:

Với nhịp biên (nhịp đầu tiên):

$$l_b = l_n - \frac{b_{dp} b}{2} - \frac{b_t}{2} + \frac{h_b}{2} \quad (10-8)$$

b_t : là chiều dày tường

Với nhịp bên trong: Nhịp tính toán $l_0 = l_n - b_{dp}$ (10-9)



Hình 10.7: Sơ đồ tính toán bản:

a) Mặt sàn; b) Mặt cắt sàn; c) Sơ đồ tính dải bản; d) Dạng biểu đồ mô men.

Gọi tĩnh tải phân bố đều trên mặt sàn là g_0 , hoạt tải phân bố trên mặt sàn là p_0 ... Tải trọng q phân bố theo chiều dài của dải bản rộng 1 m là

$$q = (g_0 + p_0) 1 \text{ m} \quad (10-10)$$

Nội lực cho dải bản: Khi nhịp tính toán của bản chênh lệch không quá 10% thì mô men uốn của dải bản được xác định theo biến dạng dẻo và kết quả cho trên hình (10-7d):

Tại nhịp biên và gối B có

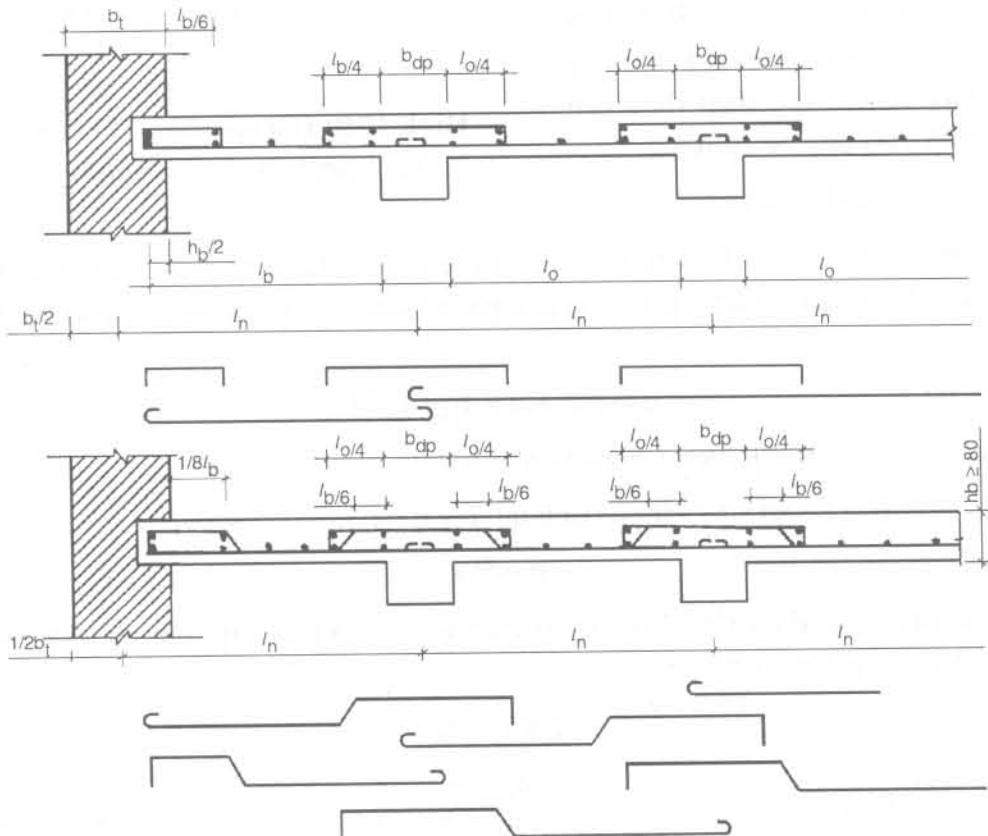
$$M = \pm \frac{q l_b^2}{11} \quad (10-11)$$

Tại nhịp và gối bên trong

$$M = \pm \frac{q l_0^2}{16} \quad (10-12)$$

Tính toán cốt thép cho bản: Tính toán theo cấu kiện chịu uốn cốt đơn tiết diện chữ nhật ($1m \times h_b$). Những tiết diện có mô men bằng nhau cần đặt lượng cốt thép như nhau, do vậy cần tính toán cho 4 tiết diện, khi tính nên lập bảng như sau:

Tiết diện	Mô men (KNm)	$A = \frac{M}{R_n b h_0^2}$	α	$F_a = \alpha \frac{R_n}{R_a} b h_0$ (cm ²)	Chọn thép
Giữa nhịp biên	M_l
Trên gối biên	M_b
Giữa nhịp giữa	M_n
Trên gối giữa	M_g



Hình 10.8: Bố trí cốt thép trong bản;

a) Khi $h_b < 8 cm$; b) Khi $h_b \geq 8 cm$

Bố trí thép cho bản:

Có thể dùng lưới thép hàn sẵn theo quy cách, hoặc dùng thép rời để buộc thành lưới khi thi công.

Khi dùng lưới buộc và chiều dày bản $h_b < 8$ cm: có thể đặt thép phía dưới (chịu mô men dương) là các thanh thẳng kéo dài qua các nhịp. Ở trên gối dùng các thanh cốt mũ mặt úp xuống (để chịu mô men âm). Ở nhịp biên và gối biên chịu mô men lớn hơn nên cần đặt thép riêng (các thanh thép gần nhau hơn hoặc đường kính lớn hơn so với ở trong).

Khi dùng lưới buộc mà chiều dày $h_b \geq 8$ cm, nên dùng các thanh uốn xen kẽ, góc uốn 30°

Đặt thêm thép gia cường cho bản: Trong tính toán coi bản không đặt vào dầm chính, nhưng thực tế bản và dầm chính vẫn được đúc bê tông liền khói với nhau, cho nên ở đó bản có mô men âm, trị số mô men âm này không lớn, có thể đặt thép theo cấu tạo $\phi 6$ cách 200 mm để chịu lực.

c) Tính toán dầm phụ

Sơ đồ tính: Dầm phụ là dầm liên tục gối lên dầm chính và tường, chịu tải trọng từ sàn truyền tới và trọng lượng bản thân của phần sườn quy về tải trọng phân bố đều theo chiều dài:

$$\text{Tính tải} \quad g = g_0 l_n + n \gamma_b b_{dp} (h_{dp} - h_b) \quad (10-13)$$

Trong đó: γ_b là trọng lượng riêng của bê tông;

n là hệ số vượt tải của tĩnh tải, lấy $n = 1,1$.

$$\text{Hoạt tải:} \quad p = P_0 l_n \quad (10-14)$$

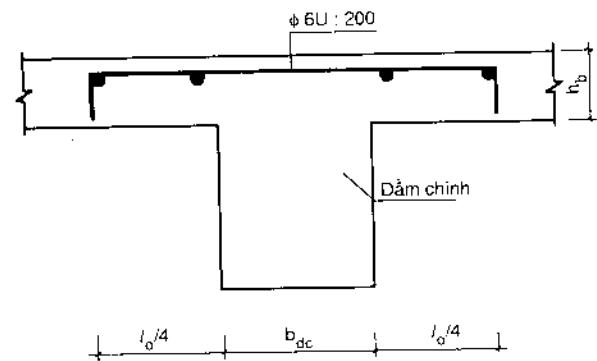
Để tính toán dầm phụ theo sơ đồ biến dạng dẻo thì nhịp tính toán của dầm lấy như sau: Với nhịp bên trong:

$$l_o = l_d - b_{dc} \quad (10-15)$$

$$\text{Với nhịp biên} \quad l_b = l_d - \frac{b_t}{2} - \frac{b_{dc}}{2} + \frac{a}{2} \quad (10-16)$$

a là đoạn đầu dầm gối vào tường (nên lấy $a = b_t$)

Với sàn cho ở hình (10.7) thì dầm phụ là dầm liên tục 4 nhịp.



Hình 10.9: Đặt cốt thép gia cường cho bản ngay trên vị trí có dầm chính

Nội lực trong đầm: Tính theo sơ đồ biến dạng dẻo, dùng các công thức và bảng lập sẵn để vẽ biểu đồ bao mô men và lực cắt. Tung độ nhánh dương của biểu đồ bao mô men:

$$M^+ = \beta_1 (g + p) l^2 \quad (10-17)$$

Tung độ nhánh âm của biểu đồ bao mô men:

$$M^- = \beta_2 (g + p) l^2 \quad (10-18)$$

Chiều dài tính toán của nhịp l lấy theo l_b hoặc l_o tùy vị trí nhịp đang tính. Hệ số β_1 cho trực tiếp trên sơ đồ đầm. Hệ số β_2 cho theo bảng tra sẵn (Bảng 27).

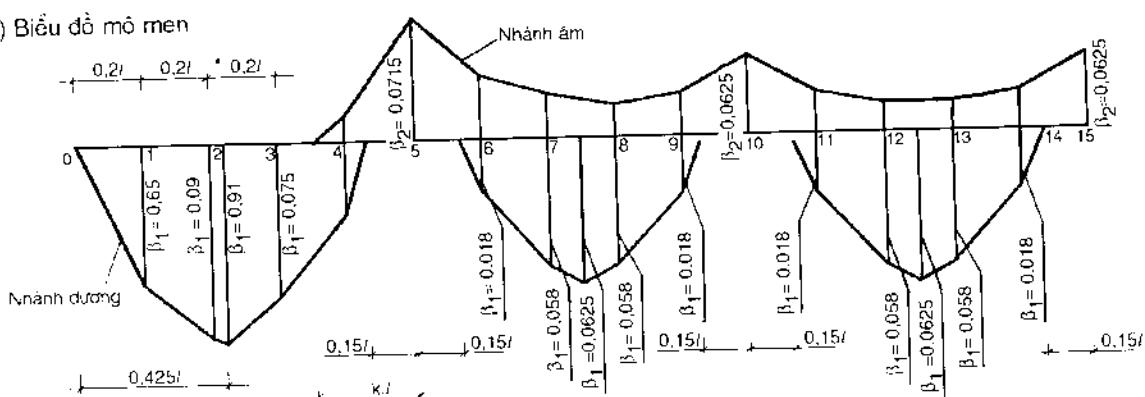
Lực cắt lấy theo vị trí gối đỡ.

$$\text{Tại mép gối đỡ đầu tiên (gối A) lấy } Q_A = 0.4 (g + p) l_b \quad (10-19)$$

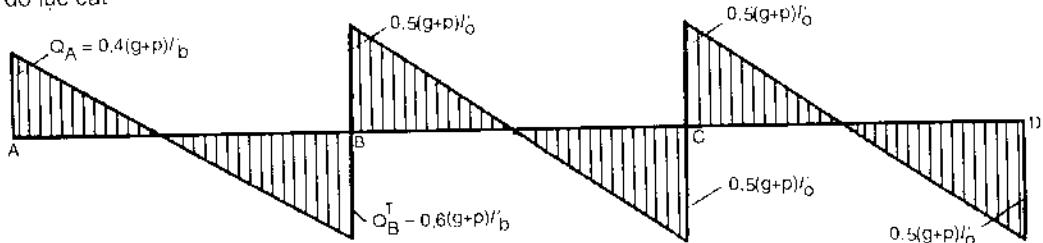
$$\text{Tại mép trái gối đỡ thứ hai (gối B) lấy } Q_B = -0.6 (g + p) l_b \quad (10-20)$$

$$\text{Tại mép các gối đỡ còn lại } Q = \pm 0.5 (g + p) l_o \quad (10-21)$$

a) Biểu đồ mô men



b) Biểu đồ lực cắt



Hình 10.10: Biểu đồ bao mô men và lực cắt cho đầm phụ

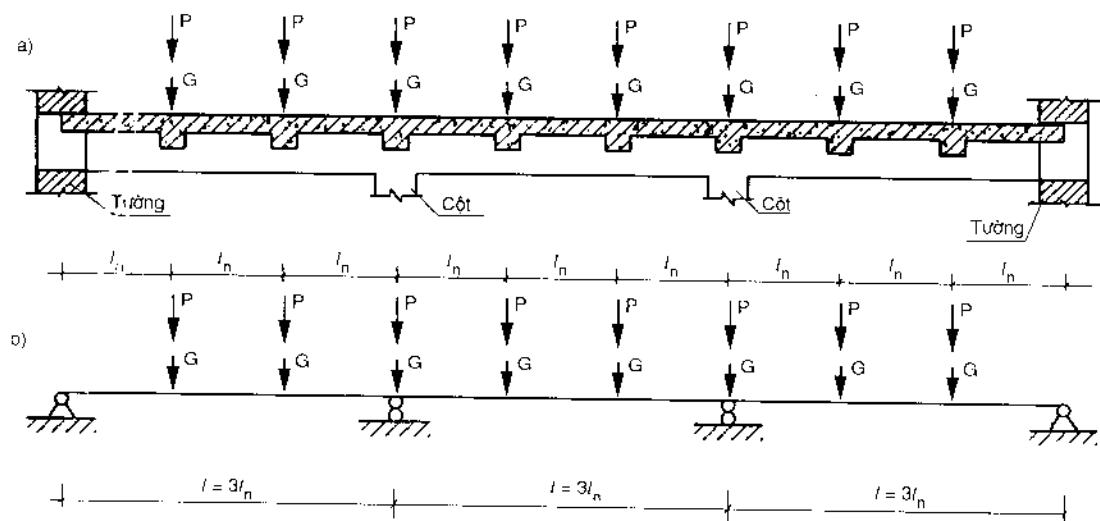
Trên hình (10-10) cho cách vẽ biểu đồ bao mô men và lực cắt của đầm phụ, các tiết diện có đánh số cách nhau $0.2l$. Các đầm phụ có dạng đối xứng cho nên chỉ cần tính cho một nửa tiết diện (đầm 3 nhịp lấy đến tiết diện 8, đầm 4 nhịp lấy đến tiết diện 10, đầm 5 nhịp lấy đến tiết diện số 13, đầm trên 5 nhịp thì nội lực ở các nhịp bên trong như nhau).

Tính cốt thép: Dầm phụ có tiết diện chữ T, cánh của chữ T chính là phần bảm. Khi tính toán phải chú ý phân tích vị trí của cánh với thớ căng do mô men gây ra. Với mô men ở các nhịp (căng thớ dưới) tính theo tiết diện chữ T. Với mô men ở gối đỡ (căng thớ trên) tính theo tiết diện chữ nhật $b_{dp} \times h_{dp}$; vì tính theo biến dạng dư nên $\alpha \leq 0,3$

Chọn và bố trí thép phải đảm bảo diện tích thép cần thiết theo tính toán, đảm bảo các yêu cầu cấu tạo, cần có sự kết hợp uốn một số thép chịu lực ở nhịp lên làm thép chịu lực ở gối đỡ.

d) Tính toán dầm chính

Sơ đồ tính: Dầm chính được gối lên trên các cột và tường, tuỳ theo số lượng gối đỡ mà nó là dầm đơn giản hoặc dầm liên tục.



Hình 10.11: Một sơ đồ tính toán dầm chính 3 nhịp
a) Sơ đồ kết cấu; b) Sơ đồ tính

Dầm chính chịu tải trọng từ dầm phụ truyền đến, đó là phản lực dưới gối đỡ của dầm phụ, vậy tải trọng đặt vào dầm chính là lực tập trung.

$$\text{Hoạt tải tập trung là: } P = p_l_d \quad (10-22)$$

$$\text{Tính tải tập trung } G = g l_d + n \gamma_b b_{dc} (h_{dc} - h_b) / l_n \quad (10-23)$$

Trong đó: $n \gamma_b b_{dc} (h_{dc} - h_b) / l_n$: là trọng lượng của một đoạn sườn dầm chính dài l_n .

Nhịp dầm l là khoảng cách giữa hai gối đỡ của dầm (dầm chịu lực như (hình 10-11) lấy $l = 3 l_n$).

Nội lực trong dầm chính: Dầm chính là bộ phận chịu lực chính trong sàn cho nên nó được tính toán theo sơ đồ đàn hồi.

Có thể dùng bảng lập sẵn để tính và vẽ biểu đồ bao mô men, lực cắt.

Tung độ nhánh dương của biểu đồ bao mô men:

$$M^+ = (\alpha_0 G + \alpha_1 P)/l \quad (10-24)$$

Tung độ nhánh âm của biểu đồ bao mô men:

$$M^- = (\alpha_0 G - \alpha_2 P)/l \quad (10-25)$$

Tung độ nhánh dương của biểu đồ bao lực cắt:

$$Q^+ = \beta_0 G + \beta_1 P \quad (10-26)$$

Tung độ nhánh âm của biểu đồ bao lực cắt :

$$Q^- = \beta_0 G - \beta_2 P \quad (10-27)$$

Các hệ số $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \beta_0, \beta_1, \beta_2$ tra theo bảng phụ lục 28.

Tính cốt thép: Dầm chính có tiết diện chữ T cánh nằm ở phía trên.

Với mô men dương (ở các nhịp) tính theo tiết diện chữ T.

Với mô men âm (ở trên gối): Tính theo tiết diện chữ nhật $b_{dc} \times h_{dc}$

Chọn và bố trí thép cho dầm chính phải thoả mãn cả yêu cầu tính toán và yêu cầu cấu tạo.

Khi tính chống cắt cho dầm : Tính theo tiết diện chữ nhật (chỉ kể phần sườn).

Cốt thép gia cường (cốt treo): Tại điểm dầm phụ gác lên dầm chính, có lực tập trung từ dầm phụ truyền vào, để tránh sự phá hoại cục bộ phải đặt thép gia cường, trường hợp này phải gia cường bằng cách đặt cốt treo (chính là cốt dài dầm chính đặt gần nhau).

Diện tích cốt treo cần thiết :

$$F_{tr} = \frac{P + G}{R_a} \quad (10.28)$$

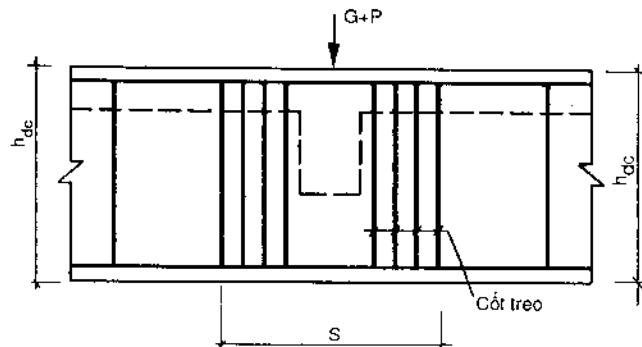
$$\text{Số cốt treo } m = \frac{F_{tr}}{n \cdot f_d}$$

f_d : diện tích một nhánh của cốt treo.

n : số nhánh của một cốt treo.

Cần chọn m là số chẵn và bố trí trong đoạn

$$= b_{dp} + 2(h_{dc} - h_{dp})$$



Hình 10.12: Bố trí cốt treo

§10-3 SÀN BTCT ĐÚC TOÀN KHỐI CÓ BẢN LÀM VIỆC THEO HAI CHIỀU

1. Sơ đồ kết cấu sàn

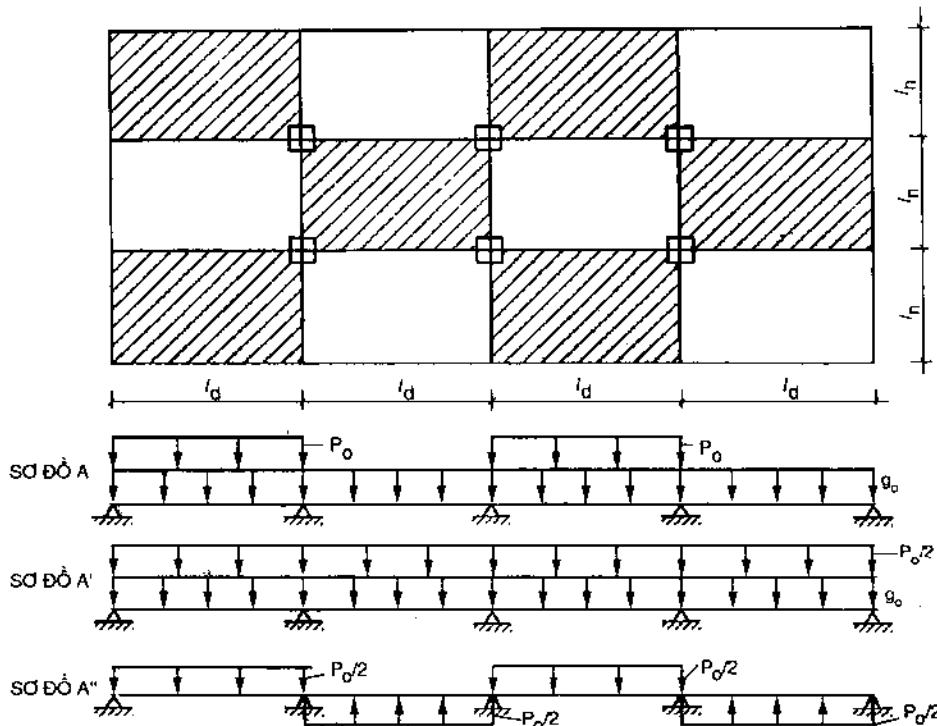
Sàn gồm có bản BTCT và dầm đúc liền khối với nhau. Dầm chia bản thành nhiều ô, trong mỗi ô có tỉ số $\frac{l_d}{l_n} < 2$. Khi $\frac{l_d}{l_n} < 2$ mà các bản lại đúc liền với nhau thì tải trọng đặt ở ô bản này có ảnh hưởng đến nội lực trong ô bản kia. Để phân tích sơ đồ bản, coi như mép các bản gối vào dầm là liên kết ngầm, còn bản gác vào tường ở ngoài chu vi sàn là khớp.

2. Tính toán mặt sàn

Mặt sàn được cấu tạo bởi các ô bản đúc liền khối với nhau, nếu biết mô men uốn cho các tiết diện nguy hiểm của dải bản thì tính được cốt thép một cách dễ dàng (như đã biết). Vậy cần nghiên cứu cách xác định mô men uốn cho dải bản.

a) Công thức tổng quát để xác định nội lực cho bản

Theo nguyên tắc phải xếp hoạt tải bất lợi trên sàn. Để tìm mô men dương lớn nhất cho các tiết diện giữa nhịp bản thì hoạt tải được bố trí ngay trên ô bản đó rồi tiếp tục cứ cách một ô bản lại đặt hoạt tải trên một ô bản khác. Trên hình (10-13) những ô bản được gạch chéo là có bố trí hoạt tải.



Hình 10.13: Một sơ đồ tính toán bản liên tục làm việc 2 chiều.

Tải trọng tính toán phân bố đều trên mặt sàn gồm: Tĩnh tải g_0 , và hoạt tải p_0
Gọi sơ đồ a là bản chịu tải trọng tổng cộng bố trí bất lợi.

Gọi sơ đồ a' là dãy bản chịu tải trọng phân bố đều ($g_0 + \frac{p_0}{2}$) gọi sơ đồ a'' là dãy bản

chịu tải trọng $\frac{p_0}{2}$ nhưng ở hai ô bản liền nhau thì hướng ngược nhau.

Thấy rằng: (sơ đồ a) = (sơ đồ a') + (sơ đồ a'').

Ở sơ đồ a' nội lực từng ô bản được tính riêng tùy theo ô bản thuộc vào sơ đồ cơ bản thứ "i" nào đó trong 9 sơ đồ đã biết, tính được :

$$M_n' = \alpha_{n,i} (g_0 + \frac{p_0}{2}) l_d \cdot l_n \text{ và } M_d' = \alpha_{d,i} (g_0 + \frac{p_0}{2}) l_d \cdot l_n$$

Với sơ đồ a'' mô men của bản ở vị trí có đâm đỡ không có ($M''_g = 0$) cho nên các bản này làm việc như sơ đồ cơ bản thứ 1, vậy mô men là :

$$M_n'' = \alpha_{n,1} \frac{p_0}{2} l_d \cdot l_n \text{ và } M_d'' = \alpha_{d,1} \frac{p_0}{2} l_d \cdot l_n .$$

Kết quả mô men dương cho nhịp của bản được xác định theo công thức tổng quát:

$$M_n = M_n' + M_n'' = \alpha_{n,i} (g_0 + \frac{p_0}{2}) l_d \cdot l_n + \alpha_{n,1} \frac{p_0}{2} l_d \cdot l_n \quad (10-29)$$

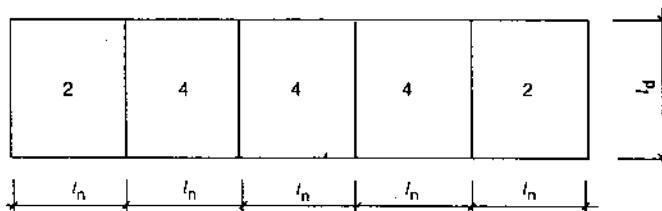
$$M_d = M_d' + M_d'' = \alpha_{d,i} (g_0 + \frac{p_0}{2}) l_d \cdot l_n + \alpha_{d,1} \frac{p_0}{2} l_d \cdot l_n \quad (10-30)$$

Trị số mô men âm trên các gối đỡ của bản lấy trung bình cộng của mô men trên gối đó do hai bản ở hai bên gây ra

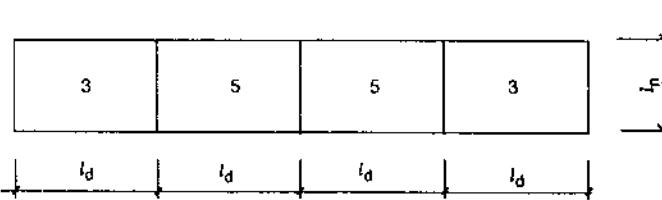
b) Các trường hợp cụ thể

Để tính được mô men uốn trong bản, phải xác định sơ đồ ô bản. Tên sơ đồ ô bản phụ thuộc vào sơ đồ kết cấu thực tế của toàn sàn như hình (10-14) nêu ra các trường hợp : Bản liên tục một dãy, bản liên tục hai dãy, bản liên tục ba dãy , trường hợp bản liên tục nhiều dãy chỉ tăng số lượng ô bản có sơ đồ 7, 8, 9, còn số sơ đồ không tăng.

Bản liên tục 1 dãy ngang

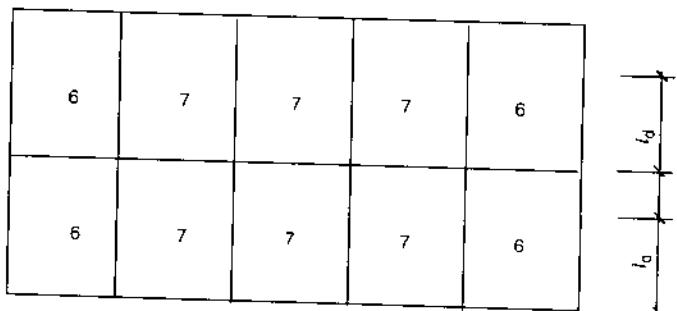


Bản liên tục 1 dãy dọc

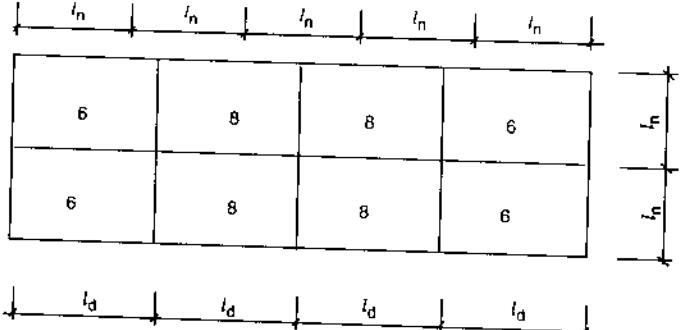


Hình 10.14: Tên ô bản trên sàn BTCT làm việc 2 chiều

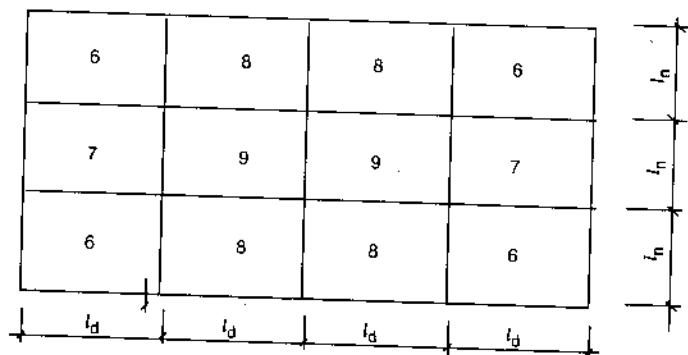
Bản liên tục 2 dây ngang



Bản liên tục 2 dây dọc



Bản liên tục 3 dây

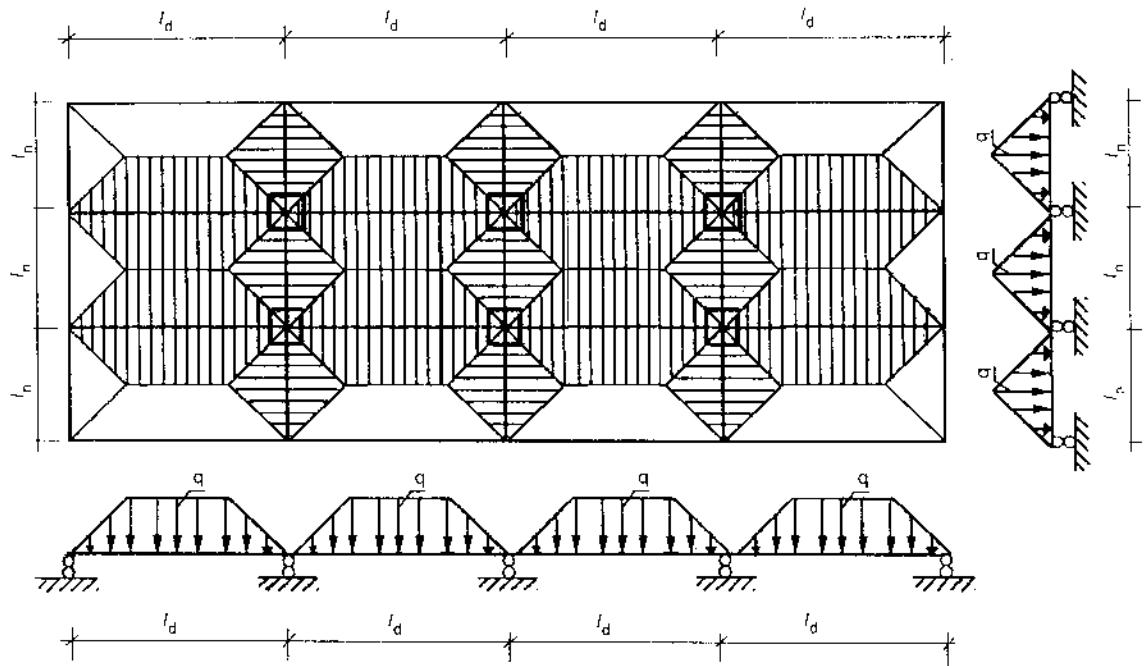


Hình 10.14: Tên ô bản trên sàn BTCT làm việc 2 chiều.

3. Tính toán đầm đỡ

Khi bản làm việc theo hai chiều, đầm đỡ cũng có hai loại ; một loại nằm theo cạnh dài và một loại nằm theo cạnh ngắn của bản. Tuỳ theo số ô bản và số gối đỡ mà đầm có thể 1 hay nhiều nhịp

Tải trọng đặt lên đầm gồm có trọng lượng bản thân của đầm và lực từ sàn truyền tới. Để tính tải trọng từ sàn truyền xuống. Từ góc của ô bản người ta kẻ các đường chéo 45° chia bản thành từng ô tam giác và hình thang. Coi rằng lực ở trên ô nằm sát đầm nào thì truyền lên đầm ấy. Đầm đặt theo cạnh ngắn của bản chịu tải trọng phân bố hình tam giác. Đầm đặt theo cạnh dài của ô bản chịu tải trọng phân bố hình thang.



Hình 10.15: Sơ đồ tính và tải trọng của đầm đỡ sàn làm việc 2 chiều

Gọi tải trọng phân bố đều trên mặt sàn gồm: Tính tải g_0 , hoạt tải p_0

Giá trị lớn nhất của tĩnh tải phân bố đặt vào đầm $g = g_0 l_n$

Giá trị lớn nhất của hoạt tải phân bố đặt vào đầm $p = p_0 l_n$

Tổng tải trọng phân bố $q = g + p = (g_0 + p_0) l_n$

Tính mô men tại các tiết diện nguy hiểm của đầm theo sơ đồ biến dạng dẻo

$$\text{Mô men ở nhịp thứ nhất là } M_1 = 0,7M_0 + \frac{g_d l^2}{11} \quad (10-31)$$

$$\text{Mô men ở trên gối thứ 2 (gối B): } M_g = - (0,7M_0 + \frac{g_d l^2}{11}) \quad (10-32)$$

$$\text{Mô men ở nhịp bên trong } M = 0,5M_0 + \frac{g_d l^2}{11} \quad (10-33)$$

$$\text{Mô men ở gối bên trong } M_g = - (0,5M_0 + \frac{g_d l^2}{16}) \quad (10-34)$$

Trong đó:

g_d : Trọng lượng bản thân đầm quy ra phân bố theo chiều dài,

l : Nhịp của đầm đang tính toán (tải tam giác l_n ; tải hình thang l_d)

M_0 : Mô men uốn lớn nhất của một đoạn dầm giữa hai gối đỡ nếu như đoạn dầm này là một dầm đơn giản.

$$\text{Với tải trọng phân bố hình tam giác: } M_0 = \frac{q l_n^2}{24} \quad (10-35)$$

$$\text{Với tải trọng phân bố hình thang } M_0 = \frac{q}{24} (3l_d^2 - l_n^2) \quad (10-36)$$

Lực cắt trong dầm được xác định theo các công thức sau.

$$\text{Tại gối A: } Q_A = Q_0 + \frac{M_B}{l} \quad (10-37)$$

$$\text{Tại bên trái gối thứ 2(trái gối B): } Q_B = Q_0 - \frac{M_B}{l} \quad (10-38)$$

$$\text{Tại các mép gối giữa } Q = Q_0 \quad (10-39)$$

Q_0 : Lực cắt tại gối đỡ của 1 đoạn dầm nếu coi đoạn này là một dầm đơn giản.

$$\text{Tải trọng phân bố hình tam giác } Q_0 = \frac{q l_n}{4} + \frac{g_d l_n}{2} \quad (10-40)$$

$$\text{Tải trọng phân bố hình thang } Q_0 = \frac{q}{4} (2l_d - l_n) + \frac{g_d l_d}{2} \quad (10-41)$$

§10-4. SÀN PANEN LẮP GHÉP

Sàn gồm có panen gác lên tường hoặc dầm sàn. Khi thiết kế phải tính toán riêng từng bộ phận.

1. Đặc điểm cấu tạo panen

Panen có các dạng : đặc (tấm đan), panen hộp, panen sườn.

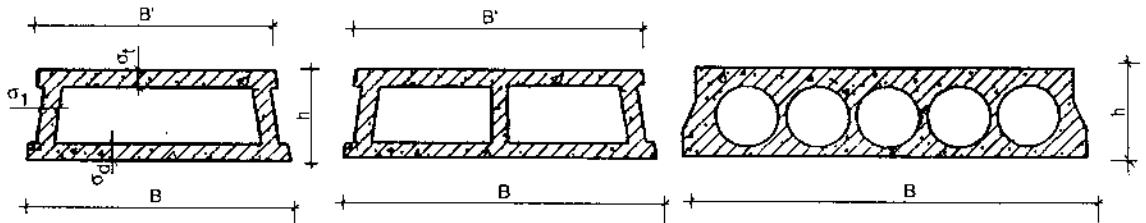
a) Tấm đan

Tấm đan là bản đặc hình chữ nhật, chiều dày $h = 6 \div 15$ cm. Tấm đan thường được dùng để lắp ở hành lang, khu vệ sinh, và các căn phòng nhỏ, gác xếp... Nó có ưu điểm là sản xuất dễ, nhanh, liên kết đơn giản; Nhược điểm là tốn bê tông và cách âm kém.

b) Panen hộp

Panen hộp thường được lắp để tạo ra sàn hoặc mái cho nhà dân dụng. Mặt cắt ngang của panen có lỗ rỗng hình tròn hoặc bầu dục, hình thang; có thể có 1 hoặc nhiều lỗ.

Panen hộp thường có các kích thước: $\delta_t = 3 \div 4$ cm, $\delta_d = 2,5 \div 3$ cm, $\delta_l = 3 \div 5$ cm, chiều cao $h = 18 \div 30$ cm.



Hình 10.16: Dạng mặt cắt ngang panen hộp

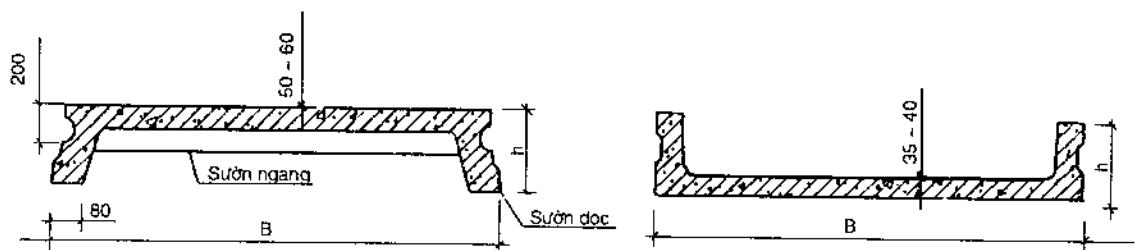
Chiều rộng của panen hộp thông dụng là $B = 450 ; 600; 900; 1200; 1500; 1800\text{mm}$, khi thiết kế, lấy kích thước nhỏ hơn kích thước danh nghĩa $2 \div 3\text{ cm}$.

B' là chiều rộng mặt trên panen lấy nhỏ hơn B khoảng $1,5 \div 3\text{ cm}$

Chiều rộng của lỗ trong panen, không nên lấy quá 55cm . Vì vậy, nếu panen rộng thì phải làm nhiều lỗ

c) Panen sườn

Panen sườn thường được dùng để tạo mái cho nhà công nghiệp, sườn có thể đặt quay lên hoặc quay xuống. Sườn quay xuống sẽ chịu lực tốt nhưng trần không phẳng. Panen có hai sườn dọc và một số sườn ngang cách nhau $1,5 \div 2\text{ m}$. Sườn dọc có kích thước lớn hơn sườn ngang.



Hình 10.17: Dạng mặt cắt ngang panen sườn.

Chiều rộng panen sườn $B = 1,2\text{m}; 1,5\text{m}; 3\text{m}$.

Chiều dài $l = 4,5 \div 12\text{m}$.

Chiều cao $h = 30\text{ cm}$ hoặc 35 cm ;

2. Tính toán panen

Panen được tính toán theo uốn tổng thể và một số điều kiện bổ sung.

a) Tính toán theo uốn tổng thể

- Sơ đồ tính: coi panen là một dầm đơn giản, kê trên hai gối tựa ở hai đầu của nó. Nhịp tính toán của panen (l_0) bằng khoảng cách giữa trung tâm hai gối tựa.

- Tải trọng gồm tĩnh tải và hoạt tải phân bố đều trên sàn, khi tính toán tổng thể thì quy về tải trọng phân bố theo chiều dài panen .

Gọi g^{tc}_0 và p_0 là tĩnh tải tiêu chuẩn và tĩnh tải tính toán trên mặt sàn.

p_0^{tc} và p_0 hoạt tải tiêu chuẩn và hoạt tải tính toán trên mặt sàn. Tổng tải trọng tính toán phân bố theo chiều dài panen

$$q = (g_0 + p_0)B \quad (10-42)$$

Chiều cao panen h: Để đảm bảo yêu cầu về độ võng phải lấy

$$h > h_{min} \text{ với } h_{min} = Cl_0 \cdot \frac{R_a}{E_a} \cdot \frac{0g^{tc} + p^{tc}}{q^{tc}} \quad (10-43)$$

$$g^{tc} = B \cdot g^{tc}_0; \quad p^{tc} = B \cdot p_0; \quad q^{tc} = g^{tc} + p^{tc}; \quad B : \text{là chiều rộng panen};$$

θ : Hệ số giảm độ cứng; với panen hộp $\theta = 2$, với bản sườn có sườn nằm ở vùng chịu kéo $\theta = 1,5$;

C: hệ số lấy theo loại panen và loại thép dọc

Với panen hộp: Nếu thép dọc nhóm C-I thì C = 18; thép dọc nhóm C-II thì C = 20;

Với panen sườn : Nếu thép dọc nhóm C-I thì C = 30; thép dọc nhóm C-II thì C = 34;

- Nội lực khi uốn tổng thể:

$$\text{Mô men uốn lớn nhất ở giữa nhịp } M = \frac{ql_0^2}{8}$$

$$\text{Lực cắt lớn nhất ở đầu panen } Q = \frac{ql_0}{2}$$

- Tính cốt thép dọc

Khi tính cốt thép: Quy đổi tiết diện ngang của panen về dạng chữ T; chiều cao tiết diện chữ T lấy bằng chiều cao panen; chiều rộng sườn T lấy bằng tổng chiều rộng các sườn panen, chiều rộng cánh là B; chiều dày cánh bằng chiều dày bản chịu nén của panen.

Chọn cốt thép dọc chịu lực đảm bảo các yêu cầu:

Diện tích tiết diện cốt thép dọc thoả mãn yêu cầu tính toán;

Đường kính thanh thép không dưới 10mm.

Số lượng thanh thép bằng số sườn dọc (Đặt cho mỗi sườn dọc một thanh).

Chọn thép dọc cấu tạo: Số lượng thép dọc cấu tạo bằng số sườn dọc đường kính cốt thép dọc cấu tạo nhỏ hơn đường kính cốt thép dọc chịu lực.

- Tính chống cắt: Chỉ kể phần sườn $b \times h$ vào chịu lực.

Dùng cốt thép đai để chịu lực cắt. Đoạn hai đầu của panen cốt đai được đặt dày, đoạn giữa panen cốt đai đặt mỏng. Cốt thép đai được làm dạng kín hoặc dạng chữ U để có đoạn thép đi ngang qua trong bản mặt panen.

b) Tính toán bổ sung

- Tính uốn cục bộ: Bản mặt panen bị liên kết ngầm vào sườn. Khi có lực trên mặt sàn thì bản mặt chịu uốn cục bộ. Tuỳ theo cách cấu tạo cụ thể mà bản mặt được tính như bán kẽ 4 cạnh hoặc bản làm việc một chiều. Để chịu mô men uốn cục bộ đã có bản bê tông và lượng cốt đai đặt ngang qua đó. Nếu khả năng chịu uốn cục bộ còn kém phải tăng chiều dày bản mặt hoặc đặt thêm thép đai cho dày.

- Tính toán khi cầu lắp và vận chuyển.

Khi cầu lên, khi kê để vận chuyển và khi xếp phải kê để cho mô men âm nhỏ hơn khả năng chịu mô men âm của panen. Để giảm mô men âm: đặt móng cầu (để cầu lắp) và kê (khi vận chuyển) ở gần hai đầu panen.

$$\text{Tính thép móng cầu theo điều kiện } f_a > \frac{1,5G}{2 \cdot n_0 R_a} \quad (10-44)$$

f_a : Diện tích tiết diện của một nhánh thép móng cầu

G: Trọng lượng của tấm panen

n_0 : Số móng cầu làm việc khi cầu

2: Mỗi móng cầu có hai nhánh

R_a : Cường độ chịu kéo của thép làm móng cầu

Móng cầu phải neo chắc chắn vào trong panen

3. Tính toán dầm đỡ

- Tuỳ theo yêu cầu cấu tạo và chịu lực mà chọn hình thức bố trí dầm, chọn dạng tiết diện dầm cho hợp lý.

- Dầm được gối lên các tường và cột.

- Dầm chịu tải trọng bản thân và tải trọng từ panen truyền vào.

- Xác định nội lực: Xếp tải bất lợi rồi tính toán theo cơ học hoặc dùng bảng tính sẵn.

- Tính và bố trí thép cho dầm như đã biết.

§10-5 TÍNH KẾT CẤU CẦU THANG

1. Khái niệm

- Cầu thang là một bộ phận đảm bảo giao thông theo phương đứng cho công trình. Có nhiều loại cầu thang, mỗi loại có sơ đồ tính riêng, khi tính toán phải phân tích để ra sơ đồ tính thích hợp.

- Thực tế thường dùng cầu thang hai đợt, cầu thang gồm có: Bậc thang, đan thang, cốn thang, chiếu nghỉ, chiếu tối, dầm đỡ, lan can tay vịn.

Bậc thang cao h_b ; rộng b_b ; có thể xây bằng gạch hoặc đúc bằng bê tông .
Đan thang là bản BTCT dày h_d rộng l_1 đặt nghiêng góc α .

Cốp thang: Độ cho cạnh của đan thang, diện tích cốt $b_c \times h_c$, dài $\frac{l_2}{\cos \alpha}$

Chiếu nghỉ: Bản BTCT dày h_{ch} , dài l_4 , rộng l_3 .

Dầm đỡ chiếu nghỉ và cốt: Độ 1 cạnh của chiếu nghỉ và cốt, tiết diện của dầm $b_d \times h_d$.
Mặt trên của bậc có trát lớp vữa dày δ_{vt} . Mặt dưới của bê tông có lớp vữa dày δ_{vd} .

2. Tính toán các bộ phận của cầu thang thường (ở hình 10-18)

a) Tính bản đan thang

- Sơ đồ tính: Đan thang là bản BTCT chữ nhật có liên kết ở trên 4 cạnh, cạnh l_1 được đặt vào dầm, cạnh xiên được đặt vào cốt hoặc tường. Tuỳ theo tỷ số cạnh $\frac{l_d}{l_n}$ mà áp dụng sơ đồ tính cho bản này.

- Tải trọng trên đan thang gồm tĩnh tải và hoạt tải.

Hoạt tải tiêu chuẩn lấy theo quy phạm p^{tc} (KN/cm^2).

$$\text{Hoạt tải tính toán trên mặt đan} \quad p_1 = n \cdot p^{tc}. \quad (10-45)$$

$$\text{Trọng lượng lớp trát trên gây ra} \quad g_{vt} = n \cdot \gamma_v (b_b + h_b) \delta_{vt} / l_b \quad (10-46)$$

$$\text{Trọng lượng lớp trát dưới gây ra} \quad g_{vd} = n \cdot \gamma_v \delta_{vd} \quad (10-47)$$

$$\text{Trọng lượng bản thân đan gây ra} \quad g_d = n \cdot \gamma_b \cdot h_d \quad (10-48)$$

$$\text{Trọng lượng bậc gạch quy ra} \quad g_b = n \cdot \gamma_G \frac{b_b \cdot h_b}{2l_b} \quad (10-49)$$

$$\text{Tổng tĩnh tải phân bố trên mặt đan là} \quad g_1 = g_{vt} + g_{vd} + g_d + g_b \quad (10-50)$$

$$\text{Tải trọng tổng cộng} \quad q_1 = g_1 + p_1 \quad (10-51)$$

Phản tải trọng tổng cộng hướng vuông góc với mặt đan là

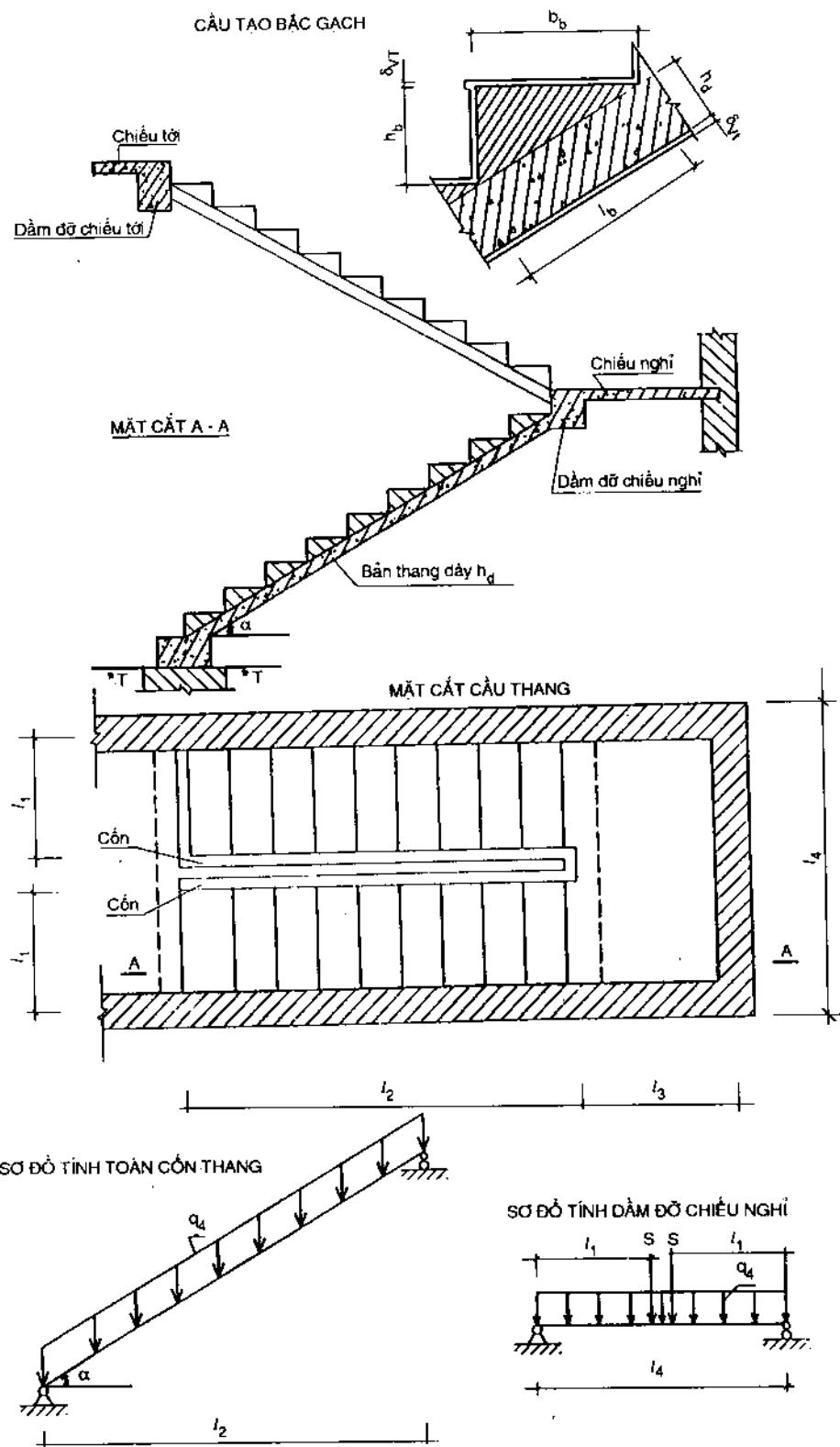
$$q' = q_1 \cdot \cos \alpha \quad (10-52a)$$

- Cốt thép trong bản đan: Thường dùng loại $\phi 6 - \phi 8$ đặt cách đều nhau.

Thép chịu lực khi đi vào đoạn gần tường và cốt có thể uốn lên một nửa số thanh.

b) Tính cốt thang

- Cốt thang là một dầm BTCT đặt nghiêng để đỡ một cạnh của bản đan thang. Tải trọng từ đan thang truyền vào quy thành tải trọng phân bố đều theo chiều dài cốt $q_1 \frac{l_1}{2}$, trọng lượng bản thân cốt quy thành tải trọng phân bố đều theo chiều dài $g_c = n \cdot \gamma_b \cdot b_c \cdot h_c$.



Hình 10.18: Cấu tạo cầu thang hai đợt và sơ đồ tính kết cấu của các bộ phận

Tổng trọng tải phân bố đều trên cốt là :

$$q_2 = q_1 \frac{l_1}{2} + n \cdot \gamma_b \cdot b_c \cdot h_c \quad (10-52b)$$

- Tính thép cho cốt theo mô men lớn nhất ở giữa nhịp :

$$M = \frac{q_2 l_2^2}{8 \cos \alpha} \quad (10-53)$$

Lực cắt lớn nhất ở đầu cốt $Q = \frac{q_2 l_2}{2}$

Tiết diện cốt theo hình chữ nhật $b_c \times h_c$.

- Cốt thép ở cốt cần được neo chắc vào dầm, cần đặt thép chờ để sau này liên kết lan can.

- Cốt thép cấu tạo, ngoài chịu uốn còn phải chịu lực nén .

c) *Tính bản dan chiếu nghỉ*

Trên hình (10-18) bản chiếu nghỉ là một bản BTCT hình chữ nhật có liên kết cả 4 cạnh (cạnh dài l_4 , cạnh ngắn l_3). Căn cứ tỷ số $\frac{l_4}{l_3}$ để chọn cách tính mô men uốn trong bản. Tải trọng trên chiếu nghỉ gồm có trọng lượng bản thân các lớp cấu tạo nên chiếu nghỉ và hoạt tải phân bố trên mặt cầu thang.

- Đặt thép: Theo cách đặt cho bản.

d) *Tính dầm đỡ chiếu nghỉ*

- Sơ đồ tính: Là dầm đơn giản nhịp l_4 , chịu tải trọng từ chiếu nghỉ truyền vào và trọng lượng bản thân dầm thành lực phân bố q_4 . Lực từ cốt truyền vào thành lực tập trung S đặt ở đầu cốt và bằng phản lực gối đỡ ở cốt.

- Căn cứ sơ đồ tính và tải trọng sẽ tính được nội lực.

- Tính và bố trí thép cho dầm theo trình tự đã biết.

e) *Chú ý:*

- Khi tính chiếu tới cũng phải phân tích sơ đồ tính cụ thể giống như tính toán chiếu nghỉ.

- Dầm đỡ chiếu tới được tính toán giống như dầm đỡ chiếu nghỉ nhưng nếu không làm cốt và thang lên tầng trên nữa thì dầm phải chịu lực từ chiếu tới và 1 cốt (1 lực S).

- Với cầu thang khác với cầu thang cho ở hình (10-18) phải phân tích và xác định sơ đồ tính khác.

§10-6. LANH TÔ, Ô VĂNG

1. Lanh tô

a) Khái niệm

Lanh tô là kết cấu chịu lực trên ô trống trong tường (trên cửa đi, trên cửa sổ, ô trống...). Lanh tô thường được làm bằng BTCT lắp ghép hoặc đúc toàn khối, có thể kết hợp giữa lanh tô với giằng tường.

Lanh tô có tiết diện chữ nhật, chiều rộng b bằng chiều dày tường, chiều cao h lấy theo chịu lực và nên lấy bội số của chiều cao hàng gạch xây. Chiều dài lanh tô lấy bằng chiều rộng cửa (l) cộng thêm 2 đoạn gối lên tường (c) hay lấy $c = 200 \div 300\text{mm}$.

b) Tính toán

Sơ đồ tính:

Coi lanh tô là dầm đơn giản 2 đầu gối lên tường, nhịp tính toán:

$$l_o = l + c \quad (10-55)$$

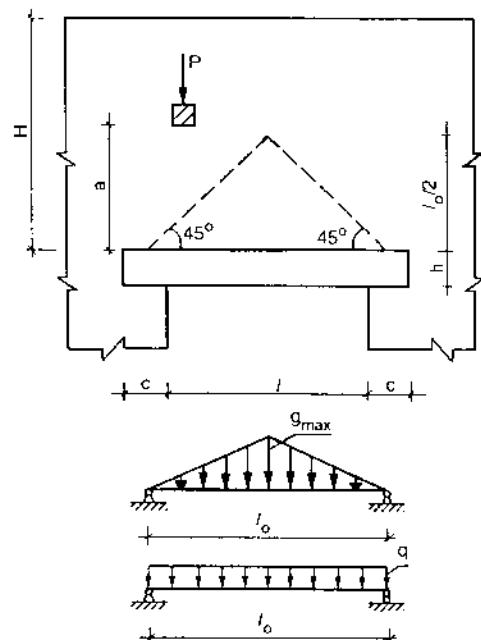
- Tải trọng: Gồm trọng lượng bản thân lanh tô và mảng tường bên trên gây ra.

Trọng lượng bản thân lanh tô quy về lực phân bố: $n.\gamma_b.b.h$.

Trọng lượng mảng tường bên trên xác định theo thực tế: Nếu không có lanh tô, mảng tường bên trên sẽ bị nứt và tách ra một khối hình tam giác vuông cân mà 2 đỉnh là gần 2 mép cửa.

Trọng lượng khối tường đặt lên lanh tô cũng có dạng hình tam giác, trị số lớn nhất

$$g_{\max} = n.\gamma_G.b.\frac{l_o}{2} + n.\gamma_v.\frac{l_o}{2} \sum \delta_v \quad (10-56)$$



Hình 10.19: Sơ đồ tính toán lanh tô

Trong đó:

γ_v và γ_G : là trọng lượng riêng của vữa trát và khối gạch xây.

$\Sigma\delta_v$: Tổng chiều dày các lớp vữa trát trong và trát ngoài tường.

Để tính toán: Quy tải trọng về dạng phân bố đều theo chiều dài lanh tô:

$$q = \frac{2}{3} g_{max} + n \cdot \gamma_b \cdot b \cdot h \quad (10-57)$$

- Căn cứ vào sơ đồ tính và tải trọng tính được $M = \frac{ql_o^2}{8}$, $Q = \frac{ql_o}{2}$

- Tính thép cho tiết diện chữ nhật $b \times h$.

c) *Chú ý*

1) Nếu khối tường trên lanh tô có chiều cao $H \leq \frac{l_o}{2}$ thì tải trọng của khối tường truyền vào lanh tô được lấy bằng toàn bộ khối tường hình chữ nhật trên đó. Tải trọng quy về phân bố đều là

$$q = n \cdot \gamma_v \cdot b \cdot H + n \cdot \gamma_v \cdot \Sigma\delta_v + n \cdot \gamma_b \cdot b \cdot h \quad (10-58)$$

2) Nếu ở tường và trong vị trí trên ô cửa có đặt dầm hoặc sàn cách mặt trên của lanh tô một khoảng a thì xét tiếp:

Khi $a > \frac{l_o}{2}$: coi như tải trọng từ dầm và sàn không đặt vào lanh tô.

Khi $a < \frac{l_o}{2}$: Coi như tải trọng của dầm và sàn đặt vào lanh tô ở vị trí tương ứng.

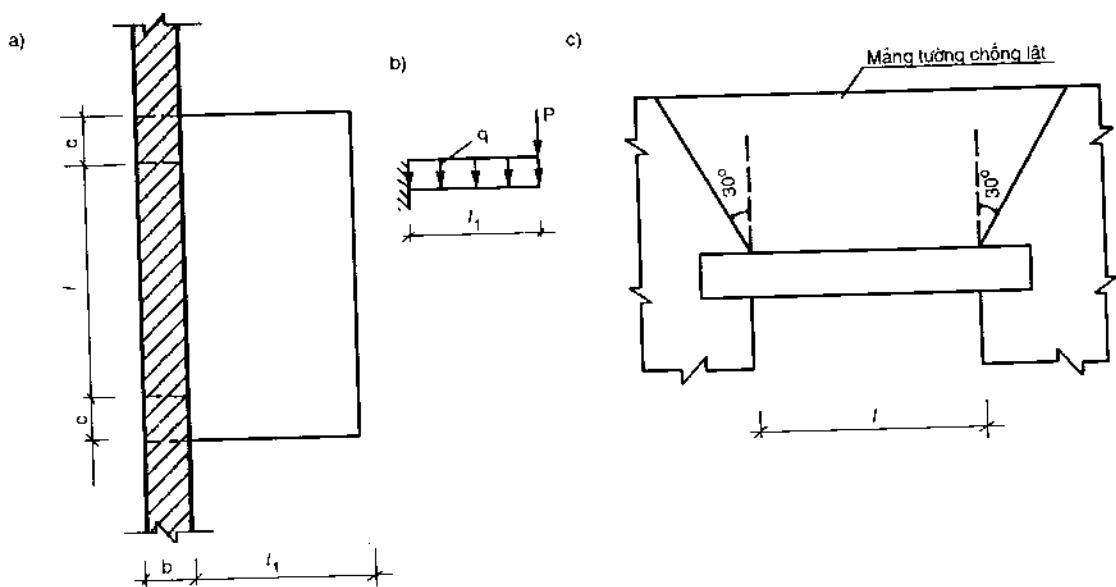
2. Ô văng (mái hắt)

- Ô văng là phần bản BTCT nằm ngang nhô ra khỏi mặt ngoài để tránh bớt mưa nắng và tạo dáng đẹp cho công trình. Nó thường được đặt ở trên cửa đi hoặc cửa sổ ngoài.

- Sơ đồ tính: Ô văng là bản BTCT ngầm 1 cạnh vào tường cho nên nó được tính theo bản làm việc 1 chiều.

Tải trọng gồm tĩnh tải và hoạt tải. Tĩnh tải là trọng lượng bản thân của ô văng và các lớp trát. Hoạt tải lấy theo tiêu chuẩn tải trọng và tác động (tiêu chuẩn thiết kế) TCVN 2737-90 lấy theo trọng lượng bản thân của người (có dụng cụ) đứng trên đó để sửa chữa, nguy hiểm nhất khi người đứng ở ngoài mép của ô văng. Khi tính toán lấy trên mỗi mét chiều dài mép, ô văng có 1 người đứng. Trọng lượng tiêu chuẩn của người 0,75KN, hệ số vượt tải 1,4.

- Cốt thép cho ô văng: Tính theo cấu kiện chịu uốn. Đặt thép theo cấu tạo của bản, mõ men căng thó trên cho nên phải đặt thép chịu lực gần về mặt trên của bản.



Hình 10.20: Sơ đồ kết cấu ô văng
a) Mặt bằng ô văng; b) Sơ đồ tính; c) Tính chống lật.

- Tính chống lật của ô văng: Ô văng có thể bị lật quanh mép ngoài của tường. Mõ men lật do các tải trọng đặt trên ô văng gây ra. Mõ men chống lật được tạo ra bởi trọng lượng khối tường bên trên đè xuống. Khối tường này được tính là hình thang, đáy nhỏ bằng chiều rộng của ô cửa rồi mở rộng ra mỗi bên một góc 30°. Trọng lượng tường càng nhẹ càng dễ bị lật, cho nên khi tính mõ men chống lật chỉ lấy hệ số vượt tải 0,9. Để an toàn lấy thêm hệ số an toàn $\frac{M_{\text{giú}}}{M_{\text{lật}}} = 1,3 \div 1,5$

3. Lanh tô kết hợp với ô văng (nhiều trường hợp đúc liền lanh tô với ô văng)

Khi thiết kế vẫn tính toán riêng từng bộ phận, tính ô văng trước rồi tính lanh tô sau.

Ô văng vẫn tính như vừa trình bày.

Tính lanh tô: Ngoài phần tải trọng từ khối tường bên trên đặt vào, phải kể đến phần tải trọng từ ô văng truyền đến.

§10-7. MÁNG NƯỚC

1. Khái niệm

Máng nước là bộ phận để dẫn nước mưa trên mái nhà đến các ống thoát nước, máng nước có thể bố trí bên trong hoặc bên ngoài của tường biên ngoài nhà.

2. Tải trọng

Tải trọng trên máng nước gồm có tĩnh tải và hoạt tải.

Tịnh tải do các lớp cấu tạo nên máng nước gây ra, được xác định theo thực tế.

Hoạt tải có thể do người thi công sửa chữa hoặc do nước mưa đầy đến lõi trống tràn (theo TCVN 2737-90).

Khi thiết kế phải chọn 1 trong 2 tổ hợp tải trọng, tổ hợp nào gây ra nội lực lớn hơn thì lấy để tính toán.

Tổ hợp tải trọng 1: Tịnh tải cộng với hoạt tải của người thi công.

Tổ hợp tải trọng 2: Tịnh tải cộng với hoạt tải của nước đầy đến lõi tràn.

3. Xác định nội lực: Tuỳ theo phân tích sơ đồ tĩnh.

- Máng nước ở trong nhà: Tính theo dầm tiết diện chữ U. Trong 1 đoạn máng làm việc như panen sườn ngửa, nếu đúc bê tông liền qua nhiều tường thì máng là dầm liên tục.

- Máng nước ở bên ngoài nhà mà có dầm đỡ: Phải căn cứ tỷ lệ $\frac{l_d}{l_n}$ mà dầm đỡ và thành máng tạo nên cho các ô bản để cho sơ đồ tính.

4. Biện pháp chống lật cho máng nước

Máng đặt ngoài nhà rất dễ bị lật quanh mép tường ngoài. Để chống lật có thể dùng các biện pháp:

- Dùng panen làm đối trọng để gây mô men giữ.
- Neo thép của máng nước vào lớp bê tông chống thấm mái.
- Neo máng nước vào bu lông hoặc thép chờ vào khối tường ở bên dưới.
- Làm dầm công xôn đỡ.

§10.8. MÓNG BÊ TÔNG CỐT THÉP

Móng là một bộ phận kết cấu chôn dưới đất để truyền tải trọng của công trình xuống đất nền. Móng bê tông cốt thép được sử dụng rộng rãi vì nó thích hợp cho các công trình lớn và nhỏ, xây dựng trên nền đất bình thường và nền đất yếu.

Theo hình thức và cách truyền tải xuống nền, móng bê tông cốt thép được chia ra các loại sau: Móng đơn, móng băng, móng bè và móng cọc. Trong đó: Móng đơn, móng băng, móng bè thuộc về móng nông vì để móng được đặt trên nền đất thiên nhiên hoặc nền đất đã được gia cố với độ sâu chôn móng không lớn (nông). Móng cọc là móng sâu vì mũi cọc có thể được đặt ở độ sâu hàng chục mét.

- Móng đơn thường để đỡ cột trong điều kiện đất tốt và khoảng cách cột lớn.
- Móng băng để đỡ tường hoặc hàng cột. Khi đất nền yếu có thể dùng móng băng giao nhau.
- Móng bè có diện tích để móng trải rộng trên cả mặt bằng công trình. Có thể hình dung móng bè như một sàn cứng lật ngược, tựa lên nền đất.

Khi đất nền yếu, dùng các loại móng nông không thỏa mãn các yêu cầu về kỹ thuật và kinh tế thì phải dùng móng cọc để đưa tải trọng công trình truyền qua cọc xuống lớp đất tốt ở dưới sâu.

Theo kết cấu và vật liệu chia ra các loại móng: Móng cứng và móng mềm.

Lực từ trên công trình truyền qua móng theo một góc mỏng α (như hình 10-21) gọi là góc truyền lực.

Nếu các cạnh dưới của bậc móng đều nằm trong phạm vi truyền lực thì bản thân móng chỉ chịu nén. Móng như vậy gọi là móng cứng. Móng cứng được làm bằng gạch xây, đá xây, bê tông không cốt thép (hoặc nếu có cốt thép cũng chỉ là đặt theo yêu cầu tạo).

Góc truyền lực của 3 loại vật liệu kể trên như sau:

Vật liệu	Góc truyền lực α	Ghi chú
Gạch xây	$\approx 30^\circ$	
Đá	$\approx 26^\circ$	
Bê tông	45°	

Móng mềm là móng có cạnh dưới của bậc móng nằm ngoài phạm vi truyền lực, móng mềm phải làm bằng bê tông cốt thép, cốt thép đặt trong đó phải được tính toán kỹ.

Chọn dùng loại móng nào phải xuất phát từ tính chất của công trình, đặc điểm của đất nền và biện pháp thi công ở một địa điểm cụ thể nhằm đạt các yêu cầu về cường độ và biến dạng của đất nền đảm bảo cho độ lún và độ chênh lún đạt yêu cầu quy định của tiêu chuẩn thiết kế. Việc chọn sai phương án móng có thể lãng phí lớn, nghiêm trọng hơn nữa là làm cho công trình bị lún, nứt mà việc sửa chữa là rất phức tạp và tốn kém.

Trong phần kết cấu móng bê tông cốt thép này, chủ yếu là trình bày cấu tạo và cách tính toán móng nông ở dưới các cột độc lập hoặc móng băng ở dưới tường.

1. Móng đơn

Móng đơn có thể là móng đơn toàn khối (dỗ tại chỗ) hoặc lắp ghép.

a) Cấu tạo móng đơn

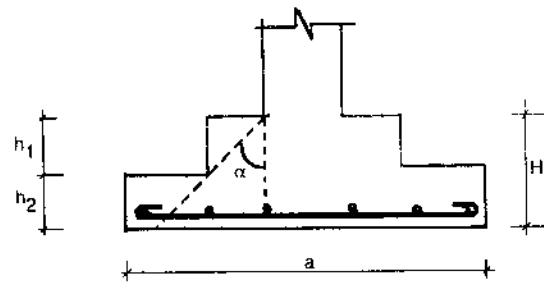
1) Móng toàn khối

Móng đơn có thể phải chịu tải trọng đúng tâm (lực nén đúng tâm) hoặc tải trọng lệch tâm (lực nén đúng tâm cộng với lực cắt và mô men uốn dưới chân cột).

Về hình dáng, móng đơn có thể là móng giật cấp hoặc hình tháp. Mỗi bậc của móng có thể có chiều cao từ 30 đến 60cm. Hình (10-21) thể hiện mặt cắt ngang của móng đơn giật cấp toàn khối.

Chiều cao các bậc phụ thuộc chiều cao chung của móng. Có thể lấy chiều cao các bậc như trong bảng kiến nghị chiều cao bậc móng dưới đây.

Áp lực truyền từ cột xuống có thể xem như theo một góc mở 45° . Như vậy chiều cao của các bậc trên phải đủ để cho đường xiên 45° nằm phía trong khối móng.



Hình 10.21: Móng đơn giật cấp toàn khối

Bảng kiến nghị chiều cao bậc móng đơn

Chiều cao móng H,(mm))	Chiều cao bậc mm)		
	h ₁	h ₂	h ₃
300	300	-	-
450	450	-	-
600	300	300	-
750	300	450	-
900	300	300	300
1050	300	300	450
1200	300	450	450
≥ 1500	450	450	600

Chiều cao chung của móng và các bậc phải được kiểm tra về chọc thủng (công thức 10-63) và chiều cao móng phải đủ để neo chắc cốt dọc vào móng một đoạn không nhỏ hơn l_{neo} .

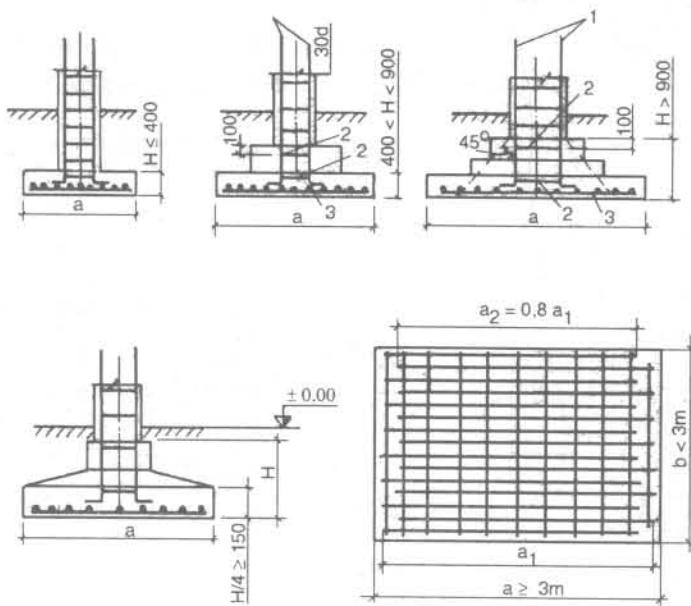
Trên mặt bằng, đế móng có thể là vuông, chữ nhật hoặc tròn tùy thuộc đặc trưng của tải trọng và hình thức kết cấu phần trên. Móng chịu tải trọng nén trung tâm thường có đế hình vuông hoặc hình chữ nhật. Khi tải trọng là lệch tâm, đế móng là hình chữ nhật với tỉ lệ cạnh:

$$\frac{b}{l} = 0,6 \div 0,85 \quad (10-59)$$

Bê tông móng thường có mác 150, 200 hoặc 300. Đế móng nằm trên lớp bê tông lót (có thể là bê tông gạch vỡ) dày 10cm.

Chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép trong thân móng phải không nhỏ hơn 35mm khi có lớp bê tông lót và không nhỏ hơn 70mm khi không có lớp bê tông lót.

Khi cột đổ tại chỗ liền với móng và được coi là ngầm vào móng thì cao trình của ngầm nằm ở mặt của bậc trên cùng. Khi đó bố trí cốt thép giống như trên hình (10-22).



Hình 10.22: Bố trí cốt thép trong móng đơn
1. Thép chở; 2. Cốt đai; 3. Lưới thép chịu lực

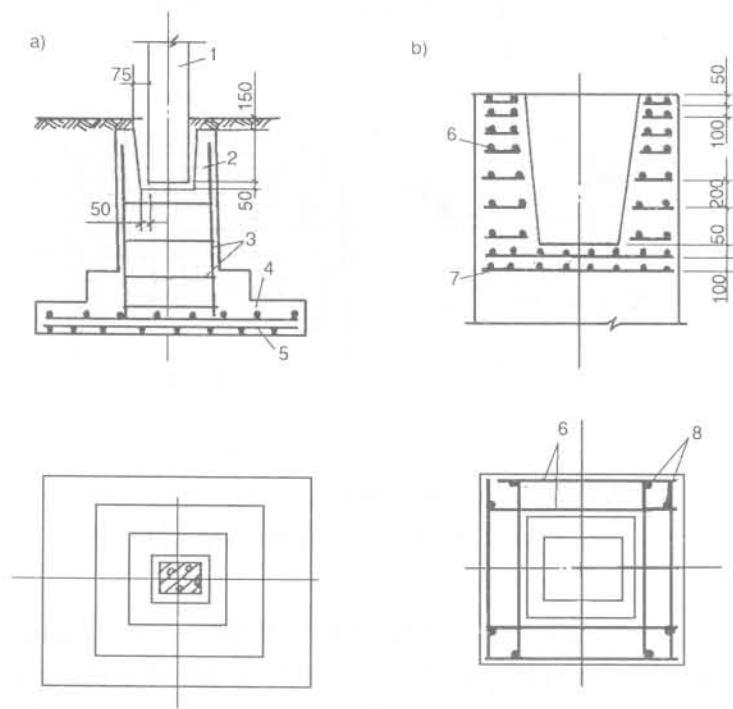
Cốt chịu lực của cột có thể cắm xuống đến lưới thép ở đáy móng, nhưng để dễ thi công người ta thường đặt thép chở và đổ bê tông phần cột cho đến cao trình nền (cốt + 0,00). Cốt thép chở phải có diện tích bằng hoặc lớn hơn diện tích cốt chịu lực của cột. Việc nối cốt chở với cốt chịu lực của cột phải tuân theo những quy định về cắt và nối cốt thép trong cột, nghĩa là khi nối buộc thì trên một tiết diện, trong phạm vi l_{neo} không được nối quá 50% diện tích toàn bộ cốt chịu lực nếu là cốt cô gờ và không quá 25% nếu là cốt tròn.

Cốt thép dưới đế móng là cốt chịu kéo được đặt theo cả hai phương ngắn và dài, tạo thành lưới, trong đó cốt theo phương dài đặt xuống dưới, cốt theo phương ngắn đặt phía trên. Đường kính cốt thép thường không nhỏ hơn 10mm, khoảng cách cốt thép thường từ 10 đến 20cm. Lưới thép dưới đế móng có thể là lưới buộc hoặc lưới hàn. Để tiết kiệm thép khi móng có cạnh lớn hơn 3m cho phép có một nửa số thanh không phải kéo ra mép móng, điều đó được thể hiện trên hình (10-22).

Trong phạm vi chiều cao móng, cần có ít nhất hai cốt đai, một cốt đai ở sát đáy và một cốt đai cách mặt trên của móng 100mm.

Móng đơn toàn khối có thể đỡ cột lắp ghép. Nếu cột được coi là ngầm với móng thì ở thân móng phải để lỗ để cắm cột vào, khi đó móng có tên là móng cốc. Móng cốc có thể nằm sâu dưới mặt đất hoặc đặt ngang cao trình mặt đất tự nhiên để có thể lắp đặt sau khi đổ bê tông móng, tạo điều kiện cho việc bố trí các cấu kiện lắp ghép và việc di chuyển của thiết bị cầu lắp. Kích thước của cốc móng giống như đối với móng lắp ghép.

Hình (10-23) giới thiệu cấu tạo của móng mà các móng được dâng lên sát cao trình mặt đất tự nhiên.



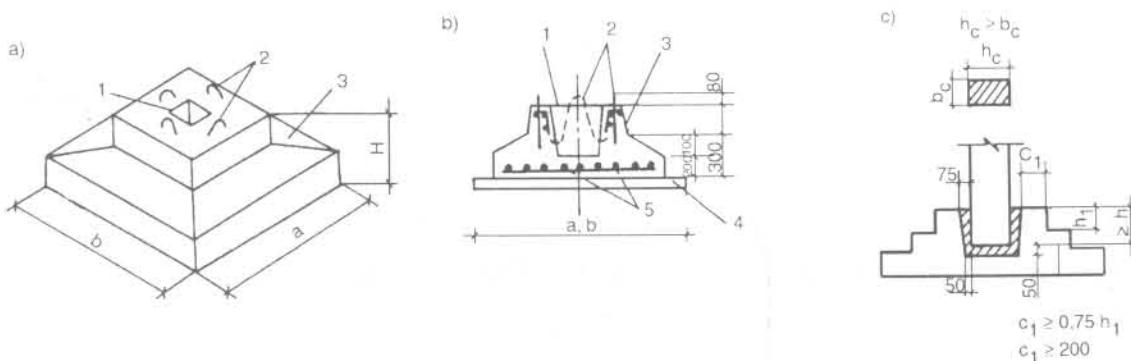
Hình 10.23: Cấu tạo móng toàn khối dưới cột lắp ghép
a) Hình dáng và sơ đồ cốt thép; b) Sơ đồ cốt thép ở cổ móng.

1. Cột lắp ghép;
2. Cốc móng;
3. Khung cốt thép ở cổ móng;
4. Thân móng;
5. Lưới thép dưới đế móng;
6. Lưới hàn ở cổ móng;
7. Lưới hàn dưới đáy cốc;
8. Cốt dọc ở cổ móng.

2) Móng lắp ghép

Móng lắp ghép có thể được chế tạo thành một khối hoặc chế tạo thành nhiều bộ phận rồi ghép lại tùy theo khả năng vận chuyển và cầu lắp. Móng lắp ghép thường chỉ được sử dụng khi thi công móng toàn khối gặp nhiều khó khăn.

Kích thước của móng lắp ghép và lưới thép phía dưới cũng giống như đối với móng toàn khối.



Hình 10.24: Móng lắp ghép một khối

a) Hình dạng; b) Mặt cắt; c) Kích thước cốt móng

Kích thước cốt móng được xác định trên cơ sở đảm bảo điều kiện ngầm của móng đối với cột ở tiết diện mặt trên của móng (như đối với móng toàn khối). Muốn vậy chiều sâu chân cột phải lấy trong khoảng $(1 \div 1,4)h_c$ phụ thuộc vào độ lệch tâm của lực dọc. Gọi h_c là chiều cao của cột chịu nén lệch tâm thì:

* Khi $e_o \leq h_c$: Chiều sâu chân cột lấy bằng h_c và chiều dày của cốt móng bằng $\frac{1}{5}h_c$ nhưng không nhỏ hơn 20cm.

* Khi $e_o = 2h_c$: Chiều sâu chân cột lấy bằng $1,2h_c$ và chiều dày cốt móng bằng $\frac{1}{4}h_c$ nhưng không nhỏ hơn 20cm.

* Khi $e_o \geq 3h_c$: Chiều sâu chân cột lấy bằng $1,4h_c$ và chiều dày cốt móng bằng $\frac{1}{3}h_c$ nhưng không nhỏ hơn 20cm.

Bản đáy dưới cốt móng phải đủ chịu lực khi lắp cột. Cốt móng phải có độ vát và đủ rộng để dễ tháo ván khuôn và thuận tiện cho việc lắp cũng như điều chỉnh tim cốt của cột. Các kích thước cụ thể xem trên hình (10-24).

Sau khi lắp cột, các kẽ hở giữa cột và cốt được chèn bằng bê tông sỏi nhỏ với mác không nhỏ hơn 200.

Móng lấp ghép phải có bốn móng cẩu đặt trên mặt móng.

Để đảm bảo độ cứng, chịu các lực va chạm và điều chỉnh tim cốt khi lắp ghép, trên miệng cốc móng phải đặt cốt thép như trên hình (10-23) và hình (10-24).

b) *Tính toán móng đơn chịu nén đúng tâm*

Kích thước đế móng và độ sâu chôn móng được xác định từ điều kiện cường độ và biến dạng của đất nền có kết hợp với các điều kiện cụ thể của nơi xây dựng. Các điều kiện phải đảm bảo khi tính toán đất nền là:

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_c \leq R \\ S \leq S_{gh} \\ i \leq i_{gh} \end{array} \right\} \quad (10-60)$$

Trong đó:

σ_c - Úng suất dưới đế móng do tải trọng tiêu chuẩn gây ra;

R - Cường độ của đất dưới đế móng;

S - Độ lún tuyệt đối của móng dưới tác dụng của tải trọng tiêu chuẩn.

S_{gh} - Độ lún giới hạn của móng do tiêu chuẩn thiết kế nền móng quy định, phụ thuộc vào loại kết cấu công trình.

i - Độ lún lệch tương đối giữa hai móng.

i_{gh} - Độ lún lệch tương đối giới hạn do tiêu chuẩn thiết kế nền móng quy định (xem TCXD).

Khi kích thước thân móng và lượng cốt thép đặt trong móng được xác định từ điều kiện cường độ của móng dưới tác dụng của tải trọng tính toán.

1) *Chọn chiều sâu chôn móng*

Khi chọn chiều sâu chôn móng phải kể đến các điều kiện sau:

+ Điều kiện địa chất và địa chất thủy văn.

Khi chọn chiều sâu chôn móng theo các điều kiện địa chất và địa chất thủy văn cần tuân theo những nguyên tắc sau:

- Chọn lớp đất chịu lực của nền phụ thuộc vào vị trí các lớp đất, trạng thái vật lý của chúng, phương pháp xây dựng móng, trị số độ lún giới hạn và sự ổn định của nền.

- Phải chôn móng vào lớp đất chịu lực 10 - 50cm.

Cố gắng không nên để dưới đáy móng có một lớp đất mỏng nếu tính nén lún của lớp đất đó lớn hơn nhiều so với lớp đất nằm phía dưới.

- Cố gắng đặt móng cao hơn mực nước ngầm để giữ nguyên kết cấu của đất và không phải tháo nước.

- Chiều sâu chôn móng thấp hơn mực nước ngầm (có kể đến sự lên xuống của nó) phải giải quyết vấn đề giữ nguyên kết cấu trong nền khi đào hố móng.

+ Những đặc tính khí hậu vùng

Những ảnh hưởng của đặc tính khí hậu vùng như các điều kiện về khả năng đất bị nở trồi khi đóng băng, bị lún khi tan băng, trương nở khi độ ẩm tăng...

+ Trị số và đặc trưng của tải trọng

- Những công trình nặng nên để móng tựa lên những lớp đất chặt hơn nằm ở chiều sâu lớn.

- Khi đất đồng nhất thì chỉ khi nào có các cơ sở kinh tế - kỹ thuật mới cho phép tăng chiều sâu chôn móng nhằm giảm diện tích đáy móng.

+ Đặc điểm của nhà và công trình

- Nhà có tầng hầm

- Nhà có đường liên lạc ngầm, đường ống...

+ Chiều sâu chôn móng của các công trình lân cận.

- Thông thường chọn chiều sâu chôn móng ngang với cao trình đáy móng chính của các công trình lân cận.

- Chỉ được phép đặt móng tại cao trình cao hơn khi đảm bảo giữ được kết cấu của đất nằm trên chiều sâu chôn móng các công trình lân cận.

- Không được đặt đáy móng thấp hơn móng các công trình nằm sát các móng đó nếu không có biện pháp ngăn ngừa độ lún của những móng của các công trình lân cận đó.

Điều kiện:

$$\operatorname{tg}\alpha \leq \operatorname{tg}\alpha_1 + \frac{C_1}{P_1} \quad (10-61)$$

Trong đó:

α : Góc tạo bởi đường nằm ngang qua đáy hố móng mới sâu hơn và đoạn thẳng nối điểm mép đáy hố móng sâu hơn với mép gần nhất của đáy móng nông hơn.

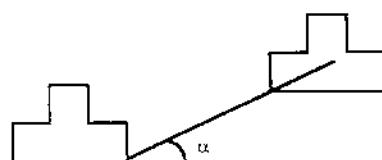
ϕ_1, C_1 : Trị số tính toán của góc ma sát trong và lực dính đơn vị của đất.

P_1 : Áp lực tính toán do đáy móng nông hơn tác dụng xuống nền.

Theo DTU của Pháp thì: $\operatorname{tg}\alpha = \frac{2}{3}$

+ Kể đến phương pháp thi công

Tùy theo phương pháp thi công móng mà kết cấu của đất nền bị phá



hoại đến một mức độ nào đó. Nếu dùng các phương pháp thi công mà không thể bảo đảm giữ nguyên hoàn toàn kết cấu đất nền khi đào hố móng thấp hơn mực nước ngầm thì nên lấy chiều sâu móng tối thiểu cho phép và diện tích đáy móng lấy trị số lớn nhất.

2) Xác định áp lực tiêu chuẩn theo kích thước của móng và các đặc trưng cường độ của đất.

Áp lực tiêu chuẩn lên đất nền xác định theo công thức:

$$R^{tc} = m [(A.b - B.h)\gamma_c + D.c^{tc}] \quad (10-62)$$

Trong đó:

m: Hệ số điều kiện làm việc.

Khi nước ngầm cao hơn đáy móng:

- Cát bụi m = 0,5;
- Cát nhỏ m = 0,8;
- Các trường hợp khác m = 1;

A, B, D: Hệ số không thứ nguyên phụ thuộc vào góc ma sát trong tiêu chuẩn của đất (φ^{tc}).

b: Chiều rộng của móng (m).

h: Chiều sâu chôn móng tính từ mặt đất thiên nhiên.

3) Xác định chiều cao H của móng

Chiều cao tối thiểu của móng có để hình chữ nhật khi không có cốt thép ngang chịu cắt được xác định từ điều kiện chống đâm thủng (cột đâm thủng móng). Mật trượt (thủng) xem như có dạng hình tháp xuất phát từ chân cột, nghiêng một góc 45° xuống đến đáy móng. Điều kiện cường độ như sau:

$$P \leq 0,75 R_k b_{tb} h_o \quad (10-63)$$

Trong đó:

R_k : Cường độ chịu kéo tính toán của bê tông;

h_o : Chiều cao làm việc của móng;

b_{tb} : Giá trị trung bình số học của chu vi phía trên và phía dưới của tháp đâm thủng

$$b_{tb} = 2(h_c + b_c + 2h_o);$$

P: Lực đâm thủng xác định theo tính toán.

Phản áp lực dưới đế móng nằm trong phạm vi tháp đâm thủng chỉ gây lực ép cho tháp mà không có tác dụng cắt bê tông theo mặt nghiêng của tháp.

Nếu gọi N là lực dọc ở tiết diện chân cột ta có:

$$P = N - F_{dl} P_d \quad (10-64)$$

Trong đó: F_{dt} : Diện tích đáy của tháp đâm thủng (m^2).

$$F_{dt} = (h_c + 2h_o)(b_c + 2h_o)$$

P_d : Áp lực dưới đế móng do tải trọng tính toán gây ra (KN).

$$P_d = \frac{N}{F_M};$$

F_M : Diện tích đế móng (m^2).

Ở đây bỏ qua phần trọng lượng đất và móng nằm phía trên tháp đâm thủng để đơn giản tính toán mà vẫn đảm bảo sai số không đáng kể.

Chiều cao của bậc dưới cùng (phần côngxôn nằm ngoài tháp đâm thủng) được xác định từ điều kiện đảm bảo bê tông đủ chịu cắt mà không cần đặt cốt ngang. Điều kiện đó là:

$$P_d \cdot c \leq 0,8 R_k h_{o1} \quad (10-65)$$

Trong đó c : Độ vươn của bậc dưới ra ngoài tháp đâm thủng (hình 10-25)

$$c = 0,5 (a - h_c) - h_o$$

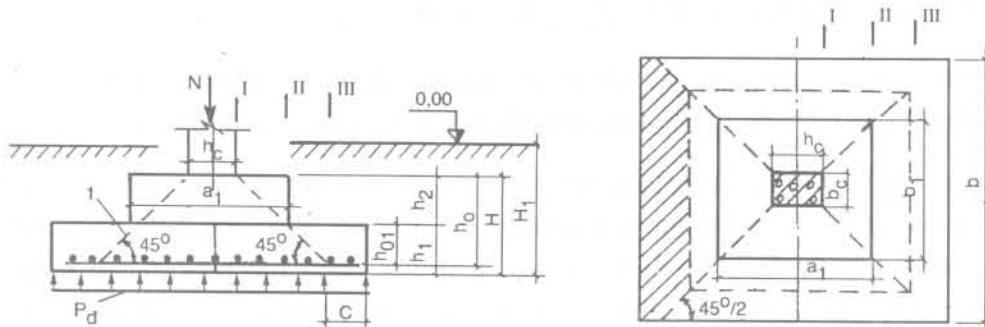
P_d : Áp lực dưới đế móng;

h_{o1} : Chiều cao có ích của bậc dưới.

Móng có thể có chiều cao nhỏ hơn yêu cầu của công thức (10-63). Trong trường hợp đó móng thường có hình tháp và phải tính toán cốt xiên để chịu lực cắt. Tuy vậy chỉ nên dùng móng kiểu này trong những trường hợp bắt buộc vì nó không kinh tế và độ cứng nhỏ so với móng có chiều cao lớn.

4) Xác định diện tích cốt thép đáy móng

Móng chịu phản lực đất từ dưới lên. Khi tính cốt thép đáy móng người ta xem móng làm việc như những bản côngxôn bị ngầm ở tiết diện mép cột tiết diện I - I trên hình (10-26), ở tiết diện giật cấp (tiết diện II-II) và tiết diện trùng với mép dưới của tháp đâm thủng. Cần phải tính cốt thép cho cả hai phương theo hai cạnh của móng, ở mỗi phương phải tính cho các tiết diện kể trên.



Hình 10.25: Sơ đồ tính móng chịu nén đúng tâm

1. Tháp đâm thủng; 2. Đáy tháp đâm thủng

Ví dụ tính cốt thép cho phương cạnh dài a trên hình (10-26) mô men uốn trên tiết diện I-I gọi là M_1 sẽ do phản phản lực đất trong phạm vi hình thang ABCD gây ra, còn mômen uốn trên tiết diện II-II gọi là M_2 sẽ do phản phản lực đất trong phạm vi hình thang EBCF gây ra.

Tuy nhiên, để đơn giản tính toán và cũng thiêng về an toàn người ta thường tính mômen uốn trên tiết diện I-I theo phản lực đất trong phạm vi hình chữ nhật BCHG và M_2 theo phản lực đất trong phạm vi hình chữ nhật BCKI. Kết quả tính được:

$$\left. \begin{array}{l} M_1 = 0,125P_d b(a - h)^2 \\ M_2 = 0,125P_d b(a - a_1)^2 \end{array} \right\} \quad (10-66)$$

Diện tích cốt thép theo phương cạnh a sẽ được tính theo công thức

$$F_a = \frac{M}{0,9R_a h_o} \quad (10-67)$$

Trong đó: M lấy giá trị M_1 để tính F_{a1} và M_2 để tính F_{a2} . Cốt thép đặt vào móng sẽ được lấy theo giá trị lớn hơn trong F_{a1} và F_{a2} .

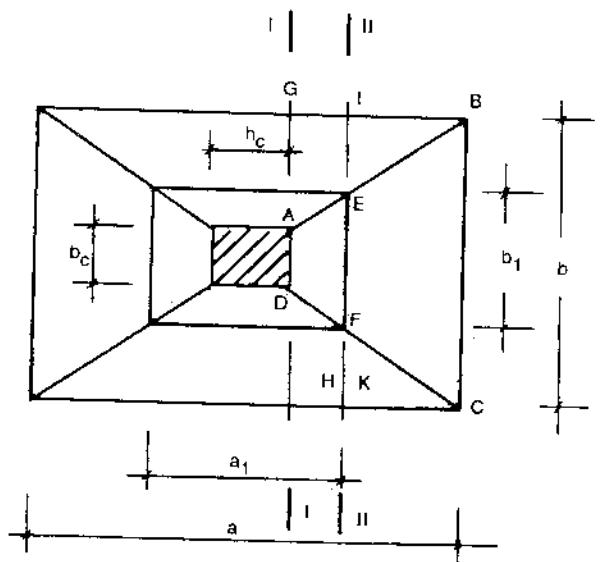
Việc tính cốt thép theo phương cạnh ngắn cũng tương tự như đối với phương cạnh dài. Hàm lượng cốt thép dọc ở các tiết diện không được nhỏ hơn μ_{min} đối với cấu kiện chịu uốn.

c) Tính toán móng đơn chịu tải trọng lệch tâm

Kích thước đế móng và độ sâu chôn móng cũng được xác định từ điều kiện cường độ và biến dạng của đất nền giống như đối với cấu kiện chịu nén đúng tâm.

Khi chịu tải trọng lệch tâm (hoặc một lực dọc và một mô men) cạnh dài của móng thường nằm theo phương tác dụng của mômen và biểu đồ phản lực dưới đế móng được xem như phân bố hình thang hoặc hình tam giác mà phản lực lớn nhất ở mép móng không được vượt quá $1,2R$, tức là trong công thức (10-60) phải thay điều kiện cường độ là:

$$\sigma_c \leq 1,2R \quad (10-68)$$



Hình 10.26: Sơ đồ tính cốt thép dày móng

Đồng thời phản lực trung bình của đất phải đảm bảo điều kiện:

$$\sigma_{tb} = \frac{N}{F} \leq R \quad (10-69)$$

Mức độ phân bố không đều của phản lực nên cũng yêu cầu khác nhau tùy thuộc tính chất của kết cấu phần trên.

Việc tính toán cường độ của móng đơn chịu nén lệch tâm gồm có:

* Xác định kích thước thân móng (chiều cao móng và chiều cao các bậc) giống như đối với móng chịu nén đúng tâm.

* Xác định diện tích cốt thép đặt theo hai phương của đế móng cũng giống như đối với móng chịu nén đúng tâm nhưng phải thay P_d bằng P_{tb} . Ví dụ đối với móng trên hình (10.27), cốt thép F_{a1} ở tiết diện I-I được tính theo:

$$P_{1tb} = \frac{P_{max} + P_1}{2} \quad (10-70)$$

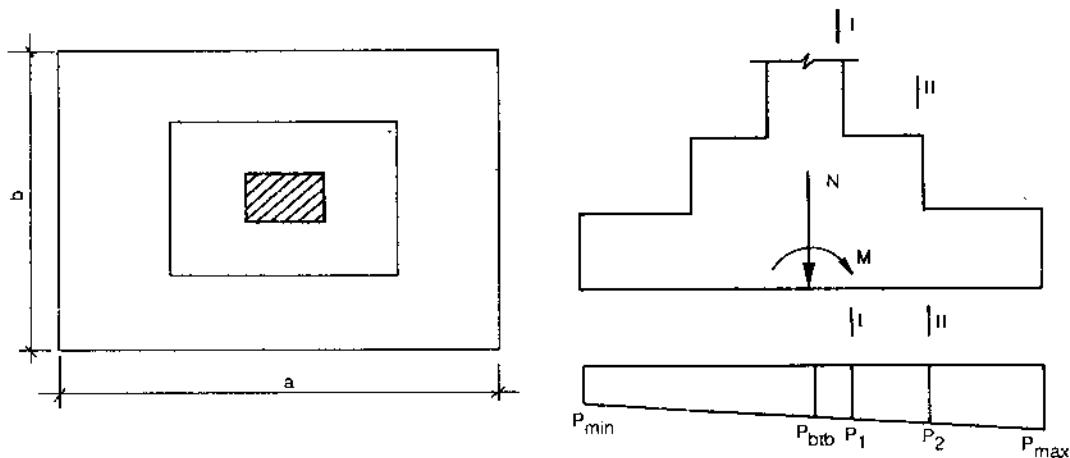
Còn cốt thép F_{a2} ở tiết diện II-II được tính theo

$$P_{2tb} = \frac{P_{max} + P_2}{2} \quad (10-71)$$

Cốt thép theo phương cạnh b được tính theo

$$P_{btb} = \frac{P_{max} + P_{min}}{2} \quad (10-72)$$

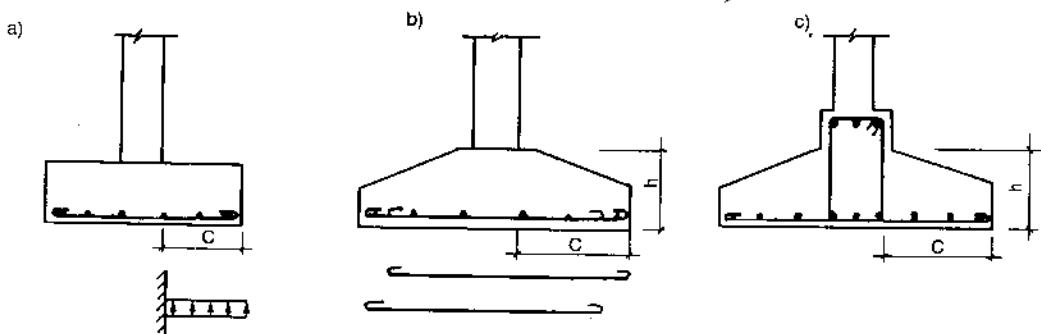
Cốt thép ở các tiết diện phải có hàm lượng lớn hơn hàm lượng tối thiểu.



Hình 10.27: Sơ đồ tính móng chịu nén lệch tâm

2. Móng băng dưới tường chịu lực

Nếu xem tường chịu lực là có độ cứng rất lớn trong mặt phẳng của nó thì móng băng dưới tường chịu lực chỉ làm việc theo phương ngang như một công xôn mà tiết diện ngầm có thể xem là mép tường (hình 10-28).



Hình 10.28: Móng băng dưới tường

Cốt thép chịu lực là cốt đặt theo phương ngang, cốt đặt theo phương dọc móng là cốt phân bố. Tuy vậy nếu kể đến sự lún không đều của móng theo phương dọc tường cũng như khu vực có khoét lỗ cửa thì cốt thép đặt theo phương dọc sẽ phải chịu lực. Cho nên khi đất có tính biến dạng phức tạp người ta thường cấu tạo thêm sườn và có đặt cốt thép dọc trong sườn như hình (10-28c).

Móng băng có thể có tiết diện bản móng là hình chữ nhật khi bê tông móng không lớn (hình 10-28a). Tiết diện hợp lý là tiết diện có hai mái dốc (hình 10-28b) vì nó phù hợp với biểu đồ mô men và lực cắt, do đó tiết kiệm vật liệu. Chiều cao mép ngoài của móng h_n thường không nhỏ hơn 200mm.

Chiều cao h của móng băng được xác định từ điều kiện không phải đặt cốt thép ngang để chịu cắt, nghĩa là phải thỏa mãn điều kiện.

PHỤ LỤC

Bảng 1: Cường độ tính toán của gỗ Việt Nam (KN/cm²)

Số TT	Trạng thái ứng suất	Ký hiệu	Nhóm gỗ	Độ ẩm W	
				15%	18%
1	Nén dọc thớ và ép mặt dọc thớ	R_n R_{em}	IV	1,5	1,35
			V	1,55	1,35
			VI	1,2	1,15
			VII	1,15	1,00
2	Kéo thớ dọc	R_k	IV	1,15	1,1
			V	1,25	1,2
			VI	1,00	0,95
			VII	0,85	0,8
3	Uốn	R_u	IV	1,7	1,5
			V	1,85	1,65
			VI	1,35	1,2
			VII	1,20	1,05
4	Nén ngang thớ và ép ngang mặt (Cục bộ/toàn bộ)	R_n^{90}	IV	0,25/0,25	0,24/0,24
			V	0,28/0,25	0,25/0,22
		R_{em}^{90}	VI	0,2/0,2	0,18/0,18
			VII	0,15/0,15	0,13/0,13
5	Trượt dọc thớ	R_{tr}	IV	0,29	0,25
			V	0,30	0,25
			VI	0,24	0,21
			VII	0,22	0,19

$$R_{tr}^{90} = \frac{1}{2} R_{tr}; \quad R_u^\alpha = \frac{R_u}{1 + \sin^3 \alpha}; \quad R_{em}^\alpha = \frac{R_{em}}{1 + \left(\frac{R_{em}^{90}}{R_{em}} \right) \sin^3 \alpha}$$

**Bảng 2: Độ vông tương đối cho phép
của cấu kiện gỗ chịu uốn TCXD 44 -70**

Cấu kiện chịu uốn bằng gỗ	$\left[\frac{f}{l} \right]$
1. Dầm sàn	1/250
2. Dầm trần	1/200
3. Xà gỗ, kèo	1/200
4. Cầu phong, ván mái	1/150

Bảng 3: Khả năng chịu lực của một chốt hoặc đinh

Hình thức làm việc	Kí hiệu	Khả năng chịu lực của một mặt cắt (KN)		
		Đinh	Chốt thép	Chốt gỗ
Mặt cắt đối xứng	T_{en}^a T_{en}^c	0,8ad 0,5cd	0,8ad 0,5cd	0,8ad 0,3cd
Mặt cắt không đối xứng	T_{en}^a T_{en}^c	0,8ad 0,35cd	0,8ad 0,35cd	0,5ad 0,2cd
Mặt cắt cả đối xứng và không đối xứng	T_e	$2,5d^2 + 0,01a^2$ và phải $\leq 4d^2$	$1,8d^2 + 0,02a^2$ và $\leq 2,5d^2$	$0,45d^2 + 0,02a^2$ và $\leq 0,65d^2$

a , c , d tính theo cm thì T tính ra KN

Bảng 4: Hệ Số K_α

Góc α	Đối với chốt thép có đường kính (cm)				Đối với chốt gỗ
	1,2	1,6	2	2,4	
30	0,95	0,9	0,9	0,9	1
60	0,75	0,7	0,65	0,6	0,8
90	0,70	0,6	0,55	0,5	0,7

Bảng 5: Cường độ tính toán của đường hàn

Đường hàn	Trạng thái ứng suất	Kí hiệu	Cường độ tính toán KN/cm ²	Ghi chú
Đối đầu	chịu nén	R _n ^h	21	Khi hàn tự động
"	chịu kéo	R _k ^h	18	Khi hàn thủ công
"	chịu cắt	R _c ^h	13	
Góc	kéo, nén, cắt	R _g ^h	15	Hàn thủ công $R_g^h = 14 \text{ KN/cm}^2$

Bảng 6 : Phân phối nội lực trong đường hàn liên kết thép góc vào thép bắn

Cách liên kết	Sơ đồ liên kết	N ₁	N ₂
Thép góc cạnh đều		0,7N	0,3N
Thép góc không đều hàn ghép theo cạnh ngắn		0,75N	0,25N
Thép góc không đều hàn ghép theo cạnh dài		0,65N	0,35N

Bảng 7: Đường kính đinh tán và bulông thường dùng

Đường kính đinh tán bulông d(mm)	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36
d ₁ đường kính lỗ đinh tán	13	15	17	19	21	23	25	28,5	28,5	37,5
d ₀ đường kính lỗ bulông	15	17	19	21	23	25	27	30	33	39
F _{th} của bulông (cm ²)	0,762	1,05	1,44	1,75	2,25	2,81	3,24	4,27	5,19	7,58
F bulông (cm ²)	1,13	1,54	2,01	2,54	3,14	3,80	4,52	5,73	7,07	10,18

Bảng 8: Cường độ tính toán của đinh tán KN/cm²

Trạng thái ứng suất	Ký hiệu	Đinh tán bằng thép nhóm CT(A ₁)			
		CT ₀	CT ₁	CT ₃ -CT ₄	CT ₅
- Chịu cắt lỗ loại B	R _c ^d	18	18	18	18
- Chịu cắt lỗ loại C	R _{cm} ^d	14	16	16	
- Chịu ép mặt lỗ B	R _{em} ^d	34	40	42	48
- Chịu ép mặt lỗ C	R _{em} ^d	27	32	38	12
- Giật đầu đinh	R _{gd} ^d	12	12	12	

Bảng 9 : Cường độ tính toán của bulông KN/cm²

Trạng thái ứng suất	Ký hiệu	Cường độ tính toán của bulông chế tạo từ thép			
		CT ₃		Hợp kim thấp	
		1 bulông	Nhiều bulông	1 bulông	Nhiều bulông
- Kéo	R _k ^b	17	17	23	23
- Cắt	R _c ^b				
+ Bulông thô		15	13		
+ Bulông tinh		17	17		
- Ép mặt	R _{cm} ^b	38	34	52	

Bảng 10 : Độ võng cho phép đối với đầm thép

Loại đầm	Độ võng cho phép $\left[\frac{f}{l} \right]$
- Dầm sàn	
a- Dầm chính	1/400
b- Dầm phụ	1/250
- Dầm tường	
a- Dầm chính	1/400
b- Dầm phụ	1/250
- Dầm mái	
a- Dầm chính	1/250
b- Dầm phụ	1/120

Bảng 11: Hệ số Ψ đối dầm thép hình chữ I thép CT₃-CT₄- Kê trên 2 gối tự do

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

Bảng 11: (tiếp theo)

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

Chú thích:

- $\varphi_1 = \varphi$ khi cánh nén của đầm trong 1 nhịp được cố kết từ 2 điểm trở lên.

Với đầm thép chữ L khi kiểm tra ổn định tổng thể trị số φ_d được nhân với hệ số 0,5 khi tải trọng đặt ở mặt phẳng song song với bản bụng đầm. Trị số φ_d nhân với hệ số 0,7 khi tải trọng tác dụng đặt trong mặt phẳng bản bụng đầm.

Bảng 12: Hệ số uốn dọc φ của cấu kiện thép chịu nén đúng tâm

λ	Thép CT ₃ + CT ₄									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	0,999	0,998	0,997	0,996	0,995	0,994	0,993	0,992	0,991
10	0,99	0,988	0,986	0,984	0,982	0,98	0,978	0,976	0,974	0,972
20	0,97	0,968	0,966	0,964	0,962	0,96	0,958	0,956	0,954	0,952
30	0,95	0,947	0,944	0,941	0,939	0,935	0,932	0,929	0,926	0,923
40	0,92	0,917	0,914	0,911	0,908	0,905	0,902	0,899	0,896	0,893
50	0,89	0,887	0,884	0,881	0,878	0,875	0,872	0,869	0,866	0,863
60	0,86	0,855	0,85	0,845	0,84	0,835	0,83	0,825	0,82	0,815
70	0,81	0,804	0,798	0,792	0,786	0,78	0,774	0,768	0,762	0,756
80	0,75	0,744	0,738	0,732	0,726	0,72	0,714	0,708	0,702	0,696
90	0,69	0,681	0,672	0,662	0,654	0,645	0,636	0,627	0,618	0,609
100	0,6	0,592	0,584	0,576	0,568	0,56	0,552	0,544	0,536	0,528
110	0,52	0,513	0,506	0,499	0,492	0,485	0,478	0,471	0,464	0,457
120	0,45	0,445	0,44	0,435	0,43	0,425	0,42	0,415	0,41	0,405
130	0,4	0,396	0,392	0,388	0,384	0,38	0,376	0,372	0,368	0,364
140	0,32	0,356	0,352	0,348	0,344	0,34	0,336	0,332	0,328	0,324
150	0,32	0,317	0,314	0,311	0,308	0,305	0,302	0,299	0,296	0,293
160	0,29	0,287	0,284	0,281	0,278	0,275	0,272	0,269	0,266	0,263
170	0,26	0,257	0,254	0,251	0,248	0,245	0,242	0,239	0,236	0,233
180	0,23	0,228	0,226	0,222	0,22	0,218	0,216	0,216	0,214	0,212
190	0,21	0,208	0,206	0,204	0,202	0,2	0,198	0,196	0,194	0,192
200	0,19	0,188	0,186	0,194	0,182	0,18	0,178	0,176	0,174	0,172
210	0,17	0,169	0,168	0,167	0,166	0,165	0,164	0,163	0,162	0,161
220	0,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Bảng 13: Đặc trưng của tiết diện thép đều cạnh

(Theo TCVN 1656 - 1975)

Các ký hiệu:

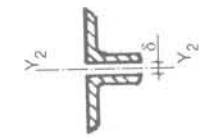
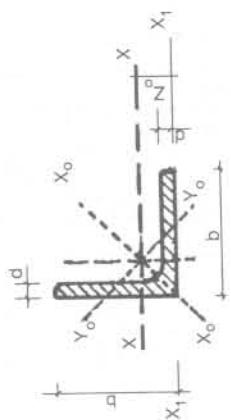
b - bê rộng cánh

d - bê dày cánh

J - mômen quán tính

Z_0 - khoảng từ mép đến trọng tâm

r - bán kính quán tính



Số hiệu	Kích thước (mm)	Diện tích tiết diện cm^2	Trọng lượng lm dài kG	Trị số đối với các trục				Bán kính quán tính				
				x-x		x_0-x_0		y_0-y_0		x_1-x_1		
				J_x cm^4	r_x cm	J_{x_0} cm^4	r_{x_0} cm	J_{y_0} cm^4	r_{y_0} cm	J_{x_1} cm^4	r_{x_1} cm	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4	40	3	2,35	3,55	1,85	1,23	5,63	1,55	1,47	0,79	6,35	1,09
4,5	45	3	2,65	2,08	5,13	1,39	8,13	1,75	2,12	0,89	9,04	1,21
5	50	4	3,48	2,73	6,63	1,38	10,5	1,71	2,74	0,89	12,10	1,26
5,6	56	4	4,38	3,44	13,1	1,73	20,8	2,18	5,41	1,11	23,3	1,33
6,3	63	5	5,28	4,25	16	1,72	25,4	2,16	6,59	1,10	29,2	1,57

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
7	4,5	6,20	4,87	29,00	2,16	46	2,72	1,2	1,39	51	1,88	3,22	3,29	3,36	
	5	6,86	5,38	31,90	2,16	50,7	2,72	13,2	1,39	56,7	1,90	3,23	3,30	3,38	
	6	8,15	6,39	37,60	2,15	59,6	2,71	15,5	1,38	68,4	1,94	3,25	3,33	3,40	
	7	9,42	7,39	43,00	2,14	68,2	2,69	17,8	1,37	80,1	1,99	3,28	3,36	3,43	
7,5	8	10,7	8,37	48,20	2,13	76,4	2,68	20	1,37	91,9	2,02	3,29	3,37	3,45	
	5	7,39	5,80	39,50	2,31	62,6	2,91	16,4	1,49	69,6	2,02	3,42	3,49	3,57	
	6	8,78	6,89	46,60	2,3	73,9	2,91	19,3	1,48	83,9	2,06	3,44	3,52	3,60	
	7	10,10	7,96	53,30	2,29	84,6	2,89	22,1	1,48	98,3	2,10	3,47	3,55	3,61	
8	8	11,50	9,02	59,80	2,28	94,9	2,87	24,8	1,47	113	2,15	3,50	3,54	3,65	
	9	12,80	10,10	66,10	2,27	105	2,86	27,5	1,46	127	2,18	3,51	3,59	3,67	
	5,5	8,63	6,78	52,70	2,47	83,6	3,11	21,8	1,59	93,2	2,17	3,64	3,71	3,78	
	6	9,38	7,36	57,00	2,47	90,4	3,11	23,5	1,58	102	2,19	3,65	3,72	3,80	
9	8	10,80	8,51	65,30	2,45	104	3,09	27,0	1,58	119	2,23	3,67	3,75	3,82	
	6	10,60	8,33	82,10	2,78	130	3,5	34,0	1,79	145	2,43	4,04	4,11	4,18	
	7	12,30	9,64	94,30	2,77	150	3,49	38,9	1,78	169	2,47	4,06	4,13	4,21	
	8	13,90	10,9	106	2,76	168	3,48	43,8	1,77	194	2,51	4,08	4,15	4,23	
10	9	15,60	12,2	118	2,75	186	3,46	48,6	1,77	219	2,55	4,11	4,18	4,25	
	6,5	12,8	10,1	122	3,09	193	3,88	50,1	1,99	214	2,68	4,43	4,50	4,58	
	7	13,8	10,8	131	3,08	207	3,88	54,2	1,98	231	2,71	4,45	4,52	4,60	
	8	15,6	12,2	147	3,07	233	3,87	60,9	1,98	265	2,75	4,47	4,54	4,62	
11	10	19,2	15,1	179	3,05	284	3,84	74,1	1,96	333	2,83	4,52	4,59	4,67	
	12	22,8	19,9	209	3,03	331	3,81	86,9	1,95	402	2,91	4,56	4,64	4,71	
	14	26,3	20,6	237	3,00	375	3,78	99,3	1,94	472	2,99	4,60	4,68	4,75	
	16	29,7	23,3	264	2,98	416	3,74	112	1,94	542	3,06	4,64	4,72	4,79	
12,5	7	15,2	11,9	176	3,40	279	4,29	72,7	2,19	308	2,96	4,85	4,92	4,99	
	8	17,2	13,5	198	3,39	315	4,28	81,8	2,18	353	3,00	4,87	4,95	4,01	
	9	19,7	15,5	294	3,87	467	4,87	122	2,49	516	3,36	5,46	5,53	5,60	
	10	24,3	19,1	360	3,86	520	4,86	135	2,48	582	3,40	5,48	5,56	5,63	
12	12	28,9	22,7	422	3,85	571	4,84	149	2,47	649	3,45	5,52	5,59	5,66	
	12	28,9	22,7	422	3,82	670	4,82	174	2,46	782	3,53	5,55	5,63	5,70	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	14	33,4	26,2	482	3,80	764	4,78	200	2,45	916	3,61	5,60	5,67	5,71	5,71
	16	37,8	29,6	539	3,78	8,53	4,75	224	2,44	1051	3,68	5,63	5,71	5,71	5,78
14	140	9	24,7	19,4	466	4,34	739	5,47	192	2,79	818	3,78	6,10	6,17	6,24
	10	27,3	21,5	512	4,33	823	5,46	211	2,78	911	3,82	6,12	6,19	6,25	
	12	32,5	25,5	602	4,31	957	5,43	248	2,76	1097	3,9	6,15	6,23	6,30	
	10	31,4	24,7	744	4,96	1229	6,25	319	3,19	1356	4,30	6,91	6,97	7,05	
	11	34,4	27,0	844	4,95	1341	6,24	348	3,18	1494	4,35	6,93	7,00	7,07	
	12	37,4	29,4	913	4,94	1450	6,23	376	3,17	1633	4,39	6,95	7,02	7,09	
16	160	14	43,3	34,0	1046	4,92	1662	6,20	431	3,16	1911	4,47	6,99	7,06	7,13
	16	49,1	38,5	1175	4,89	1866	6,17	485	3,14	2191	4,55	7,03	7,10	7,17	
	18	54,8	43,0	1299	4,87	2061	6,13	537	3,13	2472	4,63	7,07	7,15	7,22	
	20	60,4	47,4	1419	4,85	2248	6,10	589	3,12	2756	4,70	7,11	7,18	7,25	
18	180	11	38,8	30,5	1216	5,60	1933	7,96	500	3,59	2128	4,85	7,74	7,81	7,88
	12	42,2	33,1	1217	5,59	2090	7,04	540	3,58	2324	4,89	7,76	7,83	7,90	
	12	47,1	37,0	1823	6,22	2896	7,84	749	3,99	3182	5,37	8,55	8,62	8,69	
	13	50,9	39,9	1961	6,21	3116	7,83	805	3,98	3452	5,42	8,58	8,64	8,71	
	14	54,6	42,8	2097	6,20	3333	7,81	861	3,97	3722	5,46	8,60	8,67	8,73	
20	200	16	62,0	48,7	2363	6,17	3755	7,78	970	3,96	4264	5,54	8,64	8,70	8,77
	20	76,5	60,1	2871	6,12	4560	7,72	1182	3,93	5355	5,70	8,72	8,79	8,86	
	25	94,3	74,0	3466	6,08	5494	7,63	1438	3,91	6733	5,89	8,81	8,88	8,95	
	30	111,5	87,6	4020	6,00	6351	7,55	1688	3,89	8130	6,07	8,90	8,97	9,05	
22	220	14	60,4	47,4	2814	6,83	4470	8,60	1159	4,38	4941	5,93	9,38	9,45	9,51
	16	68,6	53,8	3175	6,81	5045	8,58	1306	4,36	5661	6,02	9,42	9,49	9,56	
	16	78,4	61,5	4717	7,76	7492	9,78	1942	4,98	8286	6,75	10,62	10,69	10,75	
	18	87,7	68,9	5217	7,73	8337	9,75	2158	4,96	9342	6,83	10,65	10,73	10,79	
	20	97,0	76,1	5765	7,11	9160	9,72	2370	4,94	10401	6,91	10,69	10,76	10,83	
25	250	22	106,1	83,3	6270	7,69	9961	9,69	2519	4,93	11464	7,00	10,74	10,81	10,88
	25	119,7	94,0	7006	7,65	11125	9,64	2887	4,91	13064	7,11	10,79	10,86	10,93	
	28	133,1	104,5	7718	7,61	12244	9,59	3190	4,89	14674	7,23	10,82	10,92	10,99	
	30	142,0	111,4	8177	7,59	12965	9,56	3389	4,89	15753	7,31	10,89	10,96	11,03	

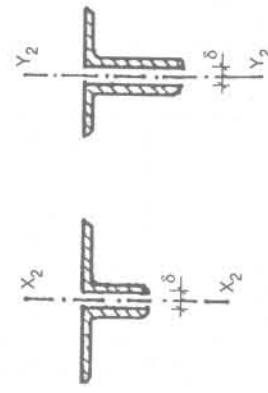
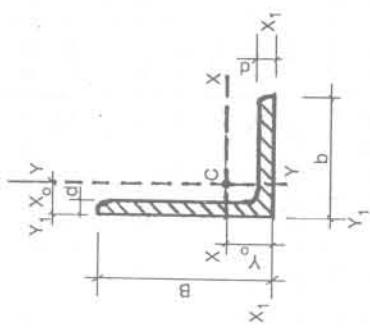
Bảng 14: Đặc trưng của tiết diện thép không đều cạnh

(Theo TCVN 1657 - 1975)

Các ký hiệu:

- B - bê rộng cánh lớn
- b - bê rộng cánh nhỏ
- d - bê dày cánh
- J - mômen quán tính
- r - bán kính quán tính

x_0, y_0 - khoảng cách từ trọng tâm đến mép



Số hiệu	B	b	d	Diện tích tiết diện cm^2	Trọng lượng kg	Tri số đối với các trục					Bán kính quán tính khi δ , mm													
						x - x	y - y	$x_1 - x_0$	$y_1 - y_0'$	$y_1 - y_1$	u - u	$r_{u\min}$ cm	$r_{u\max}$ cm	r_{k2} , cm	r_{y2} , cm									
5/6/3,6	56	36	4	3,58	2,81	11,4	1,78	3,70	1,02	23,2	1,82	6,25	0,84	2,19	0,78	2,93	3,01	3,09	1,68	1,76	1,84			
6,3/4	63	40	4	4,04	3,17	13,8	1,77	4,48	1,01	29,2	1,86	7,91	0,88	2,66	0,78	2,95	3,03	3,11	1,71	1,79	1,78			
						5,90	4,63	23,3	1,99	7,28	1,11	49,9	2,12	13,1	0,91	3,07	0,87	3,23	3,31	3,39	1,80	1,88	1,96	
						7,68	6,03	29,6	1,96	9,15	1,09	66,9	2,20	17,9	1,07	5,58	0,85	3,26	3,34	3,42	1,83	1,91	1,99	
						8	7,39	27,8	2,23	9,05	1,27	56,7	2,28	15,2	1,05	5,34	0,98	3,56	3,64	3,72	2,01	2,08	2,16	
						9,47	7,43	52,4	2,35	18,5	1,40	11,2	2,52	34,2	1,29	10,90	1,07	3,83	3,83	3,90	2,20	2,28	2,35	
7/4,5	70	45	5	5,59	4,39	11,4	1,78	3,70	1,02	23,2	1,82	6,25	0,84	2,19	0,78	2,93	3,01	3,09	1,68	1,76	1,84			
7,5/5	75	50	5	6,11	4,79	13,8	1,77	4,48	1,01	29,2	1,86	7,91	0,88	2,66	0,78	2,95	3,03	3,11	1,71	1,79	1,78			
						7,25	5,69	40,9	2,38	14,6	1,42	83,9	2,44	25,2	1,21	8,48	1,08	3,29	3,37	3,45	1,86	1,94	2,02	
						8	9,47	7,43	52,4	2,35	18,5	1,40	11,2	2,52	34,2	1,29	10,90	1,07	3,83	3,90	3,94	2,22	2,30	2,38
8/5	80	50	5	6,36	4,99	41,6	2,56	12,7	1,41	84,6	2,60	20,8	1,13	7,58	1,09	1,02	4,10	4,17	2,16	2,23	2,30	2,43		
						6	7,55	5,92	49,0	2,55	14,8	1,40	102	2,95	25,2	1,17	8,88	1,08	1,05	4,13	4,21	2,18	2,33	2,33

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
9/5,6	90	56	5,5	7,86	6,17	65,3	2,88	19,7	1,58	132	2,92	32,2	1,26	11,8	1,22	4,47	4,55	4,62	2,37	2,44	2,44	2,51		
10/6,3	100	63	6	8,54	6,70	70,6	2,88	21,2	1,58	145	2,95	35,2	1,28	12,7	1,22	4,49	4,57	4,65	2,38	2,45	2,45	2,53		
11/7	110	70	7	11,18	8,77	90,9	2,85	27,1	1,56	194	3,04	47,8	1,36	16,3	1,21	4,55	4,62	4,70	2,43	2,50	2,58			
12,5/8	125	90	8	11,59	7,53	98,3	3,20	30,6	1,79	198	3,23	49,9	1,42	18,2	1,38	4,92	4,99	5,07	2,62	2,70	2,70	2,77		
14/9	140	90	9	11,1	8,70	113	3,19	35,0	1,78	232	3,28	58,7	1,46	20,8	1,37	4,95	5,02	5,10	2,64	2,72	2,72	2,78		
16/10	160	90	10	15,5	12,1	154	3,15	47,1	1,75	333	3,40	85,8	1,58	28,3	1,35	5,01	5,09	5,17	2,71	2,79	2,79	2,87		
18/11	180	110	11	12,6	9,87	127	3,18	39,2	1,77	266	3,32	67,6	1,50	23,4	1,36	4,97	5,04	5,12	2,67	2,74	2,74	2,82		
20/12,5	200	125	12	14,1	11,0	227	4,01	73,7	2,29	452	4,01	119	1,80	43,4	1,76	6,04	6,14	6,18	3,24	3,31	3,31	3,39		
25/16	250	160	13	16,0	12,5	256	4,00	83,0	2,28	518	4,05	137	1,84	48,8	1,75	6,06	6,13	6,21	3,27	3,34	3,41			
	28	78,5	14	18,0	14,1	364	4,49	120	2,58	727	4,49	194	1,94	70,3	1,98	6,72	6,79	6,86	3,61	3,69	3,76			
			15	22,2	17,54	444	4,47	146	2,56	911	4,58	245	2,12	85,5	1,96	6,77	6,84	6,92	3,67	3,74	3,80			
			16	22,9	18,3	365	3,95	117	2,24	784	4,22	210	2,00	69,5	1,72	6,15	6,23	6,30	3,35	3,43	3,50			
			17	29,3	25,3	19,8	667	5,13	204	2,84	1359	5,23	335	2,28	121	2,19	7,69	7,77	7,84	3,97	4,04	4,12		
			18	34,4	34,4	1801	6,41	551	3,54	3726	6,62	922	5,97	537	2,52	194	2,40	8,67	8,75	8,82	4,33	4,40	4,47	
			19	37,9	29,7	1568	6,43	482	3,57	3189	6,54	786	2,83	285	2,74	9,54	9,62	9,68	4,88	4,95	5,02			
			20	43,9	34,4	1801	6,41	551	3,54	3726	6,62	922	5,97	537	2,52	194	2,40	8,67	8,75	8,82	4,33	4,40	4,47	
			21	49,8	39,1	2026	6,38	617	3,52	4264	6,71	1061	2,99	367	2,75	9,51	9,59	9,66	4,86	4,93	5,03	5,10		
			22	55,8	45,45	7,99	1475	4,55	9358	8,23	2487	3,77	866	3,49	11,84	11,91	11,98	6,24	6,30	6,38	6,42			
			23	61,7	4987	7,97	1613	4,53	10440	8,31	2776	3,85	949	3,48	12,88	11,95	12,02	6,28	6,35	6,42				

Bảng 15: Đặc trưng của thép định hình tiết diện I

(Theo TCVN 1655 - 1975)

Các ký hiệu:

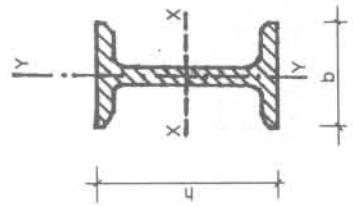
h - chiều cao dầm
b - bê rộng dầm

d - bê dày bản bụng
t - bê dày trung bình của cánh

J - momen quán tính
W - momen chống uốn

S - momen tĩnh của nửa tiết diện

r - bán kính quán tính



Số hiệu thép hình	Kích thước, mm				Điện tích tiết diện cm ²	Trọng lượng 1m kg	Đặc trưng tiết diện theo các trục				Xoắn dầm J _k cm ⁴			
	h	b	d	t			X - X		Y - Y					
							J _x	W _x	r _x	S _x				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
10	100	55	4,5	7,2	12,0	9,46	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22	2,3
12	120	64	4,8	7,3	14,7	11,50	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38	2,9
14	140	73	4,9	7,5	17,4	13,70	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,50	1,55	3,6
16	160	81	5,0	7,8	20,2	15,90	873	109,0	6,57	62,3	58,6	14,50	1,70	4,5
18	180	90	5,1	8,1	23,4	18,40	1290	143,0	7,42	81,4	82,6	18,40	1,88	5,6
18a	180	100	5,1	8,3	25,4	19,90	1430	159,0	7,51	89,8	114,0	22,80	2,12	6,5
20	200	100	5,2	8,4	26,8	21,00	1840	184,0	8,28	104,0	114,0	23,10	2,07	6,9
20a	200	110	5,2	8,6	28,9	22,70	2030	203,0	8,37	114,0	155,0	28,20	2,32	7,9
22	220	110	5,4	8,7	30,6	24,00	2550	232,0	9,13	131,0	157,0	28,60	2,27	8,6
22a	220	120	5,4	8,9	32,8	25,80	2790	254,0	9,22	143,0	206,0	34,30	2,50	9,8
24	240	115	5,6	9,5	34,8	27,30	3460	289,0	9,97	163,0	198,0	34,50	2,37	11

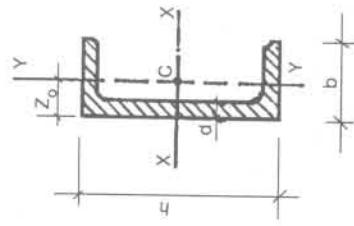
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
24u	240	115	5,6	9,8	37,5	29,40	3800	317,0	10,10	178,0	260,0	41,60	2,63	23	
27	270	125	6,0	9,8	40,2	31,50	5010	371,9	11,20	210,0	260,0	41,60	2,54	14	
27a	270	125	6,0	10,2	43,2	32,90	5500	407,0	11,30	229,0	337,0	50,00	2,80	17	
30	300	135	6,5	10,2	46,5	36,50	7080	472,0	12,30	260,0	337,0	49,90	2,69	17	
30a	300	135	6,5	10,7	49,9	39,20	7780	518,0	12,50	292,0	436,0	60,10	2,95	20	
33	330	140	7,0	11,2	53,8	42,20	9840	597,0	13,50	339,0	419,0	59,90	2,79	24	
36	360	145	7,5	12,3	61,4	48,60	13380	743,0	14,70	423,0	516,0	71,10	2,89	31	
40	400	155	8,3	13,0	72,6	57,00	19062	953,0	16,20	545,0	667,0	86,10	3,03	41	
45	450	160	9,0	14,2	84,7	65,50	27696	1231,0	18,10	708,0	808,0	101,00	3,09	59	
50	500	170	10,0	15,2	109,0	78,50	39727	1589,0	19,90	919,0	1043,0	123,00	3,23	75	
55	550	180	11,0	16,5	118,0	92,60	55962	2035,0	21,80	1181,0	1356,0	151,00	3,39	100	
60	600	190	12,0	17,8	138,0	108,0	75806	2560,0	23,60	1491,0	1725,0	182,00	3,54	135	

Bảng 16: Đặc trưng của thép định hình tiết diện [

(Theo TCVN 1654 - 1975)

Các ký hiệu:

- h - bê cao
- b - bê rộng cánh
- d - bê dày bản bụng
- t - bê dày trung bình của cánh
- J - momen quán tính
- W - momen chống uốn
- S - momen tịnh của nửa tiết diện
- r - bán kính quán tính
- z₀ - khoảng cách từ trục y - y



Số hiệu hiệp hình	Trọng lượng 1m dài kG	Kích thước, mm			Điện tích diện			Điện tích tiết diện			Đặc trưng tiết diện theo các trục			
		h	b	d	J _x cm ⁴	W _x cm ³	r _x cm	S _x cm ³	J _y cm ⁴	W _y cm ³	r _y cm	z ₀ cm		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
5	4,84	50	32	4,4	7,0	6,16	22,8	9,1	1,92	5,59	5,61	2,75	0,954	1,16
6,5	5,90	65	36	4,4	7,2	7,51	48,6	15,0	2,54	9,00	8,70	3,68	1,08	1,24
8	7,05	80	40	4,5	7,4	8,98	89,4	22,4	3,16	13,3	12,8	4,75	1,19	1,31
10	8,59	100	46	4,5	7,6	10,9	174	34,8	3,99	20,4	20,4	6,46	1,37	1,44
12	10,4	120	52	4,8	7,8	13,3	304	50,6	4,78	29,6	31,2	8,52	1,53	1,54
14	12,3	140	58	4,9	8,1	15,6	491	70,2	5,60	40,8	45,5	11,0	1,70	1,67
14a	13,3	140	62	4,9	8,7	17,0	515	77,8	5,66	45,1	57,5	13,3	1,84	1,87
16	14,2	160	64	5,0	8,4	18,1	747	93,4	6,42	54,1	63,3	13,8	1,87	1,80
16a	15,3	160	68	5,0	9,0	19,5	823	103	6,49	59,4	78,8	16,4	2,01	2,00

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
18	16,3	180	70	5,1	8,7	9,0	1090	121	7,24	69,8	86,0	17,0	2,04	1,94	
18a	17,4	180	74	5,1	9,3	9,7	1190	132	7,32	76,1	105	20,7	2,18	2,13	
20	18,4	200	76	5,2	9,0	9,5	1520	152	8,07	87,8	113	20,5	2,20	2,07	
20a	19,8	200	80	5,2	9,7	9,5	1670	167	8,15	95,9	139	24,2	2,35	2,28	
22	21,0	220	82	5,4	9,5	10,0	2110	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21	
22a	22,6	220	87	5,4	10,2	10,0	2330	212	8,99	121	187	30,0	2,55	2,46	
24	24,0	240	90	5,6	10,0	10,5	2900	242	9,73	139	208	31,6	2,60	2,67	
24a	25,8	240	95	5,6	10,7	10,5	3180	265	9,84	151	254	37,2	2,78	2,67	
27	27,7	270	95	6,0	10,5	11,0	4160	308	10,9	178	262	37,3	2,73	2,47	
30	31,8	300	100	6,5	11,0	12,0	5810	387	12,0	224	327	43,6	2,84	2,52	
33	36,5	330	105	7,0	11,7	13,0	7980	484	13,1	281	410	51,8	2,97	2,59	
36	41,9	360	110	7,5	12,6	14,0	10820	601	14,2	350	513	61,7	3,10	2,68	
40	48,3	400	115	8,0	13,5	15,0	15220	761	15,7	444	642	73,4	3,23	2,75	

Bảng 17 : Các hệ số để tính chiều dài l_{neo}

Điều kiện làm việc của cốt thép	Hệ số m_{neo}		Hệ số λ	l_{neo} không được lấy nhỏ hơn
	Đối với cốt thép có gờ	Với cốt thép tròn nhẵn		
- Neo cốt thép chịu kéo trong vùng bê tông chịu kéo.	0,7	1,2	11	25d và 250mm
- Neo cốt thép chịu kéo hoặc chịu nén vào vùng BT chịu kéo.	0,5	0,8	8	15d và 200mm
- Mối nối chông trong vùng BT chịu kéo.	0,9	1,55	11	30d và 250mm
- Mối nối chông trong vùng BT chịu nén.	0,65	1	8	15d và 200mm

Bảng 18: Cường độ tính toán gốc và mô đun đàn hồi của bê tông
(Tính theo KN/cm²)

Ký hiệu	Giá trị tính theo KN/cm ² ứng với mác BT theo chịu nén							
	150	200	250	300	350	400	500	600
R _a	0,65	0,9	1,1	1,3	1,55	1,7	2,15	2,5
R _k	0,06	0,075	0,088	0,1	0,11	0,12	0,134	0,145
E _b	2100	2400	2600	2900	3100	3300	3600	3800

Bảng 19: Hệ số điều kiện làm việc của bê tông

Nhân tố cần kể đến hệ số điều kiện làm việc	Hệ số điều kiện làm việc
-Môi trường cho BT tiếp tục tăng cường độ theo thời gian	1
-Môi trường làm tăng cường độ BT không đảm bảo tăng theo thời gian	0,85
-Kết cấu ở nơi khô, nóng, nắng (mà không được che phủ)	0,9
-Cột dúc bê tông theo phương đứng mỗi lớp đổ dày hơn 1,5cm	0,85
-Cột dúc BT theo phương đứng cạnh lớn của tiết diện dưới 30cm	0,85
-Đường hổ BT bằng chung hấp áp lực cao.	0,9

Bảng 20: Giá trị của hệ số α_0 của B.T.C.T

Cường độ chịu kéo của cốt thép R _a (KN/cm ²)	Hệ số α_0 ứng với mác chịu nén của BT nặng				
	200	250-300	350-400	500	600
≤ 30	0,62	0,58	0,55	0,52	0,48
40	0,58	0,55	0,55	0,50	0,45
50	0,55	0,55	0,52	0,45	0,42
60	0,50	0,48	0,45	0,42	0,40

Bảng 21 : Cường độ tính toán và mô đun đàn hồi của cốt thép
 (Tính theo KN/cm²)

Nhóm cốt thép (TCVN 1651-85)	Các loại cường độ tính toán			Mô đun đàn hồi E_a
	Về kéo R_a	Về nén R'_a	Khi tính cốt đai và cốt xiên R_{ad}	
C - I	20	20	16	21000
C - II	26	26	21	21000
C - III	34	34	27	20000
C - IV	50	36	40	20000

Bảng 22: Cường độ tính toán và mô đun đàn hồi của một số thép ngoại nhập
 (Tính theo KN/cm²)

Nhóm cốt thép	Các loại cường độ			Mô đun đàn hồi E_a
	R_a	R'_a	R_{ad}	
A - I	23	23	18	21000
A - II	28	28	22	21000
A - III	36	36	28	21000
A - IV	50	40	40	21000

Bảng 23 : Hệ số uốn dọc φ đối với bê tông nặng

Tiết diện	Bất kỳ $\frac{l_o}{r}$	28	35	48	62	76	90	110	130
	Chữ nhật $\frac{l_o}{b}$	8	10	14	18	22	26	32	38
	Tròn $\frac{l_o}{D}$	7	8,5	12	15,5	19	22,5	28	33
	Hệ số uốn dọc φ	1	0,98	0,93	0,85	0,77	0,68	0,54	0,4

l_o : chiều dài tính toán của cấu kiện

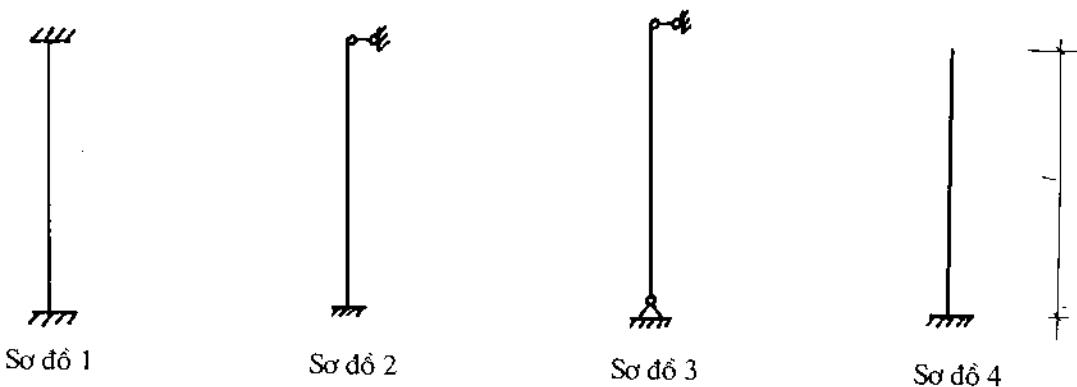
r: Bán kính quán tính nhỏ nhất của tiết diện

b: Cạnh nhỏ của tiết diện chữ nhật

D: Đường kính của tiết diện tròn

Chú ý: Có thể phải dùng phép nội suy để tìm chính xác φ

Chiều dài tính toán $t_o = \mu t$



Loại KC	Hệ số μ để tính $I_n = \mu I$ ứng với từng sơ đồ			
	Sơ đồ 1	Sơ đồ 2	Sơ đồ 3	Sơ đồ 4
KC Gỗ	0,65	0,8	1	2
KC Thép	0,5	0,7	1	2
KC BTCT	0,5	0,7	1	2

Bảng 24: Bảng tra các hệ số α, γ, A

α	γ	A	α	γ	A	α	γ	A
0,01	0,995	0,01	0,21	0,895	0,188	0,42	0,790	0,332
0,02	0,990	0,02	0,22	0,890	0,196	0,43	0,785	0,337
0,03	0,985	0,03	0,23	0,885	0,204	0,44	0,780	0,343
0,04	0,980	0,039	0,24	0,880	0,211	0,45	0,775	0,349
0,05	0,975	0,048	0,25	0,875	0,219	0,46	0,770	0,354
0,06	0,970	0,068	0,26	0,870	0,226	0,47	0,765	0,359
0,07	0,965	0,068	0,27	0,865	0,235	0,48	0,760	0,365
0,08	0,960	0,077	0,28	0,860	0,241	0,49	0,755	0,370
0,09	0,955	0,085	0,29	0,855	0,248	0,50	0,750	0,375
0,10	0,950	0,095	0,30	0,850	0,255	0,51	0,745	0,380
0,11	0,945	0,104	0,31	0,845	0,262	0,52	0,740	0,385
0,12	0,940	0,113	0,32	0,840	0,269	0,53	0,735	0,390
0,13	0,935	0,122	0,33	0,835	0,275	0,54	0,730	0,394
0,14	0,930	0,130	0,34	0,830	0,282	0,55	0,250	0,399
0,15	0,925	0,139	0,35	0,825	0,289	0,56	0,720	0,403
0,16	0,920	0,147	0,36	0,820	0,295	0,57	0,715	0,408
0,17	0,915	0,156	0,37	0,815	0,301	0,58	0,710	0,412
0,18	0,910	0,164	0,38	0,810	0,309	0,59	0,705	0,416
0,19	0,905	0,172	0,39	0,805	0,314	0,60	0,700	0,420
0,20	0,900	0,180	0,40	0,800	0,320	0,61	0,695	0,424
			0,41	0,795	0,326	0,62	0,620	0,428
$\alpha = \frac{x}{h_o};$			$\gamma = 1 - \frac{\alpha}{2};$			$A = \alpha(1 - \frac{\alpha}{2})$		

Bảng 25 : Diện tích và trọng lượng cốt thép tròn

Đường kính thanh thép (mm)	Diện tích tiết diện ngang (cm^2) ứng với số lượng thanh									Trọng lượng 1m (dài) (KG)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
3	0,071	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,57	0,64	0,065
4	0,126	0,25	0,38	0,5	0,63	0,75	0,88	1,01	1,13	0,099
5	0,196	0,39	0,59	0,79	0,98	1,18	1,37	1,57	1,77	0,154
6	0,283	0,57	0,85	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54	0,222
7	0,385	0,77	1,15	1,54	1,92	2,31	2,69	3,08	3,46	0,302
8	0,503	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52	0,395
9	0,636	1,27	1,91	2,54	3,18	3,82	4,45	5,09	5,72	0,499
10	0,785	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07	0,617
12	1,131	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	0,888
14	1,540	3,08	4,62	6,16	7,69	9,23	10,77	12,31	13,85	1,210
16	2,010	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,10	1,580
18	2,545	5,09	7,63	10,18	12,74	15,27	17,81	20,36	22,90	2,000
20	3,140	6,28	9,42	12,56	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27	2,470
22	3,800	7,60	11,40	15,20	19,00	22,81	26,61	30,41	34,21	2,980
25	4,910	9,82	14,73	19,64	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18	2,850
28	6,167	12,32	18,47	24,63	39,79	36,95	43,10	49,26	55,42	4,830
30	7,070	14,14	21,21	28,27	35,34	42,41	49,48	56,55	63,62	5,550
32	8,040	16,09	24,13	32,17	40,21	48,26	56,30	64,34	72,38	6,310
36	10,180	20,36	30,54	40,72	50,89	61,07	71,25	81,43	91,61	2,990
40	12,570	25,14	37,70	50,27	63,83	75,40	87,96	100,5	113,1	9,890

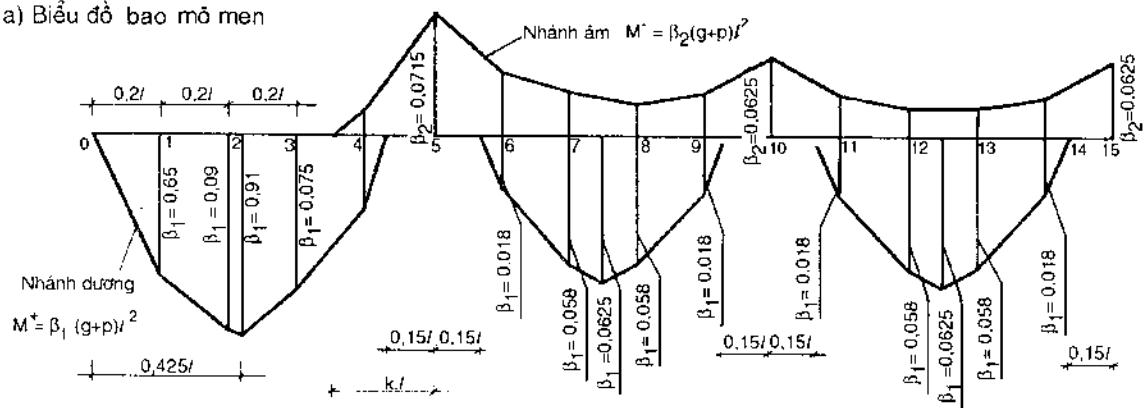
**Bảng 26 : Diện tích cốt thép quy đổi trên dài bản rộng 1m
(Khi cốt thép đặt rải đều thành lưới)**

Khoảng cách giữa các thanh thép (cm)	Diện tích thép (cm^2) cho dài bản rộng 1m khi dùng lưới thép có đường kính (mm)					
	5	6	6/8	8	8/10	10
7	2,81	4,04	6,61	7,19	9,20	11,21
7,5	2,62	3,77	5,24	6,71	8,59	10,47
8	2,45	3,54	4,91	6,29	8,05	9,81
9	2,18	3,14	4,37	5,59	7,16	8,72
10	1,96	2,83	3,93	5,03	6,44	7,85
11	1,78	2,57	3,57	5,57	5,85	7,14
12	1,63	2,36	3,27	4,19	5,37	6,54
12,5	1,57	2,26	3,14	4,02	5,15	6,28
13	1,51	2,18	3,02	3,87	4,95	6,04
14	1,40	2,02	2,81	3,59	4,60	5,61
15	1,31	1,89	2,62	3,35	4,29	5,23
16	1,23	1,77	2,46	3,14	4,03	4,91
17	1,15	1,66	2,31	2,96	3,79	4,62
18	1,09	1,57	2,18	2,79	3,58	4,36
19	1,03	1,49	2,07	2,65	3,39	4,13
20	0,89	1,41	1,96	2,51	3,22	3,93

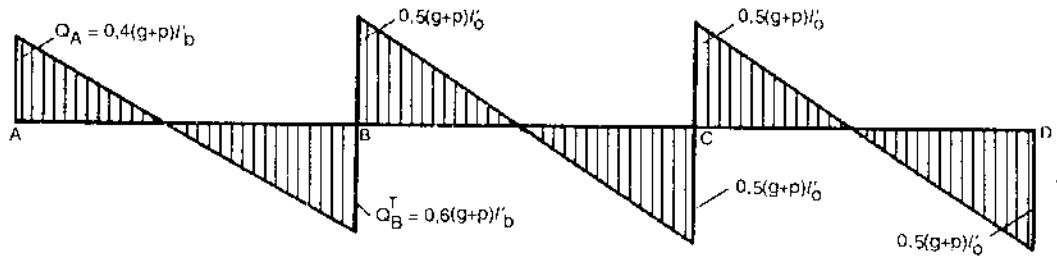
Bảng 27: Hệ số để vẽ nhánh âm của biểu đồ bao mõ men
 (Tải trọng phân bố đều, tính toán theo sơ đồ biên dạng dẻo)

Tỷ số $\frac{P}{g}$	Giá trị β_2 tại các tiết diện số											Hệ số k
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
0,5	-0,0715	-0,01	0,022	0,024	-0,004	-0,0625	-0,003	-0,028	-0,028	-0,003	-0,0625	0,167
1	-0,0715	-0,02	0,016	0,009	-0,014	-0,0625	-0,013	0,013	0,013	-0,013	-0,0625	0,200
1,5	-0,0715	-0,026	-0,003	0,000	-0,020	-0,0625	-0,019	0,004	0,004	-0,019	-0,0625	0,228
2	-0,0715	-0,03	-0,009	-0,006	-0,024	-0,0625	-0,023	-0,003	-0,003	-0,023	-0,0625	0,250
2,5	-0,0715	-0,033	-0,012	-0,009	-0,027	-0,0625	-0,025	-0,006	-0,006	-0,025	-0,0625	0,270
3	-0,0715	-0,035	-0,016	-0,014	-0,029	-0,0625	-0,028	-0,010	-0,010	-0,028	-0,0625	0,285
3,5	-0,0715	-0,037	-0,190	-0,017	-0,031	-0,0625	-0,029	-0,013	-0,013	-0,029	-0,0625	0,304
4	-0,0715	-0,038	-0,021	-0,018	-0,032	-0,0625	-0,030	-0,015	-0,015	-0,030	-0,0625	0,314
4,5	-0,0715	-0,039	-0,022	-0,020	-0,033	-0,0625	-0,032	-0,016	-0,016	-0,032	-0,0625	0,324
5	-0,0715	-0,040	-0,024	-0,021	-0,034	-0,0625	-0,033	-0,018	-0,018	-0,033	-0,0625	0,333

a) Biểu đồ bao mõ men



b) Biểu đồ lực cắt



Bảng 28: Vẽ trực tiếp biểu đồ bao mõ men và lực cắt
 Cho đàm liên tục chịu tải trọng tập trung

Trong mỗi đoạn đàm có 1 điểm đặt lực ở giữa					Trong mỗi đoạn đàm có 2 điểm đặt lực đối xứng										
Tiết diện	α_0	α_1	α_2	β_0	β_1	β_2	Tiết diện	α_0	α_1	α_2	Đoạn đàm	β_0	β_1	β_2	
0	0	0	0	1	0,3125	0,4063	0,0938	0	0	0	I	0,6667	0,8333	0,1667	
0,5	0,1563	0,2031	0,0469	II	-0,6875	0	0,6875	0,333	0,2222	0,2778	0,0556	II	-0,3333	0,2407	0,5741
0,842	-0,0789	0	0,0789					0,667	0,1111	0,2222	0,1111	III	-1,3333	0	1,3333
1	-0,1875	0	0,1875					0,8572	-0,1430	0	0,1430				
								1	-0,3333	0	0,3333				

Bảng 28: Áp dụng cho dầm 3 nhịp

Để vẽ biểu đồ mô men										Để vẽ biểu đồ lực cắt					
Tiết diện x/l	α_v	α_1	α_2	β_v	β_1	β_2	Tiết diện x/l	α_v	α_1	α_2	Đoạn dầm	β_v	β_1	β_2	
0	0	0	0	1	0,3500	0,425	0,0755	0	0	0	I	0,7333	0,8667	0,1333	
0,5	0,175	0,2125	0,0375	II	-0,650	0,025	0,6750	0,333	0,2444	0,2889	0,0444	II	-0,2667	0,2790	0,5457
0,833	-0,0416	0,0208	0,0625	III	0,500	0,625	0,1250	0,667	0,1555	0,2444	0,0889	III	-1,2667	0,0444	1,3111
1,000	-0,150	0,0250	0,1750				0,849	-0,0750	0,0377	0,1127	IV	-1,000	1,2222	0,2222	
1,150	-0,075	0,0063	0,0813				1,000	-0,2667	0,0444	0,3111	V	0	0,5333	0,5333	
1,20	-0,050	0,0250	0,0750				1,133	-0,1333	0,0133	0,1467					
1,5	0,100	0,1750	0,0750				1,200	-0,0667	0,0667	0,1333					
							1,333	0,0667	0,2000	0,1333					
							1,500	0,0667	0,2000	0,1333					

Trong mỗi đoạn dầm có 1 điểm đặt lực ở giữa

Trong mỗi đoạn dầm có 2 điểm đặt lực đối xứng

Bảng 28: Áp dụng cho đầm 4 nhịp

Trong mỗi đoạn đầm có 1 điểm đặt lực ở giữa							Trong mỗi đoạn đầm có 2 điểm đặt lực đối xứng								
Tiết diện x//	α_0	α_1	α_2	β_0	β_1	β_2	Tiết diện x//	α_0	α_1	α_2	β_0	β_1	β_2		
0	0	0	0	I	0,3393	0,4196	0,8040	0	0	0	0	I	0,7143	0,8571	0,1428
0,500	0,1697	0,2098	0,0402	II	-0,6607	0,0201	0,7410	0,333	0,2381	0,2857	0,0476	II	-0,2857	0,2698	0,5555
0,833	-0,0503	0,0168	0,0670	III	0,5536	0,6540	0,6000	0,667	0,1429	0,2381	0,0952	III	-1,2857	0,0357	1,3214
1,000	-0,1607	0,0201	0,1808	IV	-0,4464	0,1607	0,6071	0,848	-0,0907	0,0303	0,1211	IV	1,0953	1,2738	0,1785
1,147	-0,0781	0,0048	0,0830				1,000	-0,2581	0,0357	0,3114	V	0,0953	0,5874	0,4921	
1,200	-0,0500	0,0250	0,0750				1,133	-0,1400	0,0127	0,1528	VI	-0,9047	0,2858	1,1905	
1,500	0,1161	0,1830	0,0670				1,200	0,0667	0,0667	0,1333					
1,790	0,0134	0,0458	0,0592				1,333	0,0794	0,2063	0,1270					
1,835	-0,0362	0,0282	0,0644				1,667	0,1111	0,2222	0,1111					
2,000	-0,1072	0,0536	0,1607				1,790	0,0000	0,1053	0,1053					
							1,858	-0,0623	0,0547	0,1170					
							2,000	-0,1905	0,0952	0,2857					

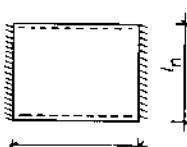
Bảng 29: Hệ số α , β để tính mô men cho hàn kẽ 4 cạnh chịu tải trọng phân bố đều

Tỷ số cạnh của bát	Số đố 1			Số đố 2			Số đố 3		
	I_d/l_n	α_{n1}	α_{d1}	α_{n2}	α_{d2}	β_{n2}	β_{d2}	α_{n3}	α_{d3}
1,0	0,0365	0,0365	0,0334	0,0273	0,0892	0,0273	0,0273	0,0344	0,0893
1,1	0,0399	0,0330	0,0349	0,0231	0,0892	0,0313	0,0313	0,0313	0,0867
1,2	0,0428	0,0298	0,0357	0,0196	0,0872	0,0348	0,0348	0,0292	0,0820
1,3	0,0452	0,0268	0,0359	0,0165	0,0843	0,0378	0,0378	0,0269	0,0760
1,4	0,0469	0,0240	0,0357	0,0140	0,0808	0,0401	0,0401	0,0248	0,0688
1,5	0,0480	0,0214	0,0350	0,0119	0,0772	0,0420	0,0420	0,0228	0,0620
1,6	0,0485	0,0189	0,0341	0,0101	0,0735	0,0443	0,0443	0,0208	0,0553
1,8	0,0485	0,0148	0,0326	0,0075	0,0668	0,0444	0,0444	0,0172	0,0432
2,0	0,0473	0,0118	0,0303	0,0056	0,0610	0,0443	0,0443	0,0142	0,0338

Bảng 29. (Tiếp theo)

Tỷ số cạnh cửa bắn	Số đk 4		Số đk 5	
	l_d/l_n	α_{n4}	α_{d4}	β_{n4}
1,0	0,0267	0,0180	0,0694	0,0180
1,1	0,0266	0,0146	0,0667	0,0218
1,2	0,0261	0,0118	0,0633	0,0254
1,3	0,0254	0,0097	0,0599	0,0287
1,4	0,0245	0,0080	0,0565	0,0316
1,5	0,0235	0,0066	0,0534	0,0341
1,6	0,0226	0,0056	0,0506	0,0362
1,8	0,0208	0,0040	0,0454	0,0388
2,0	0,0193	0,0030	0,0412	0,0400

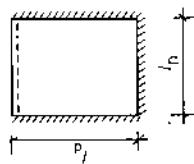
$M_{n4} = \alpha_{n4} \cdot P$	$M_{n5} = \alpha_{n5} \cdot P$
$M_{d4} = \alpha_{d4} \cdot P$	$M_{d5} = \alpha_{d5} \cdot P$
$M_{n4}^s = \beta_{n4} \cdot P$	$M_{n5}^s = \beta_{n5} \cdot P$



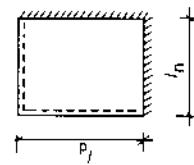
Bảng 29. (Tiếp theo)

Tỷ số cạnh của bản l_d/l_n	Số dđ 6			Số dđ 7		
	α_{n6}	α_{d6}	β_{n6}	α_{n7}	α_{d7}	β_{n7}
1,0	0,0269	0,0269	0,0625	0,0266	0,0198	0,0556
1,1	0,0292	0,0242	0,0675	0,0558	0,0234	0,0169
1,2	0,0309	0,0214	0,0703	0,0488	0,0236	0,0142
1,3	0,0319	0,0188	0,0711	0,0421	0,0235	0,0120
1,4	0,0323	0,0165	0,0709	0,0361	0,0230	0,0102
1,5	0,0324	0,0144	0,0695	0,0310	0,0225	0,0086
1,6	0,0321	0,0125	0,0675	0,0265	0,0218	0,0073
1,8	0,0308	0,0096	0,0635	0,0196	0,0203	0,0054
2,0	0,0294	0,0074	0,0588	0,0147	0,0189	0,0040

$$\begin{aligned} M_{n6} &= \alpha_{n6} P \\ M_{d6} &= \alpha_{d6} P \\ M^s_{n6} &= -\beta_{n6} P \\ M^s_{d6} &= -\beta_{d6} P \end{aligned}$$



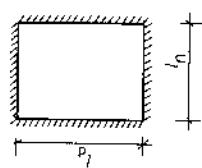
$$\begin{aligned} M_{n7} &= \alpha_{n7} P \\ M_{d7} &= \alpha_{d7} P \\ M^s_{n7} &= -\beta_{n7} P \\ M^s_{d7} &= -\beta_{d7} P \end{aligned}$$



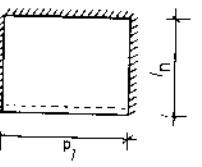
Bảng 29 (tiếp theo)

Tỷ số cạnh của bản	Số đố 8			Số đố 9			
	l_d/l_n	α_{n8}	α_{d8}	β_{n8}	β_{d8}	α_{n9}	β_{n9}
1,0	0,0198	0,0226	0,0417	0,0566	0,0179	0,0179	0,0417
1,1	0,226	0,0212	0,0481	0,0530	0,0134	0,0161	0,0450
1,2	0,0249	0,0198	0,0530	0,0491	0,0204	0,0142	0,0468
1,3	0,0266	0,0181	0,0565	0,0447	0,0209	0,0123	0,0475
1,4	0,0279	0,0162	0,0588	0,0400	0,0210	0,0107	0,0473
1,5	0,0285	0,0146	0,0597	0,0354	0,0208	0,0093	0,0464
1,6	0,0289	0,0130	0,0599	0,0312	0,0205	0,0080	0,0452
1,8	0,0288	0,0103	0,0583	0,0240	0,0195	0,0060	0,0423
2,0	0,0280	0,0081	0,0555	0,0187	0,0183	0,0046	0,0392

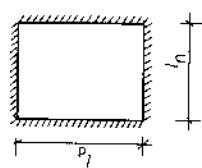
$$\begin{aligned}M_{n8} &= \alpha_{n8} P \\ M_{d8} &= \alpha_{d8} P \\ M_{n8}^s &= -\beta_{n8} P \\ M_{d8}^s &= -\beta_{d8} P\end{aligned}$$



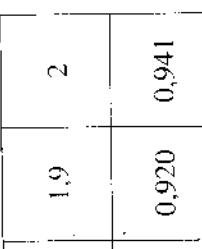
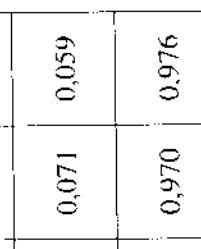
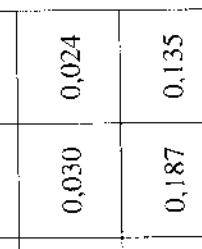
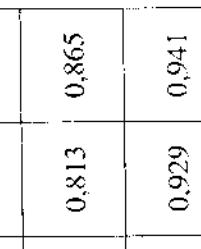
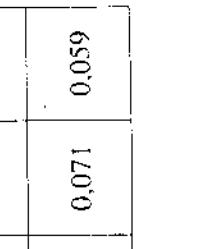
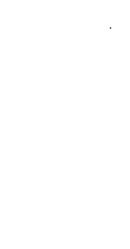
$$\begin{aligned}M_{n8} &= \alpha_{n8} P \\ M_{d8} &= \alpha_{d8} P \\ M_{n8}^s &= -\beta_{n8} P \\ M_{d8}^s &= -\beta_{d8} P\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}M_{n9} &= \alpha_{n9} P \\ M_{d9} &= \alpha_{d9} P \\ M_{n9}^s &= -\beta_{n9} P \\ M_{d9}^s &= -\beta_{d9} P\end{aligned}$$



Bảng 30: Hệ số C_{n1} và C_{n2} để tính bùn kè 4 cạnh
 Khi gốc của bùn có thể bị nén lên khi chịu lực

Số độ bùn	t_d/t_n	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
	C_{n1}	0,5	0,594	0,675	0,741	0,793	0,835	0,868	0,893	0,913	0,920	0,941
	C_{n2}	0,5	0,406	0,325	0,259	0,207	0,165	0,132	0,107	0,087	0,071	0,059
	C_{n3}	0,714	0,785	0,835	0,877	0,906	0,926	0,942	0,954	0,986	0,970	0,976
	C_{n4}	0,286	0,215	0,162	0,123	0,094	0,074	0,058	0,046	0,037	0,030	0,024
	C_{n5}	0,714	0,671	0,621	0,556	0,506	0,433	0,375	0,311	0,245	0,187	0,135
	C_{n6}	0,286	0,329	0,379	0,434	0,494	0,567	0,625	0,689	0,755	0,813	0,865
	C_{n7}	0,5	0,594	0,675	0,741	0,793	0,835	0,868	0,893	0,913	0,929	0,941
	C_{n8}	0,5	0,406	0,325	0,259	0,207	0,165	0,132	0,107	0,087	0,071	0,059

Bảng 31: Trọng lượng đơn vị một số VLXD (*Tải trọng tiêu chuẩn*)

STT	Tên vật liệu, sản phẩm	Đơn vị đo	Trọng lượng (kg)
1	Gạch lá nem nung 20 × 20 × 2 cm	1 viên	1,200
2	Gạch hoa 20 × 20 × 2 cm	-	1,800
3	Gạch men 15 × 15 × 1 cm	-	1,000
4	Ngói máy loại 13 v/m ²	-	3,100
5	Ngói máy loại 22 v/m ²	-	2,100
6	Khối xây gạch đặc	m ³	1800
7	Khối xây gạch có lỗ	-	1500
8	Khối xây đá hộc	-	2400
9	Khối xây gạch xi than	-	1300
10	Đất pha cát	-	2000
11	Đất pha sét	-	2200
12	Cát khô	-	1500
13	Bột xi măng	-	1700
14	BT không có cốt thép	-	2200
15	BTCT	-	2500
16	BT gạch vỡ	-	1600
17	Gỗ nhóm I-II	-	800 - 1600
18	Gỗ nhóm III-IV-V	-	600 - 800
19	Mái fibrô ximăng đòn tay gỗ	m ²	25
20	Mái fibrô ximăng đòn tay thép hình	-	30
21	Mái ngói đỏ đòn tay gỗ	-	60
22	Mái tôn thiếc đòn tay gỗ	-	15
23	Mái tôn thiếc đòn tay thép hình	-	20
24	Trần ván ép dầm gỗ	-	30
25	Trần gỗ dán dầm gỗ	-	20
26	Sàn lát gỗ, dầm gỗ	-	40
27	Trần lưới thép trát vữa	-	90
28	Cửa panô gỗ	-	30
29	Cửa kính khung gỗ	-	25

Bảng 32: Hoạt tải tiêu chuẩn phân bố đều trên sàn (daN/m^2)

TT	Loại phòng	Đặc điểm	Hoạt tải p
1	Phòng ngủ	- Khách sạn, bệnh viện, trại giam - Nhà ở, KTX nội trú, nhà nghỉ	200 150
2	Phòng khách, ăn, VS	- Thuộc nhà ở - Thuộc CQ, trường học, BV, nhà máy	150 200
3	Bếp, phòng giặt	- Thuộc nhà ở - Thuộc KS, BV, nhà trẻ, điều dưỡng	150 300
4	Văn phòng	- CQ, Trường, BV, Cơ sở NCKH	200
5	Phòng đọc sách	- Có đặt giá sách cố định - Không đặt giá sách cố định	400 200
6	Nhà hàng ăn uống		300
7	Triển lãm, cửa hàng		400
8	Phòng họp, khiêu vũ chờ đợi, khán đài	-Có lắp ghế cố định -Không có ghế cố định	400 500
9	Phòng học	Thuộc trường học	200
10	Sân khấu		750
11	Phòng áp mái	Trên trần nhà không đặt thiết bị	70
12	Ban công, lô gia	Phương án tải dàn đều	200
13	Gác lửng		75
14	Sảnh, cầu thang, hành lang	-Phòng ờ, VP, thí nghiệm, phòng VS -Nhà hàng, hội nghị, khiêu vũ, khán giả -Sân khấu	300 400 500
15	Mái bằng có sử dụng	-Phản có đông người đứng được -Phản ít người đứng -Các phản khác	400 150 50
16	Mái không sử dụng	-Mái (ngói, fibrô xi măng, tôn), trần nhẹ -Mái bằng, máng nước, mái hắt	30 75
17	Kho	-Kho lưu trữ sách, tài liệu xếp dày -Kho sách thư viện -Kho giấy -Kho lạnh	480 240 400 500

18	Xưởng sản xuất	-Xưởng đúc -Xưởng sửa xe dưới 2,5 T -Xưởng lớn có lắp máy, có đường đi	2000 500 400
19	Gara ôtô		500
20	Trại chăn nuôi	-Gia súc nhỏ -Gia súc lớn	200 500

Bảng 33: Hệ số vượt tải (Khi tính toán cường độ và ổn định)

TT	Loại tải trọng	Đặc điểm	Hệ số vượt tải
1	Trọng lượng kết cấu	-Kết cấu thép -Kết cấu gạch đá -Kết cấu BT có $\gamma > 1600 \text{ kG/m}^3$ - Kết cấu BT có $\gamma \leq 1600 \text{ kG/m}^3$, lớp trát, vách ngăn +Sản xuất ở nhà máy +Sản xuất ở công trường	1,05 1,1 1,1 1,2 1,3
2	Trọng lượng đất	- Đất nguyên thổ - Đất đắp	1,1 1,15
3	Hoạt tải phân bố đều trên sàn, cầu thang	- Tải trọng tiêu chuẩn $< 200 \text{ daN/m}^2$ - Tải trọng tiêu chuẩn $\geq 200 \text{ daN/m}^2$	1,3 1,2
4	Tải trọng cầu trục	- Cầu trục treo - Cầu trục khác	1,1 1,2
5	Tải trọng gió	Thời gian sử dụng công trình $> 50 \text{ năm}$	1,2

MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
<i>Lời nói đầu</i>	3
Phân I KẾT CẤU GỖ	
<i>Chương 1: Gỗ dùng trong xây dựng</i>	
§1-1. Ưu khuyết điểm của gỗ	5
§1-2. Phạm vi sử dụng kết cấu gỗ	6
§1-3. Tính chất cơ học của gỗ	7
<i>Chương 2: Tính toán cấu kiện cơ bản</i>	
§2-1. Tính toán cấu kiện chịu kéo đúng tâm	13
§2-2. Tính toán cấu kiện chịu nén đúng tâm	14
§2-3. Tính toán cấu kiện chịu uốn	18
§2-4. Tính toán cấu kiện chịu nén-uốn	23
§2-5. Tính toán cấu kiện chịu kéo-uốn	26
<i>Chương 3: Liên kết kết cấu gỗ</i>	
§3-1. Liên kết mộng	27
§3-2. Liên kết chốt	33
Phân II KẾT CẤU THÉP	
<i>Chương 4: Thép dùng trong xây dựng</i>	
§4-1. Khái niệm về kết cấu thép trong xây dựng	40
§4-2. Thép dùng trong xây dựng	41
<i>Chương 5: Liên kết trong kết cấu thép</i>	
§5-1. Liên kết hàn	42
§5-2. Liên kết bằng đinh tán và bu lông	53
<i>Chương 6: Tính toán trong cấu kiện cơ bản</i>	
§6-1. Cấu kiện chịu uốn ngang phẳng	66
§6-2. Cấu kiện chịu nén đúng tâm	74
§6-3. Cấu kiện chịu kéo đúng tâm	76
§6-4. Cấu kiện chịu nén lệch tâm - nén-uốn	76

Phần III KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP

Chương 7: Những vấn đề cơ bản về kết cấu bê tông cốt thép

§7-1. Mở đầu	78
§7-2. Tính chất cơ học của B.T.C.T	79
§7-3. Nguyên lý tính toán kết cấu B.T.C.T	85

Chương 8: Tính toán cấu kiện chịu uốn theo cường độ

§8-1. Đặc điểm cấu tạo	89
§8-2. Sự làm việc của dầm B.T.C.T	91
§8-3. Tính toán cấu kiện chịu uốn có tiết diện chữ nhật theo cường độ trên tiết diện thẳng góc	92
§8-4. Tính toán cấu kiện chịu uốn có tiết diện chữ T theo cường độ trên tiết diện thẳng góc	102
§8-5. Tính toán cường độ trên tiết diện nghiêng(tính chống cắt)	107

Chương 9: Tính toán cấu kiện chịu nén và chịu kéo

§9-1. Cấu kiện chịu nén đúng tâm	113
§9-2. Cấu kiện chịu nén lệch tâm	116
§9-3. Cấu kiện chịu kéo đúng tâm	127

Chương 10: Tính toán một số bộ phận của công trình

§10-1. Bản B.T.C.T hình chữ nhật một nhịp	128
§10-2. Sàn B.T.C.T đúc toàn khối có bản làm việc một chiều	134
§10-3. Sàn B.T.C.T đúc toàn khối có bản làm việc theo hai chiều	142
§10-4. Sàn panen lắp ghép	146
§10-5. Tính kết cấu cầu thang	149
§10-6. Lanț tô, ô văng	153
§10-7. Máng nước	155
§10-8. Móng bê tông cốt thép	156

Phụ lục

Tài liệu tham khảo

- TCVN 5574:1991
- TCVN 5575:1991
- Sổ tay thực hành kết cấu công trình(NXB xây dựng)
- Giáo trình kết cấu xây dựng (dùng cho các trường THCN)
- TCVN 1656:1975
- TCVN 1657:1975
- TCVN 1655:1975
- TCVN 1654:1975

GIÁO TRÌNH

KẾT CẤU XÂY DỰNG

Chịu trách nhiệm xuất bản:

BÙI HỮU HẠNH

Biên tập : **TRƯỜNG KIM HOÀN**

Chép bản : **LÊ THỊ HƯƠNG**

Sửa bản in : **TRƯỜNG KIM HOÀN**

Vẽ bìa : **NGUYỄN HỮU TÙNG**