



SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO HÀ NỘI

GIÁO TRÌNH

Kết cấu công trình

DÙNG TRONG CÁC TRƯỜNG TRUNG HỌC CHUYÊN NGHIỆP



NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI

SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO HÀ NỘI

KS. NGUYỄN THỊ XUÂN

GIÁO TRÌNH
KẾT CẤU CÔNG TRÌNH

CHUYÊN NGÀNH KỸ THUẬT THI CÔNG

(Dùng trong các trường THCN)

NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI - 2007

NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI
4 - TỔNG DUY TÂN, QUẬN HOÀN KIẾM, HÀ NỘI
ĐT: (04) 8252916, 8257063 - FAX: (04) 8257063

GIÁO TRÌNH
KẾT CẤU CÔNG TRÌNH
NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI - 2007

Chịu trách nhiệm xuất bản
NGUYỄN KHẮC OÁNH

Biên tập
PHẠM QUỐC TUẤN

Bìa
TRẦN QUANG

Kỹ thuật vi tính
MINH ĐỖ

Sửa bản in
PHẠM QUỐC TUẤN
LÊ XUÂN THỌ

In 500 cuốn, khổ 17x24cm, tại Nhà in Hà Nội - Công ty Sách Hà Nội. 67 Phó Đức Chính - Ba Đình - Hà Nội. Quyết định xuất bản số: 154-2006/CXB/466GT-15/HN cấp ngày 28/02/2006. Số in: 83/4. In xong và nộp lưu chiểu quý I năm 2007.

Lời giới thiệu

Nước ta đang bước vào thời kỳ công nghiệp hóa, hiện đại hóa nhằm đưa Việt Nam trở thành nước công nghiệp văn minh, hiện đại.

Trong sự nghiệp cách mạng to lớn đó, công tác đào tạo nhân lực luôn giữ vai trò quan trọng. Báo cáo Chính trị của Ban Chấp hành Trung ương Đảng Cộng sản Việt Nam tại Đại hội Đảng toàn quốc lần thứ IX đã chỉ rõ: “Phát triển giáo dục và đào tạo là một trong những động lực quan trọng thúc đẩy sự nghiệp công nghiệp hóa, hiện đại hóa, là điều kiện để phát triển nguồn lực con người - yếu tố cơ bản để phát triển xã hội, tăng trưởng kinh tế nhanh và bền vững”.

Quán triệt chủ trương, Nghị quyết của Đảng và Nhà nước và nhận thức đúng đắn về tầm quan trọng của chương trình, giáo trình đối với việc nâng cao chất lượng đào tạo, theo đề nghị của Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội, ngày 23/9/2003, Ủy ban nhân dân thành phố Hà Nội đã ra Quyết định số 5620/QĐ-UB cho phép Sở Giáo dục và Đào tạo thực hiện đề án biên soạn chương trình, giáo trình trong các trường Trung học chuyên nghiệp (THCN) Hà Nội. Quyết định này thể hiện sự quan tâm sâu sắc của Thành ủy, UBND thành phố trong việc nâng cao chất lượng đào tạo và phát triển nguồn nhân lực Thủ đô.

Trên cơ sở chương trình khung của Bộ Giáo dục và Đào tạo ban hành và những kinh nghiệm rút ra từ thực tế đào tạo, Sở Giáo dục và Đào tạo đã chỉ đạo các trường THCN tổ chức biên soạn chương trình, giáo trình một cách khoa học, hệ

thống và cập nhật những kiến thức thực tiễn phù hợp với đối tượng học sinh THCS Hà Nội.

Bộ giáo trình này là tài liệu giảng dạy và học tập trong các trường THCS ở Hà Nội, đồng thời là tài liệu tham khảo hữu ích cho các trường có đào tạo các ngành kỹ thuật - nghiệp vụ và đông đảo bạn đọc quan tâm đến vấn đề hướng nghiệp, dạy nghề.

Việc tổ chức biên soạn bộ chương trình, giáo trình này là một trong nhiều hoạt động thiết thực của ngành giáo dục và đào tạo Thủ đô để kỷ niệm "50 năm giải phóng Thủ đô", "50 năm thành lập ngành" và hướng tới kỷ niệm "1000 năm Thăng Long - Hà Nội".

Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội chân thành cảm ơn Thành ủy, UBND, các sở, ban, ngành của Thành phố, Vụ Giáo dục chuyên nghiệp Bộ Giáo dục và Đào tạo, các nhà khoa học, các chuyên gia đầu ngành, các giảng viên, các nhà quản lý, các nhà doanh nghiệp đã tạo điều kiện giúp đỡ, đóng góp ý kiến, tham gia Hội đồng phản biện, Hội đồng thẩm định và Hội đồng nghiệm thu các chương trình, giáo trình.

Đây là lần đầu tiên Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội tổ chức biên soạn chương trình, giáo trình. Dù đã hết sức cố gắng nhưng chắc chắn không tránh khỏi thiếu sót, bất cập. Chúng tôi mong nhận được những ý kiến đóng góp của bạn đọc để từng bước hoàn thiện bộ giáo trình trong các lần tái bản sau.

GIÁM ĐỐC SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

Lời nói đầu

Để đáp ứng nhu cầu về giảng dạy và học tập ở các trường Trung học Xây dựng, Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội đã giao nhiệm vụ biên soạn chương trình, giáo trình môn học Kết cấu công trình dùng cho chuyên ngành Kỹ thuật thi công cho tổ bộ môn Kết cấu của trường Trung học Xây dựng Hà Nội biên soạn.

Nội dung giáo trình môn học bao gồm:

Phần 1: Phần mở đầu

Phần 2: Kết cấu gỗ

Phần 3: Kết cấu thép

Phần 4: Kết cấu bê tông cốt thép

Phần 5: Tính toán các kết cấu thường gặp trong công trình xây dựng dân dụng

Bài tập các chương

Các phụ lục kèm theo

Đây là giáo trình cơ bản của môn học được biên soạn trên cơ sở kinh nghiệm giảng dạy nhiều năm của các giáo viên thuộc tổ bộ môn Kết cấu trường THXD Hà Nội và các tài liệu tham khảo có liên quan. Chúng tôi hy vọng giáo trình sẽ đáp ứng được nhu cầu học tập và giảng dạy cho ngành kỹ thuật thi công của các trường THXD trong giai đoạn hiện nay.

Trong quá trình biên soạn chúng tôi cũng nhận được nhiều ý kiến đóng góp của các bạn đồng nghiệp, đặc biệt là sự góp ý và sửa chữa của các chuyên gia:

1. GS.TS. Nguyễn Đình Cống, giảng viên trường Đại học Xây dựng.

2. PGS.TS. Nguyễn Xuân Liên, giảng viên trường Đại học Xây dựng.

3. PGS.TS. Lê Bá Huế, giảng viên trường Đại học Xây dựng.

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn!

Do khả năng và kinh nghiệm có hạn nên nội dung giáo trình không tránh khỏi những thiếu sót. Rất mong được bạn đọc góp ý để giáo trình được chỉnh lý ngày càng hoàn chỉnh hơn.

TÁC GIẢ

Phần một

PHẦN MỞ ĐẦU

BÀI MỞ ĐẦU

1. Mục tiêu môn học

1.1. Mục tiêu chung

- Giới thiệu cho học sinh các kết cấu chịu lực trong công trình xây dựng dân dụng, những đặc điểm và tính chất cơ bản của các loại vật liệu và cấu tạo của các kết cấu đó.

- Cung cấp cho học sinh nội dung, công thức và trình tự tính toán các kết cấu thường dùng làm bằng gỗ, thép, bê tông cốt thép.

- Những kiến thức của môn học này giúp học sinh củng cố được các kiến thức đã học ở các môn học trước như vẽ kỹ thuật, vật liệu xây dựng, cơ học xây dựng, đồng thời làm cơ sở để học các môn học khác như dự toán, thi công, kỹ thuật thi công.

1.2. Mục tiêu cụ thể

Học xong môn học này học sinh phải đạt được các yêu cầu sau:

** Về chuyên môn:*

- Đọc được các bản vẽ thiết kế kết cấu.

- Hiểu được các quy định cấu tạo của các kết cấu bê tông cốt thép, kết cấu thép, kết cấu gỗ để có thể kiểm tra, giám sát kỹ thuật khi thi công các sản phẩm đó.

- Làm trợ lý kỹ thuật cho kỹ sư, kiến trúc sư trong chỉ đạo và quản lý thi công. Sau hai, ba năm công tác có thể làm được chủ nhiệm công trình thi công thông dụng.

- Với học sinh khá, dựa vào tài liệu hoặc có sự hướng dẫn của kỹ sư có thể thiết kế kết cấu cho các công trình xây gạch có sàn bằng bê tông cốt thép đổ tại chỗ.

- Rèn luyện tính cẩn thận, chính xác của người làm công tác kỹ thuật.

** Về kỹ năng:*

- Đọc thành thạo và triển khai được các bản vẽ xây dựng.

- Hướng dẫn được công nhân gia công và lắp đặt cốt thép theo bản vẽ thiết kế.

** Thái độ:*

- Xác định đây là nghề và nghiệp, từ đó xây dựng lòng yêu nghề, yêu lao động.

- Có ý thức tổ chức kỷ luật, ham học hỏi, tính chủ động trong công tác.

- Có đạo đức nghề nghiệp: Tôn trọng quy trình kỹ thuật, đảm bảo chất lượng công trình. Không chấp nhận lối làm dối, làm ẩu.

- Có ý thức tiết kiệm, tránh lãng phí của cải của xã hội. Biết yêu quý thành quả của mình và mọi người.

- Có ý thức đảm bảo an toàn trong lao động, đảm bảo vệ sinh môi trường khi thi công.

2. Nội dung tóm tắt của giáo trình

Giáo trình được giảng dạy với thời gian 105 tiết lý thuyết, không có thời gian thực hành môn học.

Giáo trình gồm bốn phần:

Phần 1: Phần mở đầu

- Bài mở đầu

- Chương 1: Khái niệm chung về kết cấu công trình

Phần 2: Kết cấu gỗ

- Chương 2: Gỗ trong xây dựng

- Chương 3: Tính toán các cấu kiện cơ bản

Phần 3: Kết cấu thép

- Chương 4: Thép trong xây dựng

- Chương 5: Tính toán kết cấu thép

Phần 4: Kết cấu bê tông cốt thép

- Chương 6: Khái niệm chung về kết cấu bê tông cốt thép
- Chương 7: Cấu kiện chịu uốn
- Chương 8: Cấu kiện chịu nén.

Phần 5: Tính toán các bộ phận thường gặp trong công trình xây dựng dân dụng.

- Chương 9: Dầm và Bản đỡ tại chỗ
- Chương 10: Cầu thang
- Chương 11: Một số kết cấu khác

Bài tập các chương

Các phụ lục kèm theo

Trọng tâm chương trình

- Chương 7
- Chương 9
- Chương 10

Chương 1

KHÁI NIỆM CHUNG VỀ KẾT CẤU CÔNG TRÌNH

Mục tiêu:

Học xong chương này học sinh phải:

- Hiểu được khái niệm về kết cấu công trình xây dựng và tầm quan trọng về độ an toàn của chúng.
- Phân biệt được các loại tải trọng.
- Biết các phương pháp tính toán kết cấu và tải trọng dùng trong mỗi phương pháp.
- Ôn lại các kiến thức cũ về đơn vị và chuyển đổi đơn vị một số đại lượng như lực, chiều dài, diện tích, thể tích.

Trọng tâm:

- Hiểu khái niệm về kết cấu và độ an toàn của kết cấu.

I. KẾT CẤU CÔNG TRÌNH (KCCT)

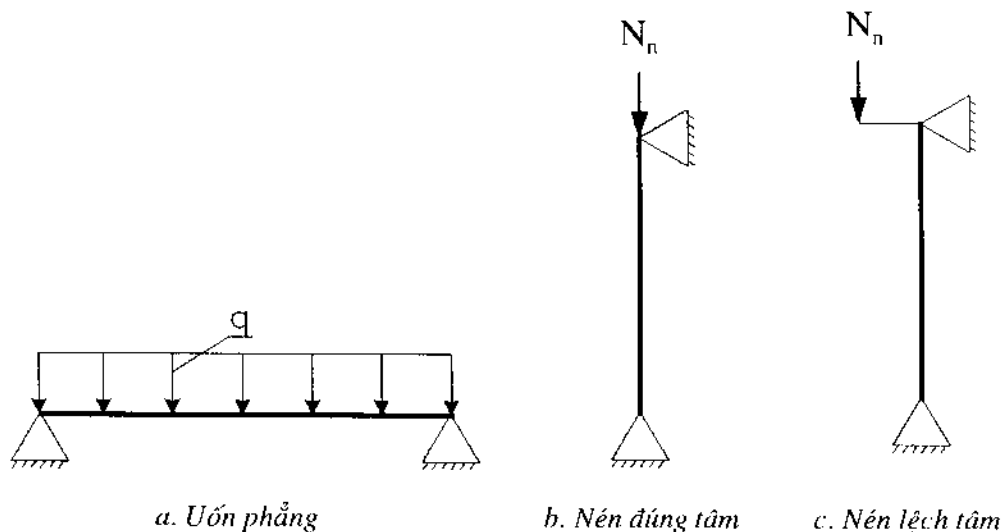
Nói đến KCCT là đề cập đến các vấn đề sau đây:

- Hệ thống những phần tử chịu lực tạo nên công trình xây dựng.
- Vật liệu tạo nên các phần tử chịu lực.
- Sự kết hợp giữa các phần tử.
- Nguyên lý tính toán và cấu tạo của các phần tử để chúng hoàn thành chức năng chịu lực.

Sự bền vững của công trình xây dựng được quyết định bởi độ bền vững, độ ổn định của hệ thống những phần tử này. Vấn đề lựa chọn vật liệu và sự kết hợp hợp lý các phần tử chịu lực góp phần quyết định tính kinh tế cho công trình. Sự lựa chọn đó là giải pháp kết cấu công trình.

Kết cấu - cấu kiện: Một phần tử chịu lực độc lập được coi là một cấu kiện. Ví dụ như một thanh chịu kéo là cấu kiện chịu kéo, một thanh chịu nén hay một thanh chịu uốn,... là cấu kiện chịu nén, cấu kiện chịu uốn...

Nhiều cấu kiện được liên kết với nhau để cùng thực hiện nhiệm vụ chịu lực gọi là kết cấu. Kết cấu được làm từ vật liệu gì thì gọi tên theo vật liệu đó như kết cấu gỗ, kết cấu thép, kết cấu bê tông cốt thép.



Hình 1-1

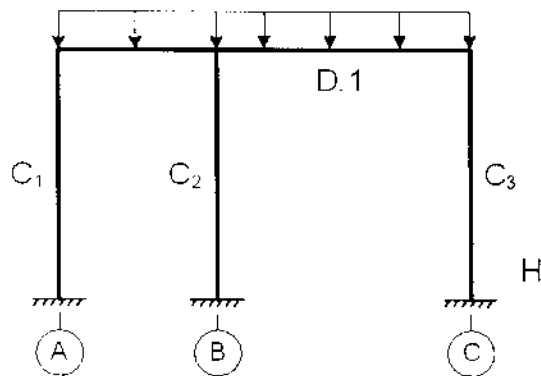
Trên hình 1-1 các thanh này làm việc độc lập và được gọi là cấu kiện, cấu kiện chịu uốn phẳng (a), cấu kiện chịu nén đúng tâm (b), cấu kiện chịu nén lệch tâm (c).

Trong kết cấu công trình, cấu kiện chịu uốn thường là dầm và bản, cấu kiện chịu nén đúng tâm, nén lệch tâm thường là cột chịu tải trọng đúng tâm hay lệch tâm.

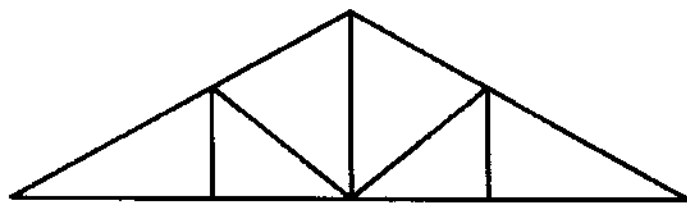
Trên hình 1-2 các cột C1, C2, C3 và dầm D1, ở đâu trên hình vẽ được liên kết với nhau để cùng làm việc được gọi là kết cấu khung:

- Khung làm bằng bê tông cốt thép được gọi là khung bê tông cốt thép.
- Khung làm bằng thép gọi là khung thép.
- Khung làm bằng gỗ gọi là khung gỗ.

Khái niệm cấu kiện và kết cấu mang tính tương đối. Cũng là một sản phẩm nhưng có thể được coi là cấu kiện, cũng có thể được coi là kết cấu tùy trường hợp cụ thể.



Hình 1-2. Kết cấu khung



Hình 1-3. Sơ đồ một dàn tam giác

Dàn là một kết cấu được tạo nên bởi nhiều thanh liên kết với nhau. Giao của các thanh dàn là mắt dàn. Mỗi đoạn thanh giới hạn bởi hai mắt ở hai đầu được coi là một cấu kiện khi tính toán. Lúc này dàn được coi là một kết cấu-kết cấu dàn. Nhưng để chịu lực từ mái thì dàn phải được liên kết với cột, cột truyền lực xuống móng, xét ở góc độ đơn vị sản phẩm thi công thì dàn được xem như một cấu kiện.

II. TẢI TRỌNG TÁC DỤNG - PHÂN LOẠI TẢI TRỌNG

Trong cơ học xây dựng ta nói lực tác dụng lên một hệ thì trong kết cấu công trình người ta gọi là tải trọng tác dụng lên kết cấu.

Tuỳ theo đặc điểm và tính chất tác dụng của tải trọng mà người ta phân nó ra thành các loại:

1. Theo thời gian tác dụng

1.1. Tải trọng thường xuyên

Là loại tải trọng tồn tại đồng thời với kết cấu trong suốt quá trình sử dụng của công trình và thậm chí ngay từ khi thi công.

Loại tải trọng này bao gồm trọng lượng bản thân kết cấu và trọng lượng các bộ phận khác truyền vào nó.

Tải trọng thường xuyên còn được gọi là tĩnh tải.

1.2. Tải trọng tạm thời

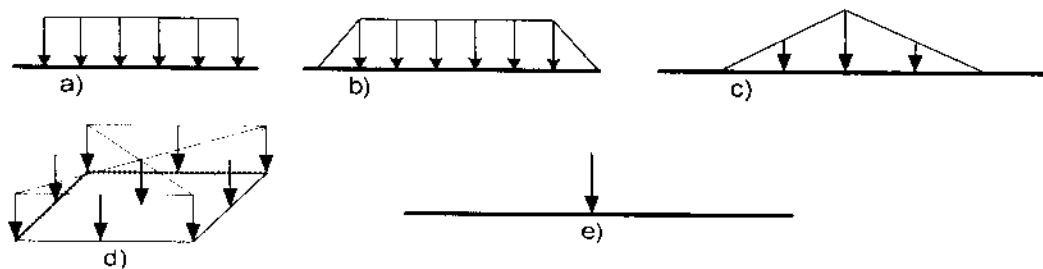
Là loại tải trọng không cùng tồn tại đồng thời với kết cấu mà lúc xuất hiện, lúc mất đi. Tùy theo thời gian xuất hiện được chia thành:

- Tải trọng tạm thời ngắn hạn: gồm trọng lượng của người khi sử dụng hoặc sửa chữa công trình..., tải trọng gió.
- Tải trọng tạm thời dài hạn: gồm các loại có thời gian xuất hiện dài như trọng lượng đồ vật, trọng lượng hàng trong kho, trọng lượng của sách trong thư viện...

2. Theo phạm vi tác dụng

Tải trọng được chia thành các loại:

- Tải trọng phân bố (đều hoặc không đều, phân bố trên đơn vị diện tích hay đơn vị chiều dài).
- Tải trọng tập trung.



a, b, c: tải trọng phân bố trên theo chiều dài.

d: tải trọng phân bố đều theo diện tích,

e: tải trọng tập trung

Hình 1-4. Các sơ đồ tải trọng

3. Theo giá trị của tải trọng

Mỗi loại tải trọng đều có hai giá trị. Một giá trị xác định theo hồ sơ thiết kế kiến trúc. Nó mang tính chất thống kê, được gọi là giá trị tiêu chuẩn. Trong thực tế thi công và sử dụng tải trọng thường có giá trị sai lệch với giá trị tiêu chuẩn, gây nguy hiểm cho kết cấu. Để đảm bảo an toàn cho công trình, trong

tính toán kết cấu người ta dùng giá trị lớn hơn giá trị tiêu chuẩn gọi là giá trị tính toán của tải trọng.

$$P = p_{tc} \cdot n$$

Trong đó:

P: Giá trị tính toán của tải trọng.

p_{tc} : Giá trị tiêu chuẩn của tải trọng.

n: Hệ số vượt tải. Được lấy theo quy phạm ở bảng phụ lục 32.

Thông thường $n > 1$, trường hợp tải trọng giảm gây nguy hiểm cho kết cấu thì những tải trọng đó lấy $n < 1$. Thường lấy $n = 0,85 \div 0,9$.

Ví dụ, khi tính cân bằng của vật lật, những tải trọng tham gia chống lật lấy $n < 1$. Tải trọng tạm thời không được tính tham gia chống lật.

Các giá trị tiêu chuẩn của tải trọng gọi là tải trọng tiêu chuẩn. Các giá trị tính toán của tải trọng là tải trọng tính toán.

Tùy theo điều kiện tính toán của kết cấu mà ta sử dụng tải trọng tính toán hay tải trọng tiêu chuẩn.

Ngoài các loại tải trọng trên, trong tính toán kết cấu còn gặp tải trọng rất ít xuất hiện như tải trọng do động đất, tải trọng do bom nổ,... chúng được gọi là tải trọng đặc biệt. Các tải trọng này được tính trong các công trình quan trọng hoặc những công trình đòi hỏi tính an toàn cao (được quy định trong tiêu chuẩn thiết kế).

III. PHƯƠNG PHÁP TÍNH

Hiện nay phương pháp tính toán được dùng phổ biến là phương pháp tính toán theo trạng thái giới hạn (TTGH) và được chia thành hai nhóm:

- Trạng thái giới hạn thứ nhất gọi tắt TTGH.1
- Trạng thái giới hạn thứ hai gọi tắt TTGH.2

1. Trạng thái giới hạn thứ nhất

Đây là trạng thái giới hạn về khả năng chịu lực. Khi đạt đến trạng thái này, nếu tăng tải trọng thì kết cấu mất đi khả năng chống đỡ do bắt đầu bị phá hoại hoặc bị mất ổn định.

Điều kiện tính toán theo TTGH -1 là:

$$S \leq [S] \quad (1-1)$$

Trong đó:

S: nội lực bất lợi do tải trọng tính toán gây ra.

[S]: khả năng chịu lực của cầu kiện khi nó đạt tới trạng thái giới hạn.

Điều kiện (1-1) có thể biểu diễn dưới dạng khác:

$$s \leq [s] \quad (1-1a)$$

s: ứng suất tại vị trí bất lợi do nội lực bất lợi tại đó gây ra.

[s] là cường độ tính toán của vật liệu làm kết cấu.

Tính theo TTGH.1, được tiến hành với mọi bộ phận của kết cấu và không chỉ tính toán cho giai đoạn sử dụng mà còn phải tính toán cho giai đoạn chế tạo, vận chuyển và sửa chữa.

2. Trạng thái giới hạn thứ hai

Đây là TTGH về biến dạng. Khi đạt đến trạng thái này, kết cấu bắt đầu mất khả năng sử dụng bình thường do kết cấu biến dạng quá lớn.

TTGH.2 được tính toán theo điều kiện chuyển vị, điều kiện dao động của các kết cấu, điều kiện hạn chế vết nứt trong kết cấu bê tông cốt thép.

$$f \leq [f] \quad (1-2)$$

$$a_n \leq [a_n] \quad (1-3)$$

f, a_n : chuyển vị và vết nứt nguy hiểm nhất do tải trọng tiêu chuẩn gây ra.

[f], $[a_n]$: chuyển vị và vết nứt giới hạn được lấy theo quy định tùy yêu cầu sử dụng của kết cấu.

Điều kiện (1-2) còn được biểu diễn ở dạng (1-2a):

$$\frac{f}{l} \leq \left[\frac{f}{l} \right] \quad (1-2a)$$

Trong đó:

f/l: chuyển vị tương đối tại vị trí nguy hiểm do tải trọng tiêu chuẩn gây ra.

l: độ dài của cầu kiện trong phạm vi tính.

$\left[\frac{f}{l} \right]$: chuyển vị tương đối cho phép được lấy theo quy định tùy yêu cầu sử dụng của kết cấu.

Qua nội dung trên có thể thấy tải trọng tính toán dùng trong tính toán theo TTGH.1; tải trọng tiêu chuẩn dùng trong tính toán theo TTGH.2.

IV. TRÌNH TỰ THIẾT KẾ

Thiết kế kết cấu cho công trình phải đảm bảo an toàn kinh tế và mỹ quan. Để thoả mãn được các yêu cầu trên phải nghiên cứu để lựa chọn phương án tối ưu, trong tính toán phải cẩn thận không được phép sai sót. Quá trình thiết kế có thể tóm tắt theo trình tự:

Bước 1: Lựa chọn giải pháp kết cấu.

Bước 2: Triển khai tính toán kết cấu.

- Chọn vật liệu.
- Xác định sơ đồ kết cấu.
- Xác định tải trọng tác dụng.
- Tính và vẽ biểu đồ nội lực.
- Xác định tiết diện.

Bước 3: Thể hiện kết quả tính trên bản vẽ.

- Bản vẽ kết cấu được ký hiệu KC, kèm theo là tên bản vẽ được đặt theo thứ tự 1; 2; 3; 4;...(KC.01, KC.02,...). Thứ tự này thường đánh theo trình tự thi công từ móng trở lên. Trong bản vẽ, mỗi loại kết cấu được thể hiện đầy đủ và chi tiết để theo bản vẽ người ta thi công được.

Bước 4: Hoàn chỉnh hồ sơ thiết kế và giao nộp.

- Giao nộp bản thuyết minh phân tích toán.
- Bản vẽ được đóng thành tập hoặc xếp thành bộ.

Các hồ sơ này đều phải được ký duyệt đóng dấu đơn vị thiết kế.

Theo trình tự trên, bước 1 là bước cơ bản quyết định tính kinh tế và tính mỹ quan. Bước này do kỹ sư kết cấu hoặc kỹ sư xây dựng làm chủ trì kết cấu đảm nhận. Bước 2 và bước 3 người cán bộ kỹ thuật trung học xây dựng có thể tham gia thiết kế các kết cấu thông dụng như dầm sàn toàn khối, cầu thang... Đặc biệt ở bước 3, họ là người vẽ theo số liệu tính toán được cung cấp.

Phần hai

KẾT CẤU GỖ

Chương 2

GỖ TRONG XÂY DỰNG

Mục tiêu: Học xong chương 2 học sinh phải:

- Nắm được các đặc điểm (ưu nhược điểm) của kết cấu gỗ.
- Nhớ được các nhóm gỗ thường dùng trong xây dựng.
- Biết các đặc trưng cơ học của gỗ và những yếu tố ảnh hưởng tới các đặc trưng đó để khi sử dụng vật liệu gỗ có sự lựa chọn loại gỗ phù hợp.
- Những kiến thức học ở chương này là cơ sở để học chương 3.

Trọng tâm:

- Đặc điểm của kết cấu gỗ.
- Phạm vi sử dụng kết cấu gỗ trong ngành xây dựng.

I. KHÁI NIỆM CHUNG

1. Ưu - nhược điểm của kết cấu gỗ

1.1. Ưu điểm

Gỗ là vật liệu nhẹ và khoẻ so với trọng lượng riêng của nó. Khi đánh giá chất lượng của vật liệu về mặt cơ học, người ta dùng hệ số phẩm chất c:

$$c = \frac{\gamma}{R} \quad \left(\frac{1}{m} \right)$$

Trong đó:

γ : trọng lượng thể tích của vật liệu (KN/m^3)

R: cường độ của vật liệu (KN/m^2)

Sau đây là hệ số phẩm chất của một số vật liệu xây dựng thường dùng:

Thép: $c = 3,7 \cdot 10^{-4} \text{ 1/m}$

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

Bê tông: $c = 24 \cdot 10^{-4} \text{ 1/m}$

Qua hệ số c ta thấy gỗ có phẩm chất cơ học gần bằng thép, vượt xa bê tông.

- Kết cấu gỗ gia công dễ dàng và đơn giản, không cần thiết bị phức tạp.
- Kết cấu gỗ có khả năng gia công sẵn rồi lắp ráp tại hiện trường.
- Kết cấu gỗ là loại vật liệu phổ biến và có tính địa phương. Khắp mọi miền trên đất nước ta đều có gỗ. Tùy theo khí hậu, thổ nhưỡng mà mỗi vùng có loại gỗ đặc trưng khác nhau. Đồng bằng Bắc bộ chủ yếu là gỗ xoan. Miền biển phổ biến là phi lao, bạch đàn...
- Gỗ là loại vật liệu có giá trị mỹ thuật cao, cách nhiệt tốt.

1.2. Nhược điểm

- Gỗ là loại vật liệu không đồng nhất, không đẳng hướng. Tại các vị trí khác nhau và theo các phương khác nhau, khả năng chịu lực khác nhau. Trên một cây gỗ, phần gốc chịu lực tốt hơn phần ngọn; phương dọc thớ chịu lực tốt hơn phương ngang thớ.
- Gỗ dễ bị cong, vênh, nứt nẻ khi lượng nước trong gỗ thay đổi. Do đặc điểm khí hậu ở nước ta có độ ẩm thay đổi rất lớn theo mùa, ảnh hưởng không tốt tới sự làm việc của gỗ. Vào mùa có độ ẩm cao, gỗ hút nước, trương nở, kết cấu bị cong vênh. Ngược lại vào mùa khô, gỗ mất nước, bị co ngót, dẫn đến vênh, nứt, nẻ.
- Gỗ là vật liệu dễ cháy. Quy phạm quy định ở những nơi nhiệt độ trên 50°C tồn tại lâu dài không được phép dùng kết cấu gỗ.
- Gỗ dễ bị mối, mọt, mục... làm hư hại trong quá trình sử dụng.
- Gỗ chịu ảnh hưởng nhiều của khuyết tật như mắt gỗ, thớ chéo. Mắt gỗ là nơi cây gỗ nảy cành. Hiện tượng này cây gỗ nào cũng gặp. Thớ chéo là vị trí có cấu tạo không bình thường, thớ gỗ bị vặn lệch đi. Tại các vị trí khuyết tật đó gỗ cứng hơn vùng xung quanh làm gia tăng tính không đồng nhất, khi làm việc gỗ dễ bị phá hoại cục bộ tại đó.
- Giá thành cao do hiện tại gỗ trở nên quý, hiếm.

2. Phân loại gỗ

Theo quy định (Nghị định 10CP) gỗ Việt Nam được chia thành 8 nhóm:

- *Nhóm 1:* Gồm những loại có hương, sắc đặc biệt thuộc loại gỗ quý như: trắc, gụ, lát, mun...

- *Nhóm 2:* Gồm những loại có cường độ cao như: đinh, lim, sến, táu... Dân gian còn gọi nhóm này là nhóm tứ thiết, bốn loại gỗ cứng như sắt.

- *Nhóm 3:* Bao gồm các loại gỗ có tính dẻo, dai, dễ dùng để đóng tàu thuyền. Đó là gỗ chò chỉ, téch, săng lẻ...

- *Nhóm 4:* Có tên là nhóm gỗ hồng sắc loại tốt. Chúng có bề mặt phù hợp với công nghệ gia công mộc. Đó là gỗ de, mớ, vàng tâm, dổi...

- *Nhóm 5:* Cũng được gọi là nhóm gỗ hồng sắc loại tốt. Nhưng gỗ nhóm này có tính chất cơ học cao hơn nhóm 4. Dễ, thông thuộc nhóm 5.

- *Nhóm 6:* Là nhóm hồng sắc loại thường. Các loại như sồi, bạch đàn, ràng ràng, muồng... thuộc nhóm này.

- *Nhóm 7:* Là nhóm gỗ tạp, đặc trưng là cây đa.

- *Nhóm 8:* Là nhóm gỗ tạp loại xấu, thường gặp như: gỗ gạo, sung, núc nác...

Việc phân loại gỗ nhằm để quản lí và sử dụng hợp lí loại vật liệu tự nhiên quý này.

Các loại gỗ nhóm 1, 2 và 3 dùng để xuất khẩu hoặc dùng trong công trình đặc biệt.

Để làm kết cấu chịu lực trong xây dựng dùng gỗ nhóm 5 và gỗ nhóm 4. Nhóm 6 chỉ dùng làm cấu kiện phụ, để thay khi hư hỏng hoặc dùng làm ván khuôn, đà giáo.

3. Phạm vi sử dụng

Gỗ có thể dùng để xây dựng nhà ở một tầng, hai tầng, nhà văn hoá, trụ sở, các kho thóc, gạo, trại chăn nuôi, xưởng chế biến, xưởng hoá chất ăn mòn kim loại, các cầu nhỏ, cầu tạm trên đường cấp thấp. Trong thuỷ lợi làm cầu tàu, bến cảng, cửa van, cống... Trong thi công dùng làm ván khuôn, đà giáo, cầu công tác... Do tình trạng khai thác bừa bãi mà nguồn vật liệu quý trở nên khan hiếm, cạn kiệt.

II. CÁC ĐẶC TRƯNG CƠ HỌC

Để nghiên cứu tính chất cơ học của gỗ, người ta phải tiến hành một số thí nghiệm đối với những thanh gỗ không có khuyết tật, chế tạo theo kích thước đã

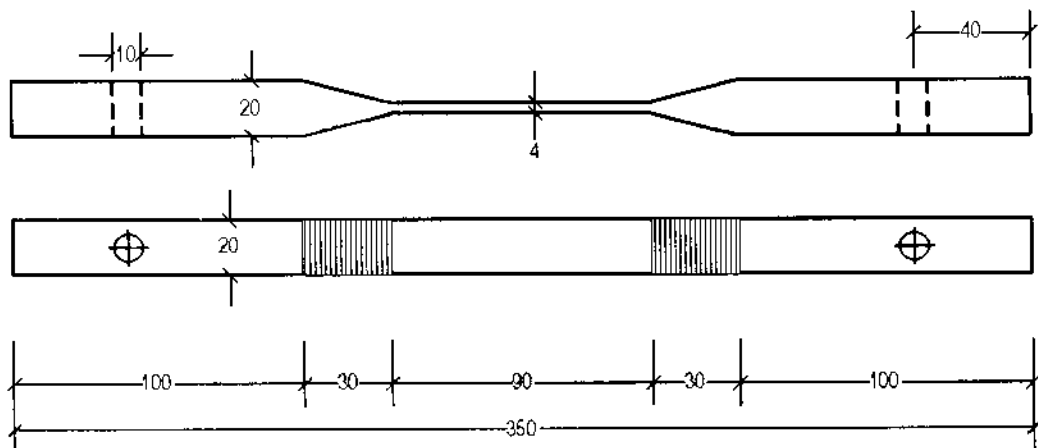
quy định dưới tác dụng của nhiều hình thức như: kéo, nén, uốn, cắt... thí nghiệm đến khi mẫu bị phá hoại. Giá trị ứng suất khi gỗ bị phá hoại gọi là giới hạn cường độ của gỗ. Cường độ tính toán của gỗ được lấy từ giới hạn cường độ khi thí nghiệm nhân với hệ số ảnh hưởng đến cường độ của gỗ và được lập thành bảng (xem phụ lục 1 ở cuối sách).

Các thí nghiệm cho thấy rằng, khả năng chịu lực của gỗ còn phụ thuộc vào góc hợp bởi phương của lực tác dụng và thớ gỗ. Góc đó càng lớn thì khả năng chịu lực của gỗ càng nhỏ.

1. Tính chịu kéo

Hình 2-1 trình bày mẫu thí nghiệm gỗ khi chịu kéo.

Giới hạn chịu kéo của gỗ dọc thớ rất cao. Thí nghiệm cho biết ở độ ẩm $W = 15\%$ (gỗ khô) giới hạn cường độ chịu kéo của gỗ thông là 10kN/cm^2 , mô đun đàn hồi E là $1.100 - 1.400\text{kN/cm}^2$.



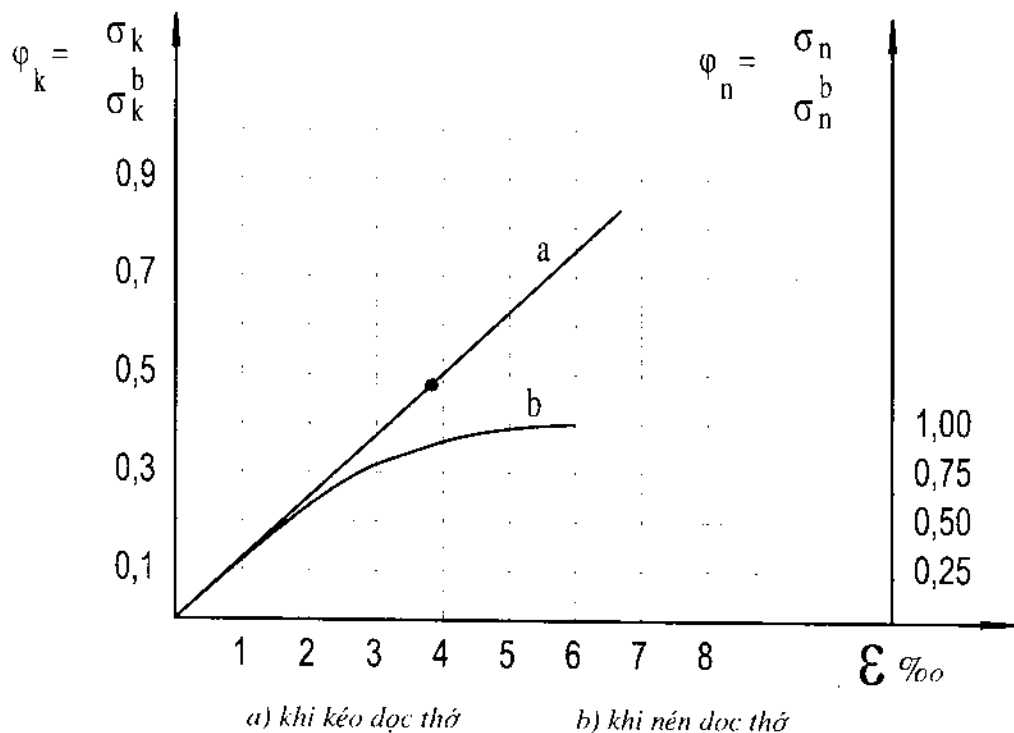
Hình 2-1: Mẫu thí nghiệm kéo vật liệu gỗ

Biểu đồ làm việc của gỗ thông Liên Xô (cũ) khi chịu kéo trình bày trên hình 2-2a. Khi chịu kéo không tìm thấy giới hạn chảy nên người ta nói gỗ giòn khi kéo.

Thí nghiệm cho biết, một thanh gỗ có mắt, nếu đường kính mắt $\leq 1/4$ cạnh tiết diện thì khả năng chịu kéo của gỗ chỉ còn 25 - 27% so với thanh gỗ cùng loại, cùng kích thước nhưng không có tật.

Giới hạn cường độ chịu kéo ngang thớ của gỗ rất thấp, chỉ bằng 2 - 2,5% giới hạn cường độ chịu kéo dọc thớ.

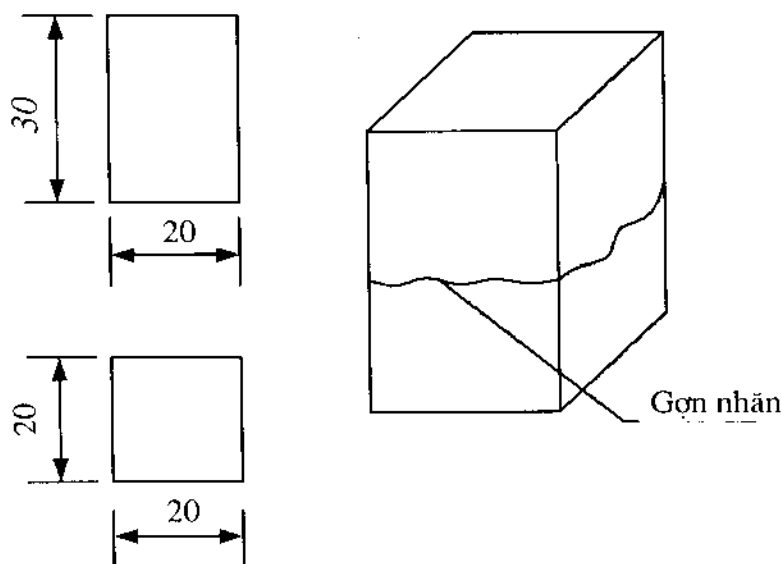
Giới hạn cường độ chịu kéo dọc thớ R_k của gỗ tuy cao song nó chịu ảnh hưởng nhiều của khuyết tật nên khi tính toán người ta chỉ lấy từ 1/10-1/8 giới hạn xác định được bằng thí nghiệm. Vì vậy, trong thực tế không dùng gỗ làm những cấu kiện chịu kéo dọc lập. Nếu buộc phải dùng, phải chọn gỗ có chất lượng tốt.



Hình 2-2: Biểu đồ làm việc của gỗ thông

2. Tính chịu nén

Lấy mẫu gỗ khô (Hình 2-3) độ ẩm từ 10 - 15%, không mất tịt, tiết diện 20x20x30 (cm³) đem ép. Tăng dần lực đến khi mẫu bị phá hoại, lúc này phía giữa mẫu thử có gợn nhăn do các thớ gỗ bị chùn lại, gỗ không còn khả năng chịu ép nữa. Mỗi khi tăng ứng suất nén biến dạng của mẫu thử tăng lên, biểu đồ chịu nén như hình 2-2b.



Hình 2-3: Mẫu thí nghiệm chịu nén

Khả năng chịu nén ngang thớ của gỗ rất thấp. Thí nghiệm cho biết, giới hạn nén ngang thớ chỉ bằng 1/2 giới hạn cường độ chịu nén dọc thớ.

Ở độ ẩm 15%, giới hạn cường độ chịu nén của gỗ thông Liên Xô là 3,9 kN/cm², gỗ dẻ Việt Nam (nhóm 5) là 5,7 kN/cm². Khi chịu nén gỗ ít chịu ảnh hưởng của khuyết tật. Kết quả thí nghiệm cho biết, nếu đường kính mắt gỗ bằng 1/3 cạnh tiết diện thì cường độ của nó khi nén còn từ 60 - 70% giới hạn cường độ của thanh có cùng chất lượng và kích thước nhưng không có khuyết tật.

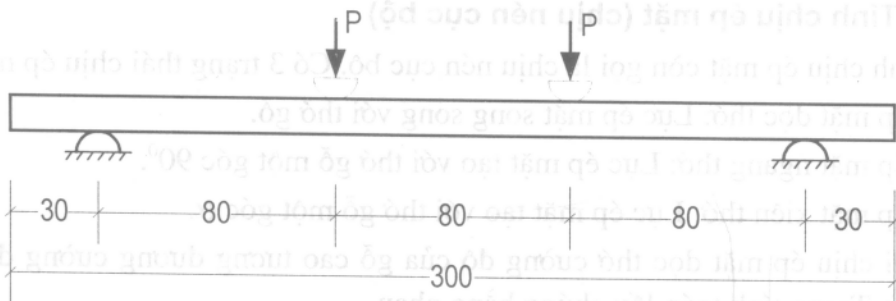
Tuy giới hạn cường độ chịu nén dọc thớ của gỗ khi thí nghiệm nhỏ hơn nhiều so với giới hạn cường độ khi kéo, nhưng giới hạn này lại ổn định hơn vì ít chịu ảnh hưởng của khuyết tật nên nó được dùng để đánh giá và phân loại gỗ.

Trên biểu đồ nén vật liệu gỗ có xuất hiện biến dạng dẻo và người ta nói gỗ làm việc như vật liệu dẻo khi chịu nén. Đây là nguyên nhân làm cho cường độ chịu nén ổn định hơn cường độ chịu kéo.

- Cường độ chịu nén dọc thớ kí hiệu là R_n
- Cường độ chịu nén ngang thớ kí hiệu là R_n^{90}

3. Tính chịu uốn

Lấy một mẫu gỗ không mắt tật, tiết diện 2 x 2(cm²), dài 30cm đặt lên hai gối tựa của máy thí nghiệm.



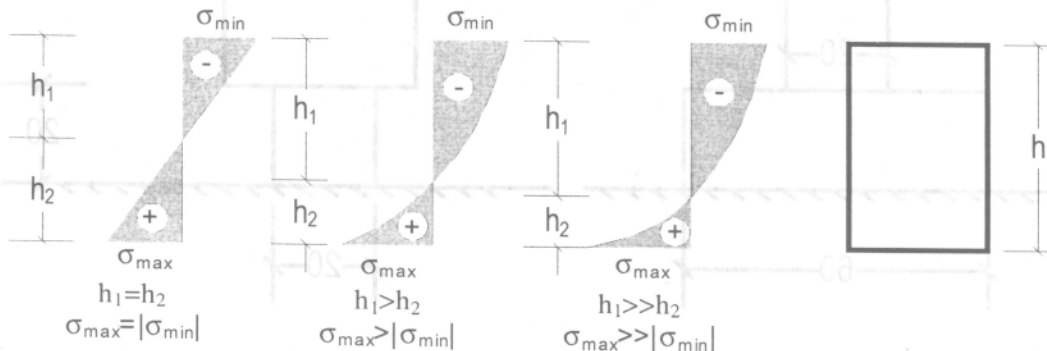
Hình 2-4: Mẫu thí nghiệm chịu uốn

Các gối tựa cách mút ngoài thanh là 3cm (hình 2-4). Tác dụng hai lực tập trung cách đều gối tựa một đoạn 8cm rồi tăng dần lực P , ta thấy:

- Lúc đầu khi P còn nhỏ, thanh vẫn thẳng, trục trung hoà ở giữa tiết diện. Trên tiết diện ngang, ứng suất nén và ứng suất kéo tại các thớ biên có trị số bằng nhau.

- Khi tăng thêm tải trọng P , trục trung hoà lùi dần xuống miền chịu kéo của tiết diện. Tại các thớ biên, ứng suất kéo lớn hơn ứng suất nén.

- Tiếp tục tăng lực P thì trục trung hoà của tiết diện càng lùi sâu xuống vùng kéo của tiết diện. Tại các thớ biên, ứng suất kéo lớn hơn nhiều so với ứng suất nén. Trên hình 2-4b trình bày sự phân bố lại ứng suất trên tiết diện ngang khi gỗ chịu uốn. Mẫu bắt đầu bị phá hoại khi ứng suất ở vùng nén đạt tới R_n và hoàn toàn bị phá hoại khi ứng suất ở vùng kéo đạt tới cường độ chịu kéo. Cường độ chịu uốn kí hiệu R_u



Hình 2-4b: Biểu đồ chịu uốn của gỗ

4. Tính chịu ép mặt (chịu nén cục bộ)

Tính chịu ép mặt còn gọi là chịu nén cục bộ. Có 3 trạng thái chịu ép mặt:

- Ép mặt dọc thớ: Lực ép mặt song song với thớ gỗ.
- Ép mặt ngang thớ: Lực ép mặt tạo với thớ gỗ một góc 90° .
- Ép mặt xiên thớ: Lực ép mặt tạo với thớ gỗ một góc α .

Khi chịu ép mặt dọc thớ cường độ của gỗ cao tương đương cường độ nén dọc thớ. Trong tính toán lấy chúng bằng nhau.

Khi chịu ép mặt ngang thớ ($\alpha = 90^\circ$) cường độ gỗ có giá trị nhỏ nhất trong ba trạng thái ép mặt.

Khi chịu ép mặt xiên thớ, cường độ của gỗ có giá trị trung gian giữa ép mặt dọc thớ và ngang thớ:

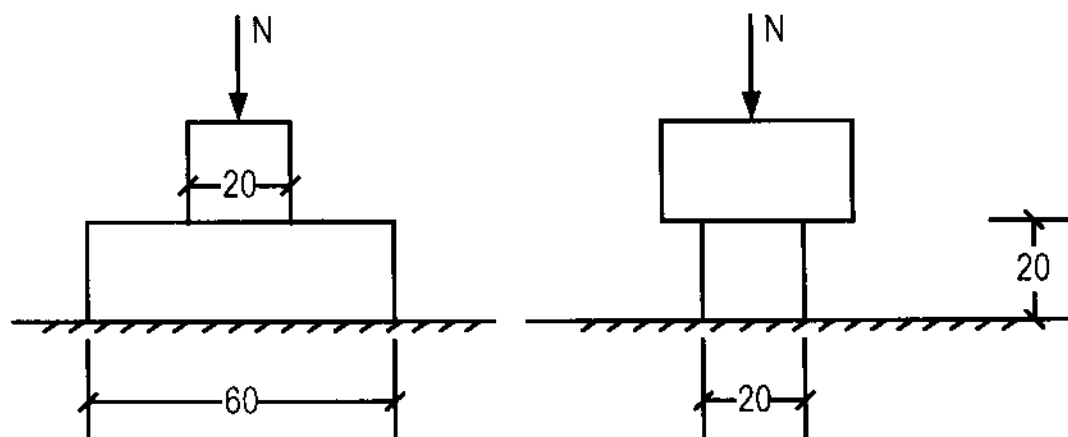
$$R_{em}^{90} < R_{em}^\alpha < R_{em}$$

Trên hình 2-5 trình bày mẫu thí nghiệm chịu ép mặt ngang thớ.

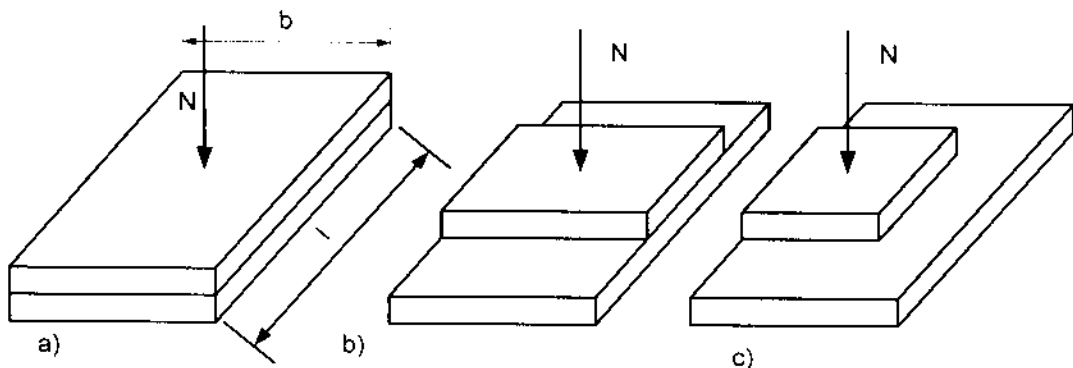
Hình 2-6 trình bày các dạng ép mặt ngang thớ.

Ta gọi chiều dài phân tử chịu ép mặt là l , chiều dài ép mặt là l_{em} ta có:

- Nếu $l/l_{em} < 3$: tỉ số này càng lớn khả năng chịu ép mặt càng tăng.
- Nếu $l/l_{em} \geq 3$: khả năng chịu ép mặt không đổi.



Hình 2-5: Mẫu thí nghiệm ép mặt ngang thớ



Hình 2-6: Các dạng ép mặt ngang thớ

- a. ép mặt ngang thớ trên toàn bộ bề mặt
- b. ép mặt trên toàn bộ chiều rộng và một phần chiều dài
- c. ép mặt trên một phần chiều rộng và một phần chiều dài

Qua thí nghiệm, tìm ra mối quan hệ giữa 3 loại cường độ R_{em}^{90} , R_{em} , R_{em}^{α} như sau:

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

Trong đó:

R_{em} : cường độ ép mặt dọc thớ

R_{em}^{90} : cường độ ép mặt ngang thớ

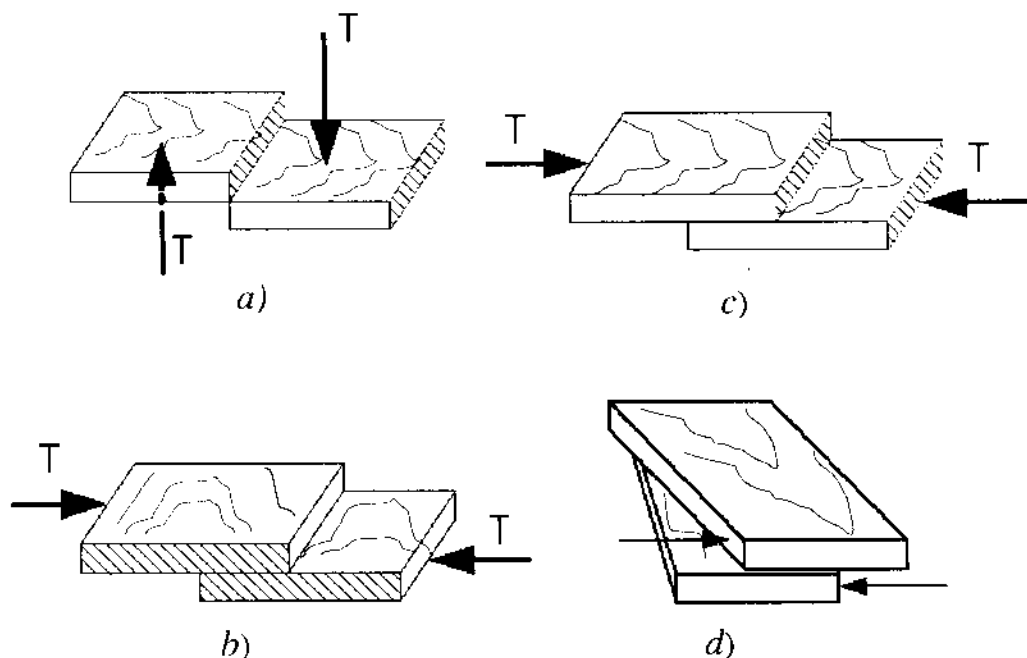
R_{em}^{α} : cường độ ép mặt xiên thớ

5. Tính chịu cắt (chịu trượt)

Trên hình 2-7 trình bày các mẫu thí nghiệm khi chịu cắt (hay còn gọi là chịu trượt) của gỗ.

Có 3 trường hợp cắt:

- Cắt ngang thớ: lực cắt vuông góc với thớ gỗ.
- + Cắt đứt thớ (hình 2-7a), có giới hạn chịu cắt lớn nhất.
- + Trượt ngang thớ (hình 2-7b).
- Cắt dọc thớ (2-7c): Lực cắt song song với thớ gỗ.
- Cắt xiên thớ (2-7d): Lực cắt nghiêng với thớ gỗ một góc α .



Hình 2.7: Các hình thức chịu cắt

Thí nghiệm cho biết cường độ chịu cắt của gỗ phụ thuộc các yếu tố sau:

- Góc α giữa mặt phẳng lực cắt và thớ gỗ.
- Cách đặt lực: Khi lực cắt đặt ở giữa hai đầu của mặt cắt thì gỗ chịu ép cắt.

Trường hợp lực đặt ở một đầu của mặt cắt thì gỗ bị tước. Khi gỗ bị ép cắt ứng suất phân bố đều hơn khi bị tước.

Thí nghiệm cho thấy cường độ chịu cắt xiên thớ một góc có giá trị trung gian giữa cường độ chịu cắt dọc thớ và cường độ chịu cắt ngang thớ. Mối quan hệ giữa ba loại cường độ này được xác định theo công thức sau:

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

Trong đó:

R_c : cường độ chịu cắt dọc thớ.

R_c^{90} : cường độ chịu cắt ngang thớ.

α : góc hợp bởi phương của lực tác dụng và thớ gỗ.

III. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG TỚI TÍNH CHẤT CƠ HỌC CỦA GỖ

1. Độ ẩm

Độ ẩm của gỗ kí hiệu là W , đơn vị tính là phần trăm và được xác định như sau:

$$W = \frac{G_1 - G_2}{G_2} \cdot 100\%$$

Trong đó:

G_1 : khối lượng của mẫu gỗ đang xét.

G_2 : khối lượng của mẫu gỗ sau khi sấy ở $100 - 105^\circ\text{C}$.

Độ ẩm ảnh hưởng rất lớn đến cường độ của gỗ. Độ ẩm càng tăng thì khả năng chịu lực của gỗ càng giảm. Song đến một giới hạn nào đó cường độ của gỗ hầu như không đổi. Giới hạn đó gọi là điểm bão hoà. Vì ở mỗi độ ẩm W của gỗ có một giá trị cường độ nên để so sánh cường độ của các loại gỗ người ta quy cường độ các loại gỗ ở độ ẩm tự nhiên R_w theo cường độ của gỗ ở độ ẩm tiêu chuẩn $W_{18}=18\%$.

$$R_w = \frac{R_{18}}{1 + \alpha (W - 18)} \quad (2-3)$$

Trong đó:

R_{18} : cường độ gỗ ở độ ẩm tiêu chuẩn 18%.

α : hệ số xét tới ảnh hưởng của độ ẩm, với gỗ thông Liên Xô.

+ $\alpha = 0,04 - 0,05$ khi nén dọc thớ.

+ $\alpha = 0,04$ khi uốn.

+ $\alpha = 0,03$ khi cắt dọc thớ.

W : độ ẩm của gỗ mà ở đó ta tính cường độ.

2. Nhiệt độ

Nhiệt độ càng cao thì khả năng chịu lực của gỗ càng giảm. Thí nghiệm cho biết, nếu tăng nhiệt độ từ $20 - 25^\circ\text{C}$ đến nhiệt độ 50°C thì cường độ của gỗ giảm đi từ 12 - 20%. Vì vậy, quy phạm không cho phép dùng kết cấu gỗ trong trường hợp nhiệt độ trên 50°C tác dụng lâu dài.

Cũng như yếu tố độ ẩm, ở mỗi nhiệt độ lại có một trị số cường độ của gỗ. Và người ta cũng dùng cường độ ở nhiệt độ tiêu chuẩn để tính toán. Nhiệt độ

tiêu chuẩn ở nước ta là 20°C . Cường độ của gỗ ở nhiệt độ T bất kì được tính như sau:

$$R_T = R_{20} - \beta (T - 20) \quad (2-4)$$

Trong đó:

R_T : Cường độ của gỗ ở nhiệt độ T .

R_{20} : Cường độ của gỗ ở nhiệt độ tiêu chuẩn.

T : Nhiệt độ tại đó cần xét cường độ.

20 : Nhiệt độ tiêu chuẩn.

β : Hệ số xét đến ảnh hưởng của nhiệt độ, phụ thuộc loại gỗ và trạng thái chịu lực.

3. Thời gian chịu tải

Tất cả các kết cấu gỗ đều chịu một tải trọng thường xuyên lâu dài. Muốn xác định kích thước hợp lý nhất của cấu kiện cần phải biết được cường độ bền lâu của gỗ. Thí nghiệm cho biết cường độ bền lâu của gỗ bằng 0,5 - 0,6 lần cường độ giới hạn khi thí nghiệm.

Thí nghiệm cho thấy cường độ của gỗ giảm đi khi chịu lực lâu dài nhưng không giảm tới không mà đến một giá trị không đổi σ_{ld} ; σ_{ld} gọi là cường độ lâu dài (vĩnh cửu) của gỗ.

Khi tính toán kết cấu gỗ cần chú ý thiết kế sao cho ứng suất trong cấu kiện nhỏ hơn cường độ bền lâu để kết cấu không bị phá hoại. Các giá trị cường độ của gỗ dùng trong tính toán được xác định từ cường độ lâu dài.

4. Những mắt tật của gỗ và môi trường xung quanh

Gỗ là vật liệu xây dựng chịu ảnh hưởng nhiều của thiên nhiên và tác động của sinh vật ở môi trường xung quanh. Đó là ảnh hưởng của mắt tật và của nấm, mối, mọt... Vì vậy cần bảo quản tốt và có biện pháp cần thiết để bảo vệ kết cấu khỏi sự phá hoại của môi trường xung quanh trong quá trình thi công cũng như trong quá trình sử dụng.

Các biện pháp bảo quản thường dùng: Trước khi sử dụng, gỗ phải được bảo quản ở môi trường khô ráo và tốt nhất là ngâm tẩm hoá chất để tránh mối, mọt. Trong dân gian, để tránh mối mọt, gỗ khai thác xong được ngâm trong bùn khoảng một năm vớt lên làm sạch bùn, để khô rồi mang sử dụng. Trong công trình, tại vị trí xà gác lên tường thường được bôi hắc ín để tránh mối, chân cột thường được kê trên một phiến đá, vừa để trang trí vừa tránh ẩm cho chân cột.

5. Cường độ tiêu chuẩn - Cường độ tính toán

**Cường độ tiêu chuẩn*: Là giá trị cường độ thu được khi thí nghiệm, kí hiệu R_{tc}

**Cường độ tính toán*: Là giá trị cường độ tiêu chuẩn nhân với các hệ số điều chỉnh do các nhân tố ảnh hưởng, kí hiệu là R

$$R = R_{tc} \cdot k \cdot m$$

Trong đó:

m : hệ số điều kiện làm việc, được lấy theo quy định.

k : hệ số kể đến các nhân tố ảnh hưởng:

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3$$

Với k_1 , k_2 , k_3 lần lượt là ảnh hưởng của mất tịt, của kích thước và của thời gian chịu tải.

Chương 3

TÍNH TOÁN CÁC CẤU KIỆN CƠ BẢN

Mục tiêu: Học xong chương này học sinh phải đạt được các yêu cầu sau:

- Hiểu nội dung tính toán dầm, cột chịu nén đúng tâm.
- Nắm được quy định lấy giảm yếu và cấu tạo các giảm yếu trên tiết diện.
- Rèn luyện tính cẩn thận, chính xác và kỹ năng tính toán.
- Kích thích khả năng tư duy và sáng tạo của học sinh.

Trọng tâm:

- Quy định lấy giảm yếu và cấu tạo giảm yếu trên tiết diện.
- Tính toán kiểm tra khả năng chịu lực của cột, dầm.

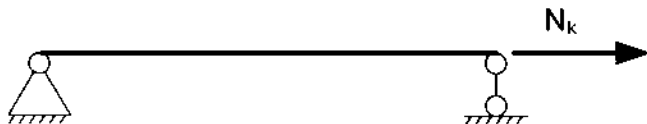
I. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU KÉO ĐÚNG TÂM

Cấu kiện chịu kéo đúng tâm là cấu kiện chịu tác dụng của lực kéo đặt trùng với trục của cấu kiện.

Trên một tiết diện có cấu tạo bình thường, ứng suất do tải trọng sinh ra được phân bố đều. Trong thực tế sử dụng gặp trường hợp tiết diện có cấu tạo đặc biệt như cần phải khoét lỗ để liên kết với các cấu kiện khác. Tại các tiết diện này, ứng suất tăng do tiết diện làm việc thực tế bị thu hẹp lại. Đồng thời ứng suất còn tăng do hiện tượng tập trung ứng suất tại vị trí có giảm yếu.

1. Công thức kiểm tra tiết diện

Xét một đoạn thanh chịu kéo như hình 3-1



Hình 3-1: Thanh chịu kéo

Thanh chịu kéo đúng tâm chỉ bị phá hoại khi nó bị kéo đứt. Điều kiện kiểm tra sự an toàn của thanh được thể hiện bằng công thức:

$$\sigma_k = \frac{N_k}{F_{th}} \leq R_k \quad (3-1)$$

Trong đó:

N_k : lực kéo tính toán tại tiết diện bất lợi.

σ_k : ứng suất tại vị trí bất lợi do tải trọng tính toán gây ra.

R_k : cường độ chịu kéo tính toán của gỗ.

F_{th} : diện tích làm việc thực tế của tiết diện đang xét:

$$F_{th} = F_{ng} - F_{gy}$$

Trong đó:

F_{ng} : diện tích tiết diện nguyên.

F_{gy} : diện tích giảm yếu (là phần tiết diện bị khoét đi).

2. Công thức thiết kế tiết diện

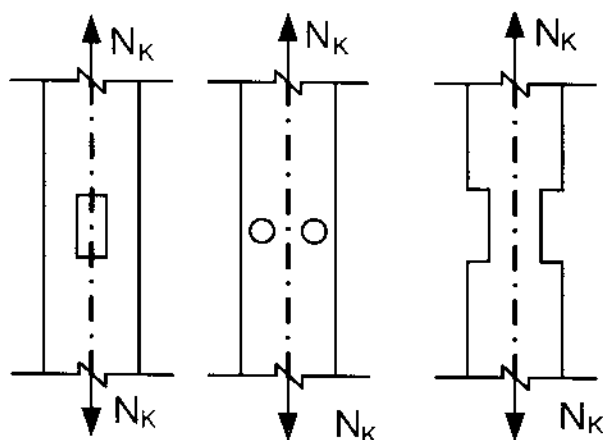
Trong thực tế có thể gặp trường hợp yêu cầu xác định tiết diện của cấu kiện. Khi đó dựa vào (3-1) ta có:

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

Khi có F_{th} thì căn cứ vào hình dáng và đặc điểm giảm yếu của tiết diện để xác định ra kích thước tiết diện nguyên.

3. Các trường hợp chịu kéo đúng tâm và quy định lấy diện tích giảm yếu

Trên hình (3-2) biểu diễn các trường hợp giảm yếu.



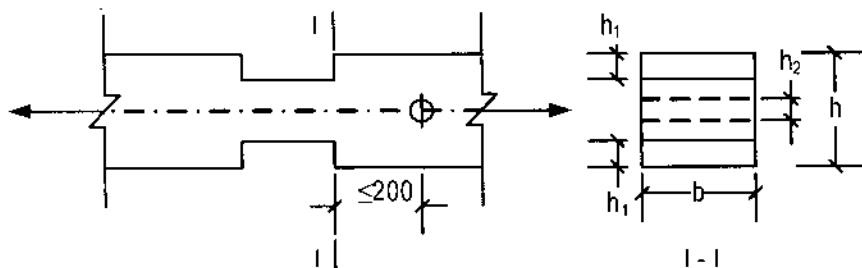
Hình 3.2

Để đảm bảo an toàn cho kết cấu, quy phạm quy định lấy giảm yếu trên các tiết diện như sau:

- Diện tích tiết diện giảm yếu không lớn hơn 50% diện tích tiết diện nguyên khi giảm yếu đối xứng.

$$F_{gy} \leq 50\% F_{ng}$$

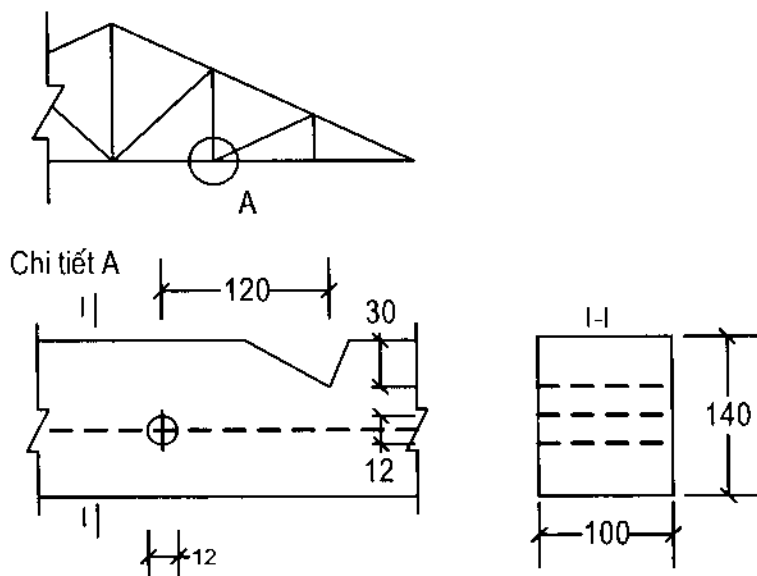
- Nếu các lỗ khuyết không thẳng hàng và cách nhau không quá 20cm thì khi tính toán coi như cùng nằm trên một tiết diện (hình 3-3)



Hình 3-3

Ví dụ 3-1:

Kiểm tra bền cho thanh quá giang có kích thước và chịu lực như hình vẽ (hình 3-4). Biết $N_K = 40\text{KN}$. Thanh quá giang dùng gỗ nhóm V, $W = 18\%$.



Hình 3-4: Hình vẽ cho ví dụ 3-1

Ta thấy các giảm yếu trên quá giang không thẳng và cách nhau một khoảng $12\text{cm} < 20\text{cm}$ nên tiết diện giảm yếu để tính toán là:

$$F_{gy} = 10(3 + 1,2) = 42\text{cm}^2$$

$$\text{Vậy } F_{th} = F_{ng} - F_{gy} = 10.14 - 10(3 + 1,2) = 98\text{cm}^2$$

Với gỗ nhóm V, $W=18\%$, ta có $R_k=0,95\text{KN/cm}^2$

$$\sigma_k = \frac{N_k}{F_{th}} = \frac{40}{98} = 0,41\text{KN/cm}^2$$

$$\sigma_k = 0,41\text{KN/m}^2 < R_k = 0,95\text{KN/cm}^2$$

Vậy thanh quá giang đảm bảo đủ khả năng chịu lực.

II. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU NÉN ĐÚNG TÂM

Cấu kiện chịu nén đúng tâm là cấu kiện chịu tác dụng của lực nén đặt trùng với trục của cấu kiện.

Trong xây dựng, đây là trạng thái chịu lực phổ biến của kết cấu. Trong kết cấu gỗ, cấu kiện chịu nén đúng tâm thường gặp là:

- Cột nhà, cột chống dàn giáo, chống ván khuôn...
- Các thanh kèo, các thanh chống chéo trong vì kèo gỗ.

Cấu kiện chịu nén đúng tâm bị phá hoại khi:

- Vật liệu không đủ chịu lực (cường độ, độ ổn định không đảm bảo).
- Độ cứng của cấu kiện không đảm bảo. Đảm bảo điều kiện này là tránh cho thanh không bị cong đi quá nhiều do trọng lượng bản thân hoặc có thể bị rung khi chịu tải trọng tác dụng.

1. Công thức kiểm tra tiết diện

Cấu kiện chịu nén đúng tâm đủ chịu lực cần phải đảm bảo ba điều kiện:

- Điều kiện cường độ.
- Điều kiện ổn định.
- Độ mảnh không vượt quá giới hạn cho phép.

Do đó, nội dung tính toán cấu kiện chịu nén đúng tâm gồm ba điều kiện sau:

1.1. Điều kiện cường độ

$$\sigma_n = \frac{N_n}{F_{th}} \leq R_n \quad (3-2)$$

1.2. Điều kiện ổn định

$$\sigma_n = \frac{N_n}{\varphi F_n} \leq R_n \quad (3-3)$$

Trong (3-2) và (3-3) thì:

σ_n : ứng suất do lực nén tính toán tại tiết diện bất lợi gây ra.

N_n : lực nén tính toán tại tiết diện bất lợi.

F_{th} : diện tích làm việc thực tế của tiết diện đang xét, và:

$$F_{th} = F_{ng} - F_{gy}$$

Trong đó:

F_{ng} và F_{gy} lần lượt là diện tích tiết diện nguyên và diện tích tiết diện giảm yếu.

R_n : cường độ chịu nén tính toán của vật liệu theo phương dọc thớ.

F_n : diện tích tính toán của tiết diện khi xét về ổn định.

Quy phạm quy định lấy F_n như sau:

- Khi trên cầu kiện không có lỗ khuyết: $F_n = F_{ng}$

- Khi có lỗ khuyết đối xứng ở giữa tiết diện:

+ Nếu $F_{gy} \leq 25\% F_{ng}$ thì $F_n = F_{ng}$

+ Khi có lỗ khuyết đối xứng thuộc mép tiết diện thì $F_n = F_{th}$.

Nếu $F_{gy} > 25\% F_{ng}$ thì $F_n = \frac{4}{3} F_{th}$

- φ : là hệ số uốn dọc:

$$\varphi = \frac{\sigma_{th}}{R_n} \quad (1)$$

$$\sigma_{th} = \frac{N_{th}}{F} \quad (2)$$

σ_{th} : ứng suất khi mẫu bị mất ổn định, gọi là ứng suất tới hạn.

N_{th} : lực nén tới hạn, tính theo công thức Öle:

$$N_{th} = \frac{\pi^2 EJ_{min}}{l_0^2} \quad (3)$$

E : môđun đàn hồi của gỗ.

J_{min} : mômen quán tính nhỏ nhất của tiết diện.

l_0 : chiều dài tính toán của cầu kiện.

Thay (3) vào (2) ta có:

$$\sigma_{th} = \frac{\pi^2 EJ_{min}}{l_0^2 F} \quad (4)$$

Ta có: $\frac{J_{min}}{F} = r_{min}^2$ mà $\frac{l_0}{r_{min}} = \lambda_{max}$ vậy (4) có dạng $\sigma = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda_m^2}$ (5)

Thay (5) vào (1) ta có:

$$\varphi = \frac{R_{th}}{R^b} = \frac{\pi^2}{\lambda^2} \cdot \frac{E}{R_n^b}$$

Tỉ số E/R_n^b theo thí nghiệm có trị số không đổi là 312, vậy:

$$\begin{aligned} \varphi &= \frac{3,14^2}{\lambda^2} \cdot 312 = \frac{3100}{\lambda^2} \\ \varphi &= \frac{3100}{\lambda^2} \end{aligned} \quad (3^*)$$

Công thức (3*) chỉ đúng trong phạm vi sử dụng của công thức Öle. Nghĩa là khi ứng suất tới hạn nhỏ hơn giới hạn tỉ lệ và mô đun đàn hồi E không đổi.

Với gỗ thông Liên Xô, $E = 1000 \text{ kN/cm}^2$

$$\sigma_{II} = 0,5 R_n^b = 1,75 \text{ kN/cm}^2 \text{ thì } \lambda \geq \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_{th}}} = 75$$

Ngoài phạm vi đó, nghĩa là khi $\lambda < 75$, mô đun đàn hồi E thay đổi, công thức (3*) không còn đúng nữa. Lúc này hệ số u được xác định theo công thức thực nghiệm của Cò-sê-côp:

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

Chiều dài tính toán l_0 của cấu kiện phụ thuộc vào sự liên kết giữa hai đầu của nó và được lấy như sau:

$$l_0 = \mu \cdot l$$

Trong đó:

l: chiều dài thực của cấu kiện.

Hai đầu liên kết khớp: $l_0 = l$.

Một đầu ngàm, một đầu khớp: $l_0 = 0,8l$.

Hai đầu ngàm: $l_0 = 0,65l$

Một đầu ngàm, một đầu tự do: $l_0 = 2l$

$r_{\min}$: bán kính nhỏ nhất của tiết diện. Theo sức bền vật liệu:

$$r = \sqrt{\frac{J_{ng}}{F_{ng}}}$$

Trong thực tế thường gặp các loại tiết diện chữ nhật, tròn. Nếu áp dụng công thức trên vào từng loại tiết diện cụ thể, ta được:

- Với tiết diện chữ nhật kích thước $b \times h$ và $h/b = k > 1$:

$$r_{\min} = \sqrt{\frac{J_{\min}}{F}} = \sqrt{\frac{b^3 h / 12}{bh}} = 0,289b$$

$$r_{\max} = \sqrt{\frac{J_{\max}}{F}} = \sqrt{\frac{hb^3 / 12}{bh}} = 0,289h$$

- Với tiết diện vuông cạnh a thì $r = 0,289a$

- Với tiết diện tròn ta có: $r = 0,25D$

1.3. Điều kiện độ mảnh

$$\lambda_{\max} = \frac{l_0}{r_{\min}} \leq [\lambda] \quad (3-4)$$

Trong đó:

$\lambda_{\max}$ độ mảnh theo phương nguy hiểm

$[\lambda]$: độ mảnh cho phép lấy theo quy định.

$[\lambda] = 120$ với cấu kiện chịu nén chủ yếu.

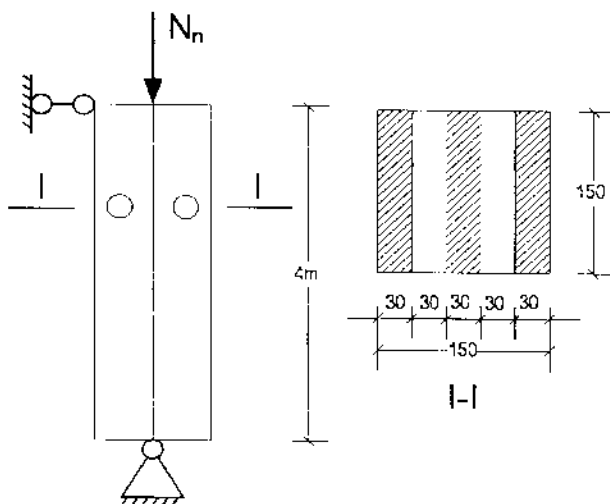
$[\lambda] = 150$ với cấu kiện phụ.

$[\lambda] = 200$ với các loại giằng.

Ví dụ 3-2

Kiểm tra khả năng chịu lực của cột chịu nén đúng tâm như hình 3-5 biết: Lực nén tính toán $N_n'' = 108\text{kN}$; chiều cao cột là 4m, $[\lambda] = 120$. Cột làm bằng gỗ nhóm V, $W = 15\%$.

Lời giải:



Hình 3-5: Hình vẽ cho ví dụ 3-2

1) Số liệu tính toán

* Gỗ nhóm V, độ ẩm $W=15\%$, $R_n=1,55\text{kN/cm}^2$

* $F_{th}=F_{ng}-F_{gy}=15.15-2.3.15=135\text{cm}^2$

* $\lambda_{\max} = \frac{l_0}{r_{\min}} = \frac{1.400}{0,289.15} = 92 > 75$

* $\varphi = \frac{3100}{\lambda^2} = \frac{3100}{92^2} \approx 0,37$

2) Kiểm tra điều kiện cường độ:

$$\sigma_n = \frac{N''}{F_{th}} = \frac{108}{135} = 0,8\text{kN/cm}^2$$

$$\sigma_n = 0,8\text{kN/cm}^2 < R_n = 1,55\text{kN/cm}^2$$

Vậy điều kiện cường độ được đảm bảo:

3) Kiểm tra điều kiện ổn định:

$$\sigma_n = \frac{N''}{\varphi F_n} = \frac{108}{0,37.135} = 2,16 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_n = 2,16\text{kN/cm}^2 > R_n = 1,55\text{kN/cm}^2$$

Điều kiện ổn định không đảm bảo.

4) Kiểm tra điều kiện độ mảnh:

$$\lambda_{\max} = 92 < [\lambda] = 120$$

Điều kiện độ mảnh đảm bảo.

5) Kết luận: Cột không đảm bảo chịu lực.

2. Công thức thiết kế tiết diện

Trong tính toán người ta có thể giả thiết trước hệ số φ rồi tính theo phương pháp đúng dần. Nhưng ta cũng có thể tính trực tiếp theo phương pháp Cô-sê-cốp. Theo phương pháp này không cần biết trước trị số φ , chỉ cần chọn trước hình dáng tiết diện (vuông, tròn, chữ nhật...) và giả thiết trước giới hạn của λ lớn hơn hay nhỏ hơn 75 để có thể sử dụng φ theo công thức (3*) hay (3**).

Ta xét hai trường hợp của λ với các tiết diện có hình dáng phổ biến trong thực tế:

2.1. Trường hợp 1: Khi $\lambda \geq 75$

2.1.1. Với tiết diện chữ nhật

Kích thước tiết diện là $b \times h$: Gọi tỉ số $b/h = k > 1$, từ (3-3) ta có:

$$F \geq \frac{N_n}{\varphi R_n}$$

Thay φ ở (3*) vào ta có:

$$\begin{aligned} F &\geq \frac{N_n \lambda_{\max}^2}{3100 \cdot R_n} = \frac{N_n \left(\frac{l_0}{r_{\min}} \right)^2}{3100 \cdot R_n} = \frac{N_n \frac{l_0^2}{r_{\min}^2}}{3100 \cdot R_n} \\ F &\geq \frac{N_n l_0^2}{3100 \cdot R_n \cdot \frac{J_{\min}}{F}} = \frac{N_n l_0^2}{3100 \cdot R_n \cdot \frac{bh^3}{12 \cdot b \cdot h}} = \frac{N_n l_0^2 \cdot 12}{3100 \cdot R_n \cdot b^2} \\ F &= b \cdot h = b^2 k \Rightarrow b^2 = \frac{F}{k} \\ F &\geq \frac{N_n l_0^2 \cdot 12}{3100 \cdot R_n \cdot \frac{F}{k}} = \frac{N_n \cdot 12 \cdot k \cdot l_0^2}{3100 \cdot R_n \cdot F} \\ \rightarrow F^2 &\geq \frac{N_n \cdot 12 \cdot k \cdot l_0^2}{3100 \cdot R_n} = \frac{12 l_0^2}{3100} \cdot \frac{N_n}{R_n} \cdot k \\ F &\geq \sqrt{\frac{12 l_0^2}{3100} \cdot \frac{N_n}{R_n} \cdot k} = \frac{l_0}{16} \sqrt{\frac{N_n}{R_n} \cdot k} \end{aligned}$$

$$F \geq \frac{l_0}{16} \sqrt{\frac{N_n}{R_n}} k \quad (3-5)$$

2.1.2. Với tiết diện vuông: $k = 1$

$$F \geq \frac{l_0}{16} \sqrt{\frac{N_n}{R_n}} \quad (3-6)$$

2.1.3. Với tiết diện tròn

$$\lambda = \frac{l_0^2}{r^2}; r = \frac{D}{4} \Rightarrow r^2 = \frac{D^2}{16}$$

$$F \geq \frac{\pi D^2}{4} \rightarrow D^2 = \frac{4F}{\pi}$$

$$F \geq \frac{N_n \lambda^2}{3100 \cdot R_n} = \frac{N_n l_0^2}{3100 \cdot R_n \cdot r^2} = \frac{N_n l_0^2}{3100 \cdot R_n \cdot \frac{D^2}{16}} = \frac{N_n l_0^2}{3100 \cdot R_n \cdot \frac{F}{4\pi}}$$

$$F \geq \frac{4\pi l_0^2}{3100} \cdot \frac{N_n}{R_n} \rightarrow F \geq \sqrt{\frac{4\pi l_0^2}{3100} \cdot \frac{N_n}{R_n}} \approx \frac{l_0}{17,75} \sqrt{\frac{N_n}{R_n}}$$

Việc xác định tiết diện mang tính sơ bộ nên để đơn giản ta lấy:

$$F \geq \frac{l_0}{16} \sqrt{\frac{N_n}{R_n}} \quad (3-6)$$

2.2. Trường hợp 2: Khi $\lambda < 75$

Từ (3-3) ta có:

$$N_n \leq \varphi R_n F = \left[1 - 0,8 \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2 \right] R_n F$$

$$N_n \leq \left(F - \frac{0,8}{1044} \cdot \frac{l_0^2}{r_{\min}^2} \cdot F \right) R_n \quad (1)$$

2.2.1. Với tiết diện chữ nhật

Như phân trên ta có $r_{\min}^2 = \frac{b^2}{12} = \frac{F}{12 \cdot k}$

Thay vào (1) ta có:

$$N_n \leq \left(F - \frac{0,8}{10^4} \frac{l_0^2}{\frac{F}{12K}} F \right) R_n$$

$$N_n \leq \left(F - \frac{0,8}{10^4} \cdot 12 \cdot k l_0^2 \right) R_n = \left(F - \frac{9,6}{10^4} \cdot 12 \cdot k l_0^2 \right) R_n$$

$$F \geq \frac{N_n}{R_n} + 0,001 \cdot k l_0^2 \quad (3-7)$$

2.2.2. Với tiết diện vuông, tiết diện tròn

Tính tương tự ta được:

$$F \geq \frac{N_n}{R_n} + 0,001 l_0^2 \quad (3-8)$$

Với các bài toán thiết kế tiết diện, sau khi đã xác định được F, căn cứ vào hình dáng tiết diện và đặc điểm cấu tạo để tính ra kích thước tiết diện. Nhưng để khẳng định tiết diện có sử dụng được hay không phải kiểm tra tiết diện đó theo các điều kiện chịu lực (3-2), (3-3) và (3-4).

Nếu tiết diện đang xét có giảm yếu, phải căn cứ vào cấu tạo của giảm yếu để xác định kích thước tiết diện nguyên.

Sau đây có thể tóm tắt bài toán thiết kế tiết diện gồm các bước:

* Tìm các số liệu tính toán, chọn hình dáng tiết diện (vuông, tròn, chữ nhật, có $k = h/b > 1$)

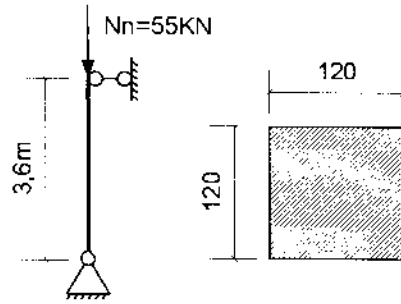
* Giả thiết $\lambda \geq 75$ hay $\lambda < 75$ để chọn công thức tính F và tính ra kích thước tiết diện.

* Tính λ để so sánh với λ giả thiết. Nếu phù hợp tức là công thức tính đúng. Nếu không phù hợp, phải đổi lại công thức và tính lại F cho phù hợp.

* Kiểm tra các điều kiện chịu lực: Điều kiện cường độ, độ ổn định và độ mảnh.

Ví dụ 3-3:

Thiết kế cột cho một công trình tạm biết cột chịu nén đúng tâm cao 3,6m hai đầu liên kết khớp, chịu lực nén tính toán $N_n = 55\text{KN}$ đặt tại đỉnh cột. Biết cột làm bằng gỗ nhóm IV, $W=15\%$ (Hình 3-6a), $[\lambda] = 120$.



Hình 3-6: Vẽ cho ví dụ 3-3

Bài giải

1) Số liệu tính toán

Gỗ nhóm IV, $W=15\% \rightarrow R_n=1,5\text{kN/cm}^2$.

Chiều dài tính toán của cột: $l_0 = \mu l = 1.360 = 360\text{cm}$

- Chọn tiết diện vuông: $a \times a$

2) Xác định kích thước tiết diện:

Giả sử chọn $\lambda > 75$, ta có:

$$F_u \geq \frac{l_0}{16} \sqrt{\frac{N_n}{R_n}} = \frac{360}{160} \sqrt{\frac{55}{1,5}} = 136\text{cm}^2$$

$$F_u = a^2 \geq 136\text{cm}^2$$

$$a \geq \sqrt{136} = 11,7\text{cm} \rightarrow a = 12\text{cm}.$$

3) Kiểm tra tiết diện:

Kiểm tra công thức tính F_u

$$\lambda = \frac{l_0}{r} = \frac{360}{0,289.12} = 104$$

$$\lambda = 104 > 75$$

Vậy công thức xác định F_u phù hợp với giả thiết, điều kiện ổn định đảm bảo.

- Kiểm tra điều kiện cường độ: Tiết diện không có giảm yếu, nên không cần kiểm tra khi điều kiện ổn định đã đảm bảo.

- Kiểm tra điều kiện độ mảnh:

$$\lambda = 104 < [\lambda] = 120 \rightarrow \text{Điều kiện độ mảnh đảm bảo.}$$

4) Kết luận:

Cột có tiết diện $12 \times 12 \text{ (cm}^2\text{)}$ là đảm bảo chịu lực.

III. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU UỐN PHẪNG

Trong kết cấu gỗ, cấu kiện chịu uốn phẳng thường gặp là dầm sàn gác, dầm trần, giàn giáo...

Khi làm việc, cấu kiện chịu uốn phẳng bị phá hoại trong hai trường hợp:

- * Cường độ không đảm bảo.
- * Độ cứng không đảm bảo.

1. Công thức kiểm tra

1.1. Kiểm tra về cường độ

1.1.1. Điều kiện ứng suất pháp

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_{th}} \leq m.R_u \quad (3-9)$$

- * $M_{\max}$: mômen uốn tại tiết diện bất lợi do tải trọng tính toán gây ra.
- * W_{th} : mômen kháng uốn của tiết diện ngang đang xét lấy với trục tương ứng.
- * $\sigma_{\max}$: ứng suất tại vị trí bất lợi do mômen uốn tính toán gây ra.
- * R_u : cường độ chịu uốn tính toán của vật liệu.
- * m : hệ số điều kiện làm việc, phụ thuộc vào hình dáng và kích thước tiết diện.

Với gỗ hộp: có h là cạnh song song với mặt phẳng uốn:

+ Nếu cạnh h của tiết diện dưới 15cm thì $m = 1$

+ Nếu cạnh h từ 15cm trở lên lấy $m = 1,15$

Với gỗ tròn: $m = 1,2$

1.1.2. Kiểm tra điều kiện ứng suất tiếp

Với kết cấu gỗ thông thường, không phải kiểm tra điều kiện ứng suất tiếp.

Nhưng nếu ở một trong các trường hợp sau thì phải kiểm tra:

- Dầm ngắn: có $l \leq 5h$ (l là nhịp dầm, h là chiều cao);
- Dầm có lực tập trung gần gối: cách gối một đoạn $\leq l/3$

Nếu phải kiểm tra, ta dùng công thức sau:

+ Đối với tiết diện chữ nhật và tiết diện vuông:

$$\tau = \frac{3}{2} \frac{Q}{F} \leq R_c \quad (3-10)$$

+ Đối với tiết diện tròn:

$$\tau = \frac{4}{3} \frac{Q}{F} \leq R_c \quad (3-11)$$

Trong đó:

τ : ứng suất tiếp tại vị trí bất lợi do lực cắt tính toán gây ra.

Q: lực cắt tính toán tại vị trí đang xét.

F: diện tích tiết diện đang xét.

R_c : cường độ chịu cắt tính toán theo phương dọc thớ của gỗ.

1.2. Công thức kiểm tra độ võng (độ cứng, biến dạng)

$$\frac{f_{\max}}{l} = k_1 \frac{P_{tc} l^2}{EJ} \leq \frac{1}{n_0} \quad (3-12)$$

Trong đó:

$\frac{f_{\max}}{l}$: độ võng tương đối tại vị trí bất lợi do tải trọng tiêu chuẩn gây ra.

k_1 : hệ số tính võng (lấy theo bảng tra sức bền vật liệu).

P_{tc} : tổng tải trọng tiêu chuẩn tác dụng lên dầm.

l: nhịp dầm.

E: môđun đàn hồi của gỗ.

J: mômen quán tính của tiết diện đang xét lấy với trục tương ứng.

$\frac{1}{n_0}$: độ võng tương đối cho phép lấy theo quy phạm (tra phụ lục 3).

2. Công thức thiết kế tiết diện

Khi chọn kích thước tiết diện cho cấu kiện chịu uốn phẳng, ta có ba cách sau:

2.1. Cách 1: Dựa vào điều kiện cường độ (điều kiện $\sigma_{\max}$)

Trước hết ta hãy chọn hình dáng tiết diện. Các công thức kiểm tra cho thấy tiết diện hợp lý (về mặt kết cấu) là tiết diện chữ nhật có $k=h/b>1$ với cạnh h song song với mặt phẳng uốn.

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_{th}} \leq R_u \text{ ta có:}$$

$$W_x^{yc} \geq \frac{M_{\max}}{R_u} \quad (3-13)$$

Có W_x^{yc} ta tìm được $b \times h$ dựa vào hình dáng tiết diện. Sau đó kiểm tra điều kiện độ cứng và nếu cần thì kiểm tra điều kiện ứng suất tiếp.

2.2. Cách 2: Dựa vào điều kiện độ cứng để tìm J

Có J ta tìm được $b \times h$ sau đó kiểm tra điều kiện cường độ.

2.3. Cách 3: Dựa đồng thời vào hai điều kiện

+ Từ điều kiện σ_{max} tính được $W \rightarrow b_1 \times h_1$

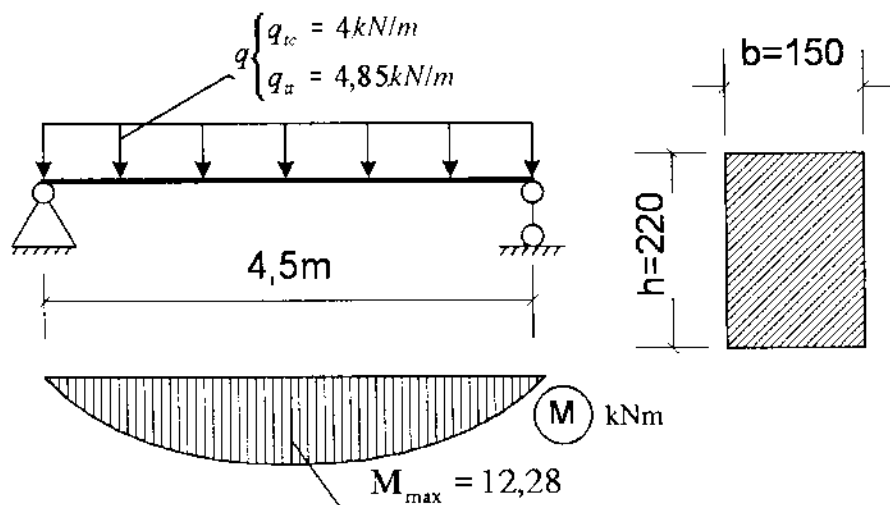
+ Từ điều kiện độ cứng, tính được $J \rightarrow b_2 \times h_2$

Trong hai tiết diện, chọn tiết diện lớn để dùng. Lúc này chỉ cần kiểm tra τ khi cần thiết.

Dù dùng cách nào, tiết diện thiết kế phải thoả mãn các điều kiện kiểm tra cần thiết mới đạt yêu cầu.

Ví dụ 3-4:

Chọn tiết diện cho một dầm gỗ, biết: nhịp dầm $l = 4,5m$; chịu tải trọng tiêu chuẩn $q_{tc} = 4kN/m$ và tải trọng tính toán $q_{tt} = 4,85kN/m$; (Hình 3-7) độ võng tương đối cho phép $\frac{1}{n_0} = \frac{1}{250}$; $E = 10^6 N/cm^2$.



Hình 3-7: Hình vẽ cho ví dụ 3-4

Bài giải:

1) Số liệu tính toán:

- Chọn gỗ nhóm IV, $W = 18\% \rightarrow R_u = 1,5kN/cm^2$.

$$- M_{\max} = \frac{q_u l^2}{8} = \frac{4,85 \cdot 4,5^2}{8} = 12,28 \text{ kNm} = 1228 \text{ kNcm}$$

Chọn tiết diện chữ nhật có $k = h/b = 1,25$

Giả thiết $m = 1$

2) Xác định tiết diện:

$$W_x \geq \frac{M_{\max}}{R_y} = \frac{1228}{1,5} = 819 \text{ cm}^3$$

$$W_x = \frac{bh^2}{6} = \frac{h^3}{6k} = \frac{h^3}{6 \cdot 1,25} \geq 819 \text{ cm}^3$$

$$h^3 \geq \sqrt[3]{9196,125} = 184 \text{ cm}$$

$$b = h/k = 18,4/1,25 = 14,72 \text{ cm}$$

Chọn $h = 20 \text{ cm}$; $b = 15 \text{ cm}$;

Phù hợp với $m = 1$; $W_x = 1000 \text{ cm}^3$; $J_x = 10.000 \text{ cm}^4$.

3) Kiểm tra tiết diện:

- Kiểm tra điều kiện ứng suất tiếp: $P_{cb} = 0$

$5h = 100 \text{ cm} < l = 450 \text{ cm} \rightarrow$ không cần kiểm tra.

- Kiểm tra $\sigma_{\max}$: do $m = 1$ phù hợp với giả thiết nên không cần kiểm tra vì b và h đều lấy lớn hơn yêu cầu.

- Kiểm tra điều kiện biến dạng:

$$\frac{f_{\max}}{l} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{tc} l^3}{EJ_x} = \frac{5}{384} \cdot \frac{4 \cdot 4,5^3 \cdot 10^6}{10^5 \cdot 15 \cdot \frac{20^3}{12}} = \frac{1}{211}$$

$$\frac{f_{\max}}{f} = \frac{1}{211} > \frac{1}{250} = \frac{1}{n_0}$$

Điều kiện biến dạng không bảo đảm.

Chọn lại tiết diện: chọn $b \times h = 15 \times 22$

$$\rightarrow J_x = 13310 \text{ cm}^4$$

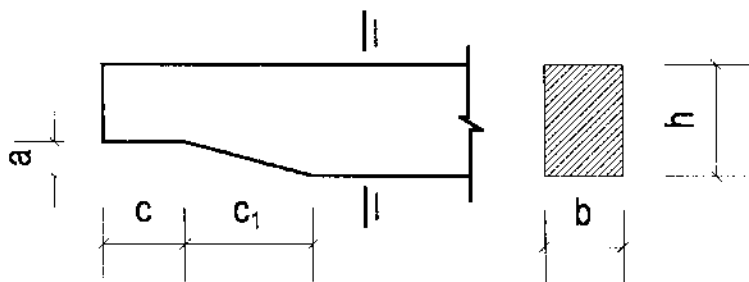
Kiểm tra lại điều kiện biến dạng:

$$\frac{f_{\max}}{l} = \frac{5}{384} \cdot \frac{4 \cdot 4,5^3 \cdot 10^6}{10^5 \cdot 15 \cdot \frac{22^3}{12}} = \frac{1}{280} < \frac{1}{n_0} = \frac{1}{250}$$

Vậy điều kiện biến dạng đảm bảo.

4. *Kết luận*: Tiết diện 15x22 (cm²) là đạt yêu cầu.

3. Quy định cắt vát đầu dầm



Hình 3-8

Trong thực tế, tại tiết diện gần gối tựa khi cần thiết phải cắt vát đầu dầm (thí dụ khi dầm phụ kê lên dầm chính) thì kích thước rãnh cắt và hình thức cắt vát phải theo quy định để tránh hiện tượng cấu kiện bị toác gãy hoặc bị nứt.

Tại vị trí có mô men uốn lớn nhất không được cắt rãnh.

Bề sâu lớn nhất cho phép của rãnh cắt vào thớ bị kéo ở đầu dầm phụ thuộc vào ứng suất tiếp trung bình và bề cao chỗ cắt vát đầu dầm (Hình 3-8).

$$\tau_{tb} = \frac{A}{b.h}$$

Khi:

$$\frac{A}{b.h} \geq 0,06 \frac{KN}{cm^2} \text{ thì } a \leq 0,10h$$

$$\frac{A}{b.h} \geq 0,04 \frac{KN}{cm^2} \text{ thì } a \leq 0,25h$$

$$\frac{A}{b.h} \geq 0,025 \frac{KN}{cm^2} \text{ thì } a \leq 0,5h$$

Trong đó:

A: phản lực tại gối đỡ dầm.

b, h: chiều rộng và chiều cao của dầm.

a: bề sâu rãnh cắt.

Ngoài ra, bề sâu a còn phải phụ thuộc vào các điều kiện sau:

Khi $h > 18\text{cm}$ thì $a \leq 0,3h$

$h = 12-18\text{cm}$ thì $a \leq 0,4h$

$h < 12\text{cm}$ thì $a \leq 0,5h$

Bề dài của mặt tựa (c) phải đảm bảo: $c \leq h$

Rãnh cắt nên làm vát chéo vì nếu tiết diện thay đổi đột ngột sẽ gây tập trung ứng suất dễ làm nứt dầm.

Chiều dài cắt vát $c_1 \geq 4a$.

Nếu gần gối tựa có lực tập trung lớn thì không được cắt rãnh.

IV. CẤU KIỆN CHỊU UỐN XIÊN

Trong kết cấu gỗ, cấu kiện chịu uốn xiên thường gặp là xà gỗ, li tô... cấu kiện chịu uốn xiên cũng cần đảm bảo 2 điều kiện:

- Điều kiện cường độ.
- Điều kiện độ cứng.

Từ đây ta xét sự làm việc của cấu kiện chịu uốn xiên thông qua sự làm việc của một thanh xà gỗ.

1. Công thức kiểm tra

Xét thanh xà gỗ như hình 3-9

1.1. Kiểm tra cường độ

$$\sigma_{\max} = \frac{M_x^{\max}}{W_x} + \frac{M_y^{\max}}{W_y} \leq R_u \quad (3-14)$$

Trong đó:

$M_x^{\max}, M_y^{\max}$: mô men uốn tính toán tại tiết diện bất lợi lấy với trục x và trục y do các thành phần tải trọng q_y và q_x gây ra.

W_x, W_y : mô đun kháng uốn của tiết diện bất lợi lấy với trục x và trục y .

$\sigma_{\max}$: ứng suất tại tiết diện bất lợi do mô men uốn tính toán gây ra.

R_u : cường độ chịu uốn tính toán của gỗ.

$$q_x = q \cdot \sin \alpha$$

$$q_y = q \cdot \cos \alpha$$

$$M_x^{\max} = M_{\max} \cos \alpha$$

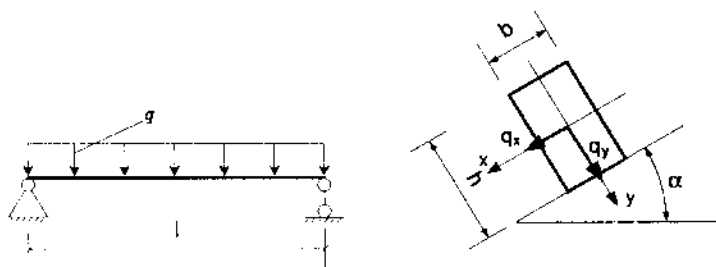
$$M_y^{\max} = M_{\max} \cdot \sin \alpha$$

Trong đó:

q : tải trọng toàn phần tác dụng lên xà gỗ.

$M_{\max}$: mômen uốn do q_{tt} gây ra.

α : góc nghiêng của mái.



Hình 3-9

1.2. Kiểm tra biến dạng

$$\frac{f_{\max}}{l} = \sqrt{\left(\frac{f_x^{\max}}{l}\right)^2 + \left(\frac{f_y^{\max}}{l}\right)^2} \leq \frac{1}{n_0} \quad (3-15)$$

Trong đó:

$\frac{f_{\max}}{l}$: độ võng tương đối theo phương thẳng đứng tại vị trí bất lợi.

$\frac{f_x^{\max}}{l}$: độ võng tương đối theo phương x tại vị trí bất lợi do thành phần tải trọng q_x tiêu chuẩn gây ra.

Khi tính độ võng theo phương x ta dùng mô men quán tính của tiết diện lấy với trục y (J_y);

$\frac{f_y^{\max}}{l}$: độ võng tương đối theo phương y tại vị trí bất lợi do thành phần tải trọng q_y tiêu chuẩn gây ra. Khi tính nó ta dùng mô men quán tính của tiết diện lấy với trục x (J_x).

Các độ võng thành phần này tính theo công thức của sức bền vật liệu. Với xà gỗ, lực tác dụng lên nó là các lực tập trung đặt tại vị trí cầu phong đặt trên xà gỗ. Nhưng trong tính toán kết cấu, khi các lực tập trung đặt gần nhau và cách đều nhau thì khi tính toán coi như tải trọng phân bố đều. Vì vậy, công thức xác định $\frac{f_x^{\max}}{l}$ và $\frac{f_y^{\max}}{l}$ tính với sơ đồ dầm đơn giản chịu tải trọng phân bố đều.

2. Thiết kế tiết diện

Từ điều kiện (3-13) ta có:

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

Nhưng:

$$\frac{M_y^{\max}}{M_x^{\max}} = \frac{M_{\max} \sin \alpha}{M_{\max} \cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha \quad (2)$$

$$\frac{W_x}{W_y} = \frac{b \cdot h^2 / 6}{b \cdot h^2 / 6} = \frac{h}{b} \quad \text{Đặt } \frac{h}{b} = k \quad (3)$$

Thay (2) và (3) vào (1), ta có:

$$\frac{M_x^{\max}}{W_x} (1 + k \operatorname{tg} \alpha) \leq R_u$$

Từ đây ta có:

$$W_x \geq \frac{M_x^{\max}}{R_u} (1 + k \operatorname{tg} \alpha) \quad (3-16)$$

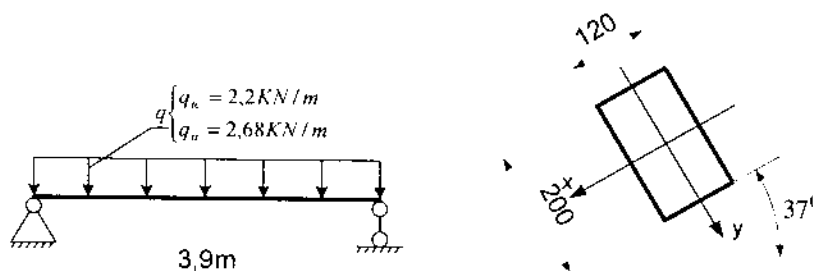
Có W_x chọn tiết diện, sau đó kiểm tra điều kiện biến dạng cho tới khi thoả mãn.

Ví dụ 3-5:

Thiết kế một xà gồ gỗ cho một công trình vĩnh cửu có mái nghiêng 37° ; bước cột 3,9m. Tải trọng tiêu chuẩn tác dụng lên xà gồ là $q_k = 2,2 \text{ kN/m}$, tải trọng tính toán là $q_{tt} = 2,68 \text{ kN/m}$. Cho $E = 10^7 \text{ kN/m}^2$; $\frac{1}{n_0} = \frac{1}{150}$

Xà gồ làm bằng gỗ nhóm VI, $W = 15\%$.

Lời giải:



Hình 3-10: Hình vẽ cho ví dụ 3-5

1) Số liệu tính toán:

$$M_{\max} = \frac{q_{tt} l^2}{8} = \frac{2,68.3,9^2}{8} = 5,1 \text{ kNm} = 510 \text{ kNcm}.$$

$$\alpha = 37^\circ \rightarrow \sin 37^\circ = 0,6; \cos 37^\circ = 0,8; \operatorname{tg} 37^\circ = 0,75$$

$$M_x^{\max} = M_{\max} \cos \alpha = 5,1.0,8 = 4,08 \text{ kNcm} = 408 \text{ kNcm}$$

$$q_x^{tc} = q_{tc} \sin \alpha = 2,2.0,6 = 1,32 \text{ kN/m}$$

$$q_y^{tc} = q_{tc} \cos \alpha = 2,2.0,8 = 1,76 \text{ kN/m}$$

Chọn $k = h/b = 1,6$.

Gỗ nhóm VI, $W = 15\% \rightarrow R_u = 1,35 \text{ kN/cm}^2$.

2) Xác định tiết diện sơ bộ:

$$W_x \geq \frac{M_x^{\max}}{R_u} (1 + \operatorname{tg} \alpha) = \frac{408}{1,35} (1 + 1,6.0,75) = 665 \text{ cm}^3$$

$$W_x = \frac{bh^2}{6} = \frac{h^3}{6k} = \frac{h^3}{6.1,6} \geq 665 \text{ cm}^3$$

$$h \geq \sqrt[3]{665.6.1,6} = 18,6 \text{ cm}$$

$$b = \frac{h}{k} = \frac{18,6}{1,6} = 11,6 \text{ cm}$$

Chọn $h = 20 \text{ cm}$; $b = 12 \text{ cm}$

3) Kiểm tra tiết diện:

$$\frac{f_{\max}}{l} = \sqrt{\left(\frac{f_x^{\max}}{l}\right)^2 + \left(\frac{f_y^{\max}}{l}\right)^2} \leq \frac{1}{n_0}$$

$$\frac{f_x^{\max}}{l} = \frac{5}{384} \frac{q_x^{tc} l^3}{E J_y} = \frac{5}{384} \frac{q_{tc} \cdot \sin \alpha \cdot l^3}{E \cdot \frac{b^3 h}{12}}$$

$$\frac{f_x^{\max}}{l} = \frac{5}{384} \cdot \frac{2,2.10^{-2} \cdot 0,6.3,9^3 \cdot 106}{10^3 \cdot \frac{20.12^3}{12}} = \frac{1}{282}$$

$$\frac{f_y^{\max}}{l} = \frac{5}{384} \frac{q_y^{tc} l^3}{E J_x} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{tc} \cdot \cos \alpha \cdot l^3}{E \cdot \frac{b h^3}{12}} = \frac{5}{384} \cdot \frac{2,2.10^{-2} \cdot 0,8.3,9^3 \cdot 106}{10^3 \cdot \frac{12.20^3}{12}} = \frac{1}{588}$$

$$\frac{f_{\max}}{l} = \sqrt{\left(\frac{1}{282}\right)^2 + \left(\frac{1}{588}\right)^2} = \frac{1}{254}$$

$$\frac{f_{\max}}{l} = \frac{1}{254} < \frac{1}{n_0} = \frac{1}{150}$$

Điều kiện biến dạng đảm bảo.

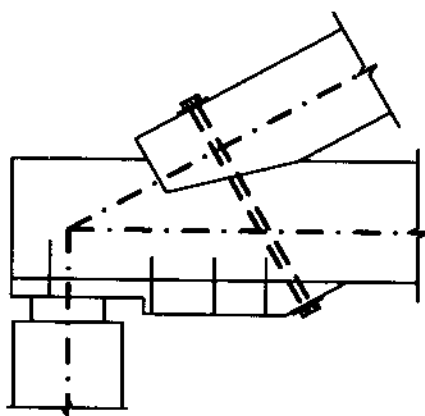
4) *Kết luận*: Xà gỗ thiết kế như vậy là đảm bảo.

V. LIÊN KẾT KẾT CẤU GỖ

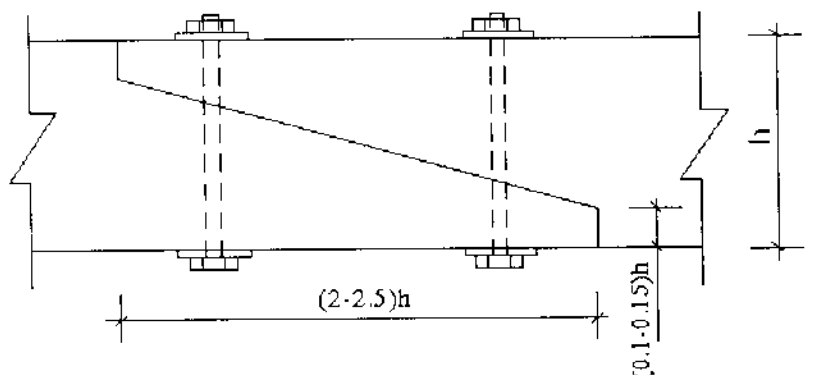
1. Khái niệm

Để có kích thước và hình dáng phù hợp với yêu cầu sử dụng, ta phải liên kết các thanh, các tấm gỗ có kích thước nhỏ, mỏng lại với nhau. Có bốn hình thức liên kết:

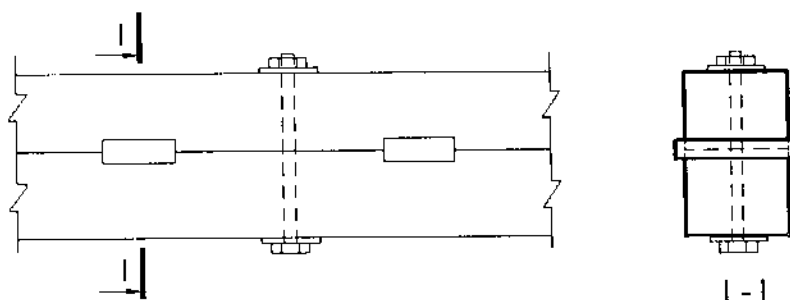
- Liên kết mộng (Hình 3-11a): Thường dùng ở mắt gối của vì kèo gỗ.
- Liên kết chốt trụ (Hình 3-11b): Thường dùng để nối dài các thanh, hoặc để tăng kích tiết diện của cấu kiện. Trong vì kèo gỗ, thường dùng liên kết này để nối các thanh quá giang.
- Liên kết chêm (Hình 3-11c): Nó làm tăng tiết diện cấu kiện. Chêm có tác dụng chống trượt giữa các phân tố. Trong xây dựng ít gặp liên kết này.
- Liên kết dán: Liên kết này dùng keo dán các tấm nhỏ, mỏng lại với nhau để tạo thành tấm có kích thước khá lớn. Loại liên kết này được dùng trong ngành công nghiệp sản xuất gỗ dán, trong trang trí đồ nội thất, đồ gia dụng.



Hình 3-11a



Hình 3.11b



Hình 3.11c

2. Nguyên lý tính toán liên kết kết cấu gỗ

Như trên đã nói, liên kết chủ yếu chịu ép mặt và chịu trượt. Vì vậy, để bảo đảm an toàn trong quá trình sử dụng liên kết phải thoả mãn hai điều kiện:

2.1. Điều kiện ép mặt

$$\sigma_{em} = \frac{N_{em}}{F_{em}} \leq R_{em}^{\alpha} \quad (3-17)$$

Trong đó:

σ_{em} : ứng suất do lực ép mặt gây ra trên diện tích chịu ép mặt.

N_{em} : lực ép mặt tính toán tác dụng lên diện tích chịu ép mặt.

F_{em} : diện tích chịu ép mặt.

R_{em}^{α} : cường độ chịu ép mặt tính toán theo phương α của vật liệu:

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

R_{em} : cường độ chịu ép mặt tính toán theo phương dọc thớ.

R_{em}^{90} : cường độ chịu ép mặt tính toán theo phương ngang của vật liệu.

2.2. Điều kiện về trượt

$$\tau = \frac{N_{tr}}{F_{tr}} \leq R_{tr}^{tb} \quad (3-18)$$

Trong đó:

τ : ứng suất do lực trượt tính toán gây ra trên mặt trượt.

N_{tr} : lực trượt tính toán tác dụng lên mặt trượt.

R_{tr}^{tb} : cường độ chịu trượt tính toán trung bình theo phương dọc thớ.

Phần ba

KẾT CẤU THÉP

Chương 4

THÉP TRONG XÂY DỰNG

Mục tiêu: Học xong chương này học sinh phải:

- Biết được đặc điểm cơ học và hoá học của vật liệu thép, kết cấu thép, những điều cần lưu ý khi sử dụng kết cấu thép.
- Nhận biết được một số loại thép thường dùng trong thực tế bằng mắt thường, bằng kí hiệu thép.

Trọng tâm: Cơ sở lựa chọn vật liệu thép làm kết cấu xây dựng.

I. KHÁI NIỆM

Kết cấu thép là bộ phận quan trọng trong kết cấu kim loại. Cùng với các loại kết cấu gạch đá, bê tông, bê tông cốt thép, gỗ,... kết cấu thép được dùng để làm những bộ phận chịu lực trong nhà cửa, các công trình xây dựng dân dụng và công nghiệp.

1. Ưu, nhược điểm của kết cấu thép

1.1. Ưu điểm

- Là loại kết cấu an toàn, đáng tin cậy nhất, vì thép là vật liệu bền, có cường độ cao, mô đun đàn hồi lớn, đồng nhất và đẳng hướng. Là vật liệu phù hợp với các giả thuyết về tính toán kết cấu công trình.

- So với kết cấu gỗ, kết cấu gạch đá, kết cấu bê tông cốt thép thì kết cấu thép là kết cấu nhẹ. Điều này thể hiện qua hệ số phẩm chất C:

+ Với thép $C = 3,7.10^{-4} (1/m)$

+ Với gỗ $C = 4,5.10^{-4} (1/m)$

+ Với bê tông cốt thép $C = 24.10^{-4} (1/m)$

Trong đó:

$$C = \frac{\gamma}{R}$$

γ : khối lượng riêng và R là cường độ của vật liệu.

Như vậy, ta thấy với độ truyền một tải trọng như nhau thì thép có kích thước nhỏ nhất so với các loại kết cấu khác. Ưu điểm này tạo điều kiện tiết kiệm chi phí vận chuyển, dựng lắp, đồng thời mở rộng không gian sử dụng của công trình.

- Là loại kết cấu dễ công nghiệp hoá khi sản xuất, chế tạo và dựng lắp nên có điều kiện rút ngắn thời gian xây dựng, sớm đưa công trình vào sử dụng.

1.2. Nhược điểm

- Kết cấu thép dễ bị han gỉ. Do đó tốn chi phí bảo quản (sơn, mạ) trong quá trình sử dụng.

- Là loại vật liệu có tính phòng hoả kém. Khi nhiệt độ đến $500 - 600^{\circ}\text{C}$, mô đun đàn hồi giảm thấp, khả năng chịu lực của kết cấu thép hầu như không còn nữa.

- Giá thành công trình cao do nguyên liệu thép phải nhập ngoại.

2. Phạm vi sử dụng

Kết cấu thép là bộ phận chịu lực quan trọng trong kết cấu kim loại. Nó được dùng làm những bộ phận chịu lực quan trọng trong các công trình xây dựng dân dụng và công nghiệp, các công trình giao thông vận tải.

Trước kia, do điều kiện kinh tế và kỹ thuật của nước ta còn nhiều hạn chế nên việc sử dụng kết cấu thép không phổ biến. Ngày nay, do công nghiệp chế tạo phát triển, vật liệu thép sản xuất ra rất phong phú và đa dạng. Việt Nam cũng đã sản xuất được nhiều loại thép đáp ứng được yêu cầu thực tế sử dụng. Chúng ta cũng đã ban hành được những tiêu chuẩn về vật liệu và kết cấu thép của riêng mình. Đồng thời, công nghệ thi công tiên tiến cập nhật vào nước ta cũng rất nhanh. Do vậy, ngày nay kết cấu thép được sử dụng khá rộng rãi trong mọi lĩnh vực xây dựng.

- Trong các công trình xây dựng dân dụng:

+ Nhà nhịp lớn: Những công trình đòi hỏi không gian sử dụng lớn như rạp

hát, nhà thi đấu thể thao, nhà triển lãm... Các công trình này có nhịp tới 30 đến 40m, thậm chí hàng trăm mét như khu vui chơi giải trí Tuần Châu (Quảng Ninh), Trung tâm triển lãm Giảng Võ (Hà Nội)...

+ Khung nhà nhiều tầng: Theo thực tế các nước tiên tiến trên thế giới, đối với nhà trên 15 tầng, đặc biệt nhà hình tháp thì sử dụng kết cấu thép có lợi hơn kết cấu bê tông cốt thép. Nhà trên 40 tầng, để đảm bảo không gian sử dụng, người ta dùng hoàn toàn kết cấu thép, hoặc dùng bê tông cốt cứng hoặc hỗn hợp kết cấu thép - bê tông cốt thép. Ở nước ta do hạn chế về kinh nghiệm và trang thiết bị thi công nên các nhà chung cư cao tầng vẫn dùng kết cấu bê tông cốt thép.

- Trong công trình xây dựng công nghiệp:

Kết cấu thép được dùng để xây dựng những nhà máy có nhịp lớn, chịu tải trọng nặng như nhà máy cơ khí, dùng làm bể chứa, giàn khoan... Ở nước ta, hầu hết các nhà xưởng ở các khu công nghiệp đều sử dụng kết cấu thép như khu công nghiệp Bắc Thăng Long, khu công nghiệp Sài Đồng, Sóc Sơn, khu công nghiệp Dung Quất, Bình Dương...

- Trong các công trình xây dựng khác:

Kết cấu thép được sử dụng làm cầu trong xây dựng công trình giao thông vận tải, đặc biệt là cầu treo, có thể vượt được nhịp trên 1000m.

Các công trình tháp cao như cột điện cao thế, tháp vô tuyến truyền hình...

Giá thành công trình sử dụng kết cấu thép phụ thuộc rất nhiều vào trình độ kỹ thuật, trang thiết bị, trình độ của người làm công tác xây dựng. Bởi vậy, những quy luật kinh tế trong xây dựng của các nước trên thế giới chưa phù hợp hoặc chưa hoàn toàn phù hợp với ngành xây dựng Việt Nam. Đây là lý do buộc các nhà xây dựng của Việt Nam phải cân nhắc, so sánh các phương án sử dụng các loại kết cấu khác nhau để chọn phương án tối ưu.

3. Các loại thép trong xây dựng

Hiện nay, trên thị trường Việt Nam có rất nhiều loại thép được sản xuất trong nước hoặc nhập khẩu từ nhiều quốc gia khác nhau như Nga, Mỹ, Trung Quốc... Do vậy, việc nắm được ký hiệu, nơi sản xuất, các tính năng cơ học của chúng là điều rất cần thiết.

3.1. Thép Việt Nam (Thép do Việt Nam sản xuất hoặc sản xuất theo tiêu chuẩn Việt Nam)

3.1.1. Thép than thấp (thép cacbon thấp)

Là loại thép có hàm lượng cacbon không quá 0,22%. Thép này mềm, dẻo,

dễ hàn, dễ uốn, dễ cắt. Thép cacbon được chia thành 7 cấp từ CT.1, CT.2, CT.3, CT.4, CT.5, CT.6, CT.7. Loại thường dùng trong kết cấu xây dựng là CT.3.

Theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 1765-85 có các cách phân loại như sau:

- Theo chỉ tiêu cơ học:

+ Có các loại mác CT.34, CT.38, CT.42..., trong đó CT là ký hiệu thép cacbon thường, hai số cuối là chỉ giới hạn bền tối thiểu của thép khi kéo, tính bằng daN/mm^2 .

- Theo yêu cầu sử dụng: Chia thành 3 nhóm:

+ Nhóm A: Thoả mãn tính năng cơ học yêu cầu.

+ Nhóm B: Thoả mãn thành phần hoá học quy định.

+ Nhóm C: Thoả mãn cả hai yêu cầu trên.

Trong xây dựng dùng thép nhóm C. Khi đó trong ký hiệu bắt đầu bằng chữ C. Thường dùng nhất là CCT.34, CCT.38, CCT.42. Nếu là thép nhóm khác, ký hiệu cũng sẽ bắt đầu từ tên nhóm A hoặc B.

- Theo công nghệ lắng nguội khi luyện thép: Có 3 loại:

+ Thép sôi:

+ Thép lặng (tĩnh).

+ Thép nửa lặng.

Trong 3 loại thép trên, thép lặng tốt và giá thành cao nhất, thép sôi kém và chất lượng thấp nhất, thép nửa lặng ở mức trung gian.

Để phân biệt thép theo công nghệ lắng, người ta thêm vào cuối các ký hiệu thép chữ S với thép sôi, chữ n với thép nửa lặng, với thép lặng không ghi thêm gì. Ví dụ CT.34S, CT.34n, CT.34.

Để nâng cao độ bền của thép nửa lặng, người ta thêm mangan (Mn) vào thép. Trường hợp này sau chữ n có thêm chữ Mn. Ví dụ CCT.38nMn2, đây là thép cacbon thường nửa lặng nhóm C có giới hạn bền tối thiểu 38daN/mm^2 và hàm lượng Mn là 2%.

Các nhà máy thép của Việt Nam chủ yếu sản xuất thép loại này. Chúng có tính năng tương đương thép CT.2, CT.3 của Liên Xô cũ.

3.1.2. Thép cacbon dùng trong xây dựng theo TCVN 5709-93

Các loại thép này có ký hiệu XCT.34, XCT.38, XCT.42. So với thép CT tương ứng (CT.34, CT.38, CT.42), thép này thoả mãn các yêu cầu cơ học, còn thành phần hoá học chỉ đáp ứng một số yêu cầu chính như hàm lượng cacbon không quá 0,22%, photpho và lưu huỳnh không quá 0,05%.

Thép XCT dễ sản xuất hơn mà vẫn đảm bảo chất lượng để làm kết cấu xây dựng.

Các sản phẩm làm từ thép cán nóng như thép thanh, thép hình, thép tấm cũng như các kết cấu hàn đều được sản xuất từ loại thép này.

3.1.3. Thép hợp kim thấp

Là thép mà trong thành phần có thêm một số kim loại khác có hàm lượng không quá 2,5% để tăng tính năng cơ học và tăng khả năng chống gỉ.

Thép TCVN 3107-7909, thép hợp kim thấp có các loại mác 10Mn2, 14Mn2, 16MnSi, 09Mn2Si, 10Mn2Si, 10CrSiNiCu. Trong đó hai chữ số đầu chỉ hàm lượng cacbon tính bằng phần vạn trong hỗn hợp, các chữ cái ký hiệu các nguyên tố kim loại có trong hỗn hợp, chữ số ngay sau chữ cái chỉ hàm lượng tối đa của nguyên tố đó tính bằng phần trăm (từ 1% trở lên), các chữ cái không có chữ số liền sau có hàm lượng nguyên tố dưới 1%. Nguyên tố ghi trước có hàm lượng cao hơn nguyên tố ghi sau.

Thép hợp kim có cường độ cao hơn thép cacbon (gấp 1,4 đến 2 lần). Sử dụng thép hợp kim đang là xu hướng của các nước tiên tiến trên thế giới. Việt Nam chưa sản xuất được loại thép này nên chưa sử dụng trong xây dựng vì giá thành cao.

3.2. Thép Liên Xô cũ và thép Nga

3.2.1. Thép cacbon thấp

Dùng làm kết cấu là các loại mác BCT3kn, BCT3cn, BCT3nc có hàm lượng cacbon từ 0,14 đến 0,22%.

Chữ B là nhóm thép theo yêu cầu sử dụng, tương tự như thép nhóm C của Việt Nam. CT3: thép cacbon thấp; kn: thép sôi; cn: thép lặng, nc: thép nửa lặng.

Ngoài việc phân nhóm như trên, thép này còn được phân cấp từ 1 đến 6. Mỗi cấp có đặc trưng cơ học phù hợp với điều kiện sử dụng riêng như nhiệt độ thấp, va chạm lớn và thường xuyên. Trong xây dựng thường dùng thép có mác BCT3kn-2 (thép sôi cacbon thấp thuộc nhóm B, hạng 2).

3.2.2. Thép hợp kim thấp

Trong xây dựng thường dùng loại có mác 14Г2, 09Г2С, 10Г2С1, 15ХСНД... trong đó kết cấu nhà dùng 2 loại đầu, loại sau dùng cho cầu.

- Trong các ký hiệu trên:
- Hai số đầu là hàm lượng cacbon tính bằng phần vạn.

Các chữ cái ký hiệu các nguyên tố có trong hợp kim: Γ- mangan, X- crôm, C - silic, H - niken, Д - đồng.

Chữ số đứng ngay sau nguyên tố nào chỉ hàm lượng nguyên tố đó khi có hàm lượng 1% trở lên, nguyên tố không có chữ số kèm theo có hàm lượng dưới 1%, nguyên tố có hàm lượng cao viết trước, thấp viết sau.

3.2.3. Thép cacbon kết cấu chất lượng tốt

Dùng cho các kết cấu chịu tải trọng lớn, điều kiện làm việc nặng. Trong xây dựng dùng thép mác 18, tương đương thép C20 (thép cacbon chất lượng tốt của Việt Nam, chủ yếu dùng trong cơ khí).

Thép này cũng có loại thêm Mn, cũng có 3 loại công nghệ luyện như:

+ 18Γ - thép mác 18 có thêm Mangan.

+ 18kn - thép sôi mác 18.

+ 18Γnc - thép nửa luyện mác 18 có thêm Mn.

Con số 18 chỉ hàm lượng trung bình của cacbon tính bằng phần vạn.

3.3. Thép Trung Quốc

3.3.1. Thép cacbon

Theo tiêu chuẩn GB699-88, thép cacbon có 30 loại chia làm 3 nhóm A, B, C (Giáp, Ất, Đắc) tương tự 3 nhóm A, B, C của Việt Nam. Trong 30 loại thép, thép 20;25 là thép cacbon thấp được gọi là thép số 3.

Theo tiêu chuẩn GB700-88: Dùng giới hạn tính bằng MPa để đặt tên cho thép. Theo đó thép số 3 có tên là Q235. Tùy theo chất lượng, Q235 được chia thành 4 nhóm A, B, C, D và được ghi kèm sau số 235.

Ví dụ: Q235-AF, Q235-Bb, Q235Dz... Trong đó, con số là cường độ chảy tính bằng MPa. Các chữ cái A, B, C, D chỉ nhóm thép chất lượng: F - thép sôi, b - nửa luyện, z - luyện.

3.3.2. Thép hợp kim thấp

Dùng trong kết cấu xây dựng có 4 loại 16Mn, 16Mnq, 15MnV, 15MnVq. Hai chữ số đầu chỉ hàm lượng cacbon tính bằng phần vạn; các chữ là ký hiệu nguyên tố có trong hợp kim có hàm lượng dưới 1,5% (Mn-mangan, V-Vanadi); chữ q là chỉ thép có độ dai xung kích tốt, dùng làm cầu.

3.3.3. Thép kết cấu chất lượng tốt

Trong xây dựng dùng mác 15 và 20, có tính chất cơ học và thành phần hoá học tương tự như thép C.15 và C.20 của Việt Nam.

3.4. Thép của một số nước khác

3.4.1. Thép châu Âu

Hiện nay khối EU đã thống nhất dùng tiêu chuẩn chung châu Âu ký hiệu là EN.

- Theo EN, thép kết cấu ký hiệu chung là Snnn. Trong đó:

+ S: chỉ thép làm kết cấu.

+ nnn: giá trị nhỏ nhất của giới hạn chảy, tính bằng N/mm² (MPa).

- Theo tiêu chuẩn EN 10025 có các loại thép S235, S257, S355, S355J0C, S355J2WP. Ý nghĩa trong ký hiệu:

+ S: Thép kết cấu

+ nnn (235;275;355): giới hạn chảy tính bằng N/mm²

+ J0, J2: độ dai va chạm bằng 27Joule ở 0°C và -20°C

+ W: độ chống gỉ cao.

+ C: thép có thể gia công nguội như dập, tuốt.

+ P: dùng làm cọc, ván

3.4.2. Thép Nhật, Hàn Quốc

Theo tiêu chuẩn của Nhật JIS.

Thép cán nóng dùng làm kết cấu có các loại:

- SS330: tương đương thép CT2, giới hạn chảy 21daN/mm²

- SS400: tương đương thép CT3, giới hạn chảy từ 235 đến 245 MPa

- SS490: thép hợp kim thấp, giới hạn chảy 290 MPa

Thép dùng cho kết cấu hàn: Có các loại SM400, SM490 và có các hạng A, B, C. Các thép này có cùng cường độ với thép SS nhưng dễ hàn hơn.

3.4.3. Thép của Úc

Theo tiêu chuẩn AS có các loại:

- 250: giới hạn chảy 230 MPa

- 300: giới hạn chảy từ 280 - 320 MPa

- 350: giới hạn chảy từ 330 - 360 MPa

- 400: giới hạn chảy từ 380 - 400 MPa.

Tính năng cơ học của một số loại thép được cho trong các bảng 4-1; 4-2; 4-3. Khi sử dụng thép, tùy theo mục đích mà lựa chọn hoặc thay thế khi cần thiết.

Bảng 4-1: Một số tính năng cơ học của thép cacbon thấp theo TCVN 1765-85

Mác thép	Độ bền kéo (N/mm^2)	Giới hạn chảy tối thiểu (N/mm^2) tương ứng với bề dày (mm)			Độ giãn dài kéo đứt (%) tương ứng với bề dày (mm)		
		đến 20	20 - 40	40 - 100	đến 20	20 - 40	40 - 100
CT34S	330-420	220	210	200	32	32	30
CT34n CT34	330-440	230	220	200	32	31	29
CT38s	370-470	240	230	220	27	26	24
CT38n CT38	380-490	250	240	230	26	25	23
CT38Mn	380-500	250	240	230	26	25	23
CT42s	410-520	260	250	240	25	24	22
CT42n CT42	420-540	270	260	250	24	23	24
CT51n CT51	510-640	290	280	270	20	19	17
CT52Mn	460-600	290	280	270	20	19	17

Bảng 4-2: Một số tính năng cơ học của thép cacbon thấp dùng trong xây dựng theo TCVN 5709-93

Mác thép	Độ bền kéo (N/mm^2)	Giới hạn chảy tối thiểu (N/mm^2) tương ứng với bề dày (mm)			Độ giãn dài kéo đứt (%) tương ứng với bề dày (mm)		
		đến 20	20 - 40	40 - 100	đến 20	20 - 40	40 - 100
XCT34	340-440	220	210	200	32	31	29
XCT38	380-500	240	230	220	26	25	23
XCT42	420-520	260	250	240	23	23	22
XCT52	520-620	360	360	350	22	22	21

Bảng 4-3: Một số tính năng cơ học tiêu chuẩn của thép xây dựng

Số hiệu	Giới hạn chảy σ_c (daN/mm ²)	Giới hạn bền σ_b daN/mm ²)	Độ giãn khi đứt ξ_0 (%)	Độ dai xung kích ở 20°C (J/cm ²)
BCT3KП	22 - 24	37 - 47	23 - 27	
BCT3ΠC	23 - 25	38 - 49	23 - 26	50 - 100
BCT3CΠ				
BCT3ΓΠC	23 - 25	38 - 50	23 - 26	
09Г2	30 - 31	45	21	
09Г2C	29 - 35	46 - 50	21	60
14Г2	33 - 34	46 - 47	21	

4. Quy cách thép xây dựng

Khi thiết kế kết cấu thép, một mặt phải căn cứ vào tính toán để chọn tiết diện, mặt khác phải căn cứ vào quy cách các loại thép có trên thị trường để sử dụng hợp lí.

Ở nước ta, thép sản xuất chưa thoả mãn được nhu cầu mà còn phải nhập khẩu của nước ngoài nên giữa việc tính toán, sử dụng và tình hình cụ thể của vật liệu hiện có là vấn đề đáng lưu ý của người thiết kế và sử dụng. Trước đây hầu như chỉ nhập thép của Liên Xô, nên mọi quy định, quy phạm, tiêu chuẩn tính toán của ta đều dựa vào quy phạm của Liên Xô. Hiện nay ta đang nhập thép của nhiều nước nên vấn đề chủng loại thép càng đặc biệt lưu ý hơn.

4.1. Thép hình

4.1.1. Thép chữ L (Thép góc)

Thép có hai loại, đều cạnh và không đều cạnh.

- Thép đều cạnh (Hình 4-1a): Là loại thép có chiều rộng hai cánh bằng nhau. Bề rộng cánh $b = 40 \div 250\text{mm}$, chiều dày cánh $\delta = 3 \div 30\text{mm}$.

- Thép không đều cạnh (Hình 4-1b): Là loại thép góc có chiều rộng hai cánh không bằng nhau:

+ Chiều rộng cánh nhỏ: $b = 36 \div 160\text{mm}$

+ Chiều rộng cánh lớn: $B = 56 \div 250\text{mm}$

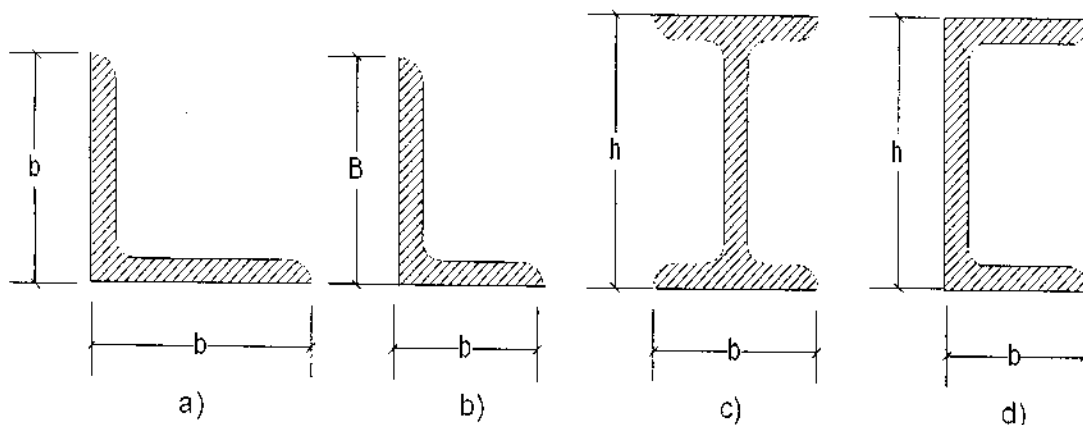
+ Chiều dày cánh: $\delta = 3,5 - 30\text{mm}$

Thép được sản xuất thành các thanh có chiều dài từ 9 - 12m.

4.1.2. Thép chữ I

Thép chữ I được phân loại theo chiều cao tiết diện tính bằng cm (Hình 4.1c).

Chiều cao tiết diện $h = 100 - 700\text{mm}$ ($N^0I.10-70$). Có những loại thép I có cùng chiều cao nhưng một số kích thước không giống nhau. Để phân biệt được, người ta ghi kèm theo số hiệu thép các chữ cái a, b, c. Thép I có các thanh dài 6-12m.



Hình 4.1

4.1.2. Thép chữ U

Thép chữ U (Hình 4.1d) có chiều cao tiết diện $h = 50 - 400\text{mm}$. Chiều cao tiết diện tính bằng cm được dùng làm số hiệu thép, có các loại thép N^0U5 đến N^0U40 .

Thép U được dùng chủ yếu làm dầm chịu uốn xiên (xà gồ) với chiều dài thanh từ 6 - 12m.

Ngoài các loại thép kể trên, ta còn có các loại thép hình khác như thép vuông cạnh 80 - 150mm, thép ống (tuyp) hay còn gọi là thép vành khuyên, thép tròn. Thép tròn có hai loại: tròn trơn và tròn gai, đường kính $\phi 3 - \phi 40$.

4.2. Thép bản

Trong xây dựng thường dùng các loại thép bản sau:

4.2.1. Thép bản phổ thông

Loại thép này dày 6 - 50mm. Cứ 2mm chia thành một cấp ($\delta = 6, 8, 10, \dots, 50$). Chiều dài thép bản từ 5 - 18m.

4.2.2. Thép bản dày

Loại thép này có chiều dày từ 4 - 60mm, phân loại như thép phổ thông nhưng cứ 5mm thành một cấp, rộng từ 600 - 3000mm, dài 1,2 - 2m.

4.2.2. Thép bản mỏng

Loại thép này có chiều dày từ 0,5 - 4mm, rộng nhất là 1m, dùng để lợp nhà, đập làm thép định hình.

II. CÁC ĐẶC TRƯNG CƠ HỌC CỦA THÉP

1. Tính chịu kéo

Nếu đem kéo một mẫu thép CT₃ với lực P tăng dần, trong thanh chỉ xuất hiện ứng suất pháp. Giá trị của ứng suất tương quan bậc nhất với tải trọng P. Ứng suất này phân bố đều trên tiết diện thanh và được xác định theo công thức:

$$\sigma_k = \frac{P_k}{F} \text{ (KN/cm}^2\text{)}$$

Trong đó:

P_k: tải trọng kéo (KN)

F: diện tích tiết diện thanh (cm²).

Để nghiên cứu tính chịu kéo của vật liệu thép, người ta tiến hành thí nghiệm những mẫu thép CT₃ bằng các máy thí nghiệm. Kết quả thí nghiệm thể hiện trên hình 4-2.

Theo đồ thị này, có thể chia quá trình làm việc của thép khi kéo làm 3 giai đoạn: giai đoạn đàn hồi, giai đoạn dẻo và giai đoạn đàn hồi dẻo.

Trong giai đoạn đàn hồi cần phân biệt sự khác nhau giữa giai đoạn tỉ lệ và giai đoạn quá độ. Ở giai đoạn tỉ lệ khi ứng suất trong thanh nhỏ hơn 2100daN/cm², thép làm việc hoàn toàn theo định luật Húc.

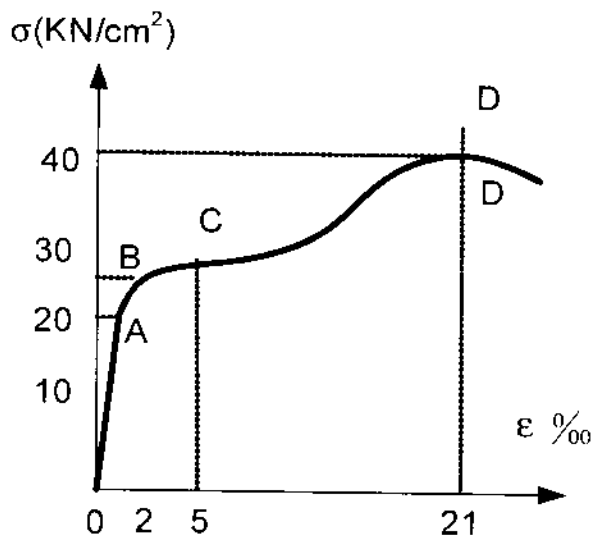
$$\sigma = \epsilon.E$$

Trong đó:

σ: ứng suất trong thanh (KN/cm²).

E: mô đun biến dạng đàn hồi của thép (E = 2,1.10⁷N/cm²).

ε: độ giãn dài tương đối (tính bằng %).



Hình 4-2: Biểu đồ làm việc của thép khi chịu kéo

Trong giai đoạn quá độ, lúc ứng suất trong thanh $\sigma < \sigma_{ul} = 2100 \text{ daN/cm}^2$ thép hoàn toàn có khả năng phục hồi lại trạng thái ban đầu.

Kết thúc giai đoạn đàn hồi, khi biến dạng tương đối ϵ đạt khoảng 0,2%, thép làm việc chuyển sang giai đoạn dẻo. Đặc điểm của giai đoạn này là biến dạng tăng nhanh trong khi ứng suất hầu như không đổi. Đường biểu diễn là một đoạn song song với trục ngang ứng với giá trị $\sigma = 2400 \text{ daN/cm}^2$. Giới hạn ứng suất này gọi là giới hạn chảy σ_c .

Khi thép chịu kéo, vấn đề quan trọng là xác định giới hạn chảy là giới hạn ứng suất khi độ dãn dài tương đối ϵ đạt tới trị số 0,2%.

Theo quy ước này, sự làm việc của thép khi kéo chỉ chia làm 2 giai đoạn: Giai đoạn đàn hồi tỉ lệ và giai đoạn chảy. Như vậy, thép bị phá hoại trong trạng thái dẻo.

Thực tế khi tiếp tục tăng lực kéo, sự phá hoại của thép xảy ra khi ứng suất trong thanh rất lớn. Với thép CT3 xấp xỉ $3800 - 4200 \text{ daN/cm}^2$. Trên đồ thị hình 4-2 giai đoạn đàn hồi dẻo biểu thị bằng đoạn cong dài nhất (CD).

2. Tính chịu nén và sự mất ổn định của thanh chịu nén

Nếu đem nén đúng tâm một mẫu thép ngắn, biểu đồ tương quan giữa ứng suất và biến dạng tương tự như khi kéo. Các đặc trưng cơ học của thép (E , σ_c) khi nén giống khi kéo.

Vì mẫu thép ngắn nên nó không bị phá hoại mà chỉ dẹt ra. Giới hạn bền (cường độ bền tức thời) không xác định được.

Đối với các thanh dài (một chiều rất lớn so với hai chiều kia) khi chịu nén thì sự phá hoại xảy ra sớm hơn nhiều. Các thanh dài chịu nén mất khả năng chịu lực, thậm chí khi ứng suất trong thanh chưa đạt tới giới hạn chảy. Sự phá hoại này xảy ra do sự mất ổn định của thanh.

Nguyên nhân gây ra mất ổn định của thanh là lực tác dụng vượt quá lực nén tới hạn (P_{th}) ở trong thanh.

Theo Ôle, lực nén tới hạn được tính bằng công thức:

$$P_{th} = \frac{\pi^2 EJ_{min}}{l_0^2}$$

Trong đó:

E: mô đun đàn hồi.

J_{min} : mô men quán tính nhỏ nhất của tiết diện.

l_0 : chiều dài tính toán của thanh.

Với lực tới hạn, trong thanh sẽ xuất hiện ứng suất tới hạn:

$$\sigma_{th} = \frac{P_{th}}{F} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_{min}}{l_0^2 \cdot F} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2}$$

Trong đó:

F: tiết diện ngang thanh.

λ : độ mảnh lớn nhất của thanh.

$\lambda = \frac{l_0}{r_{min}}$ với r_{min} là bán kính quán tính nhỏ nhất của tiết diện.

Công thức Ôle chỉ áp dụng được trong trường hợp vật liệu làm việc đàn hồi tuyệt đối, nghĩa là:

$$\sigma_{th} \leq \sigma_{tt}$$

Đối với thép CT3: $\sigma_{th} = \sigma_{tt} = 2100 \text{ daN/cm}^2$.

và:

$$\lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{2100}} = \sqrt{\frac{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6}{2100}} = 105$$

Như vậy, những thanh có $\lambda \geq 105$ thì có thể dùng công thức Ole để tính toán, còn những thanh có độ mảnh < 105 không thể dùng công thức Ole để tính σ_{th} mà nó được tính toán bằng phương pháp thực nghiệm.

Sự ổn định của thanh nén được tính theo công thức:

$$\sigma = \frac{P}{\varphi.F} \leq R$$

Trong đó:

σ : ứng suất trong tiết diện thanh.

P: lực nén tính toán tại tiết diện đang xét.

F: diện tích tiết diện đang xét.

R: cường độ tính toán của thép.

φ : hệ số uốn dọc, được xác định như sau:

$$\varphi = \frac{\sigma_{th}}{R} < 1$$

Trong công thức này, ta thấy φ phụ thuộc vào độ mảnh λ vì:

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

Với mỗi loại thép, các trị số E, R và π luôn không đổi. Giá trị φ được tính sẵn theo độ mảnh và cho trong bảng.

Trong công thức $\lambda = \frac{l_0}{r_{min}}$ thì:

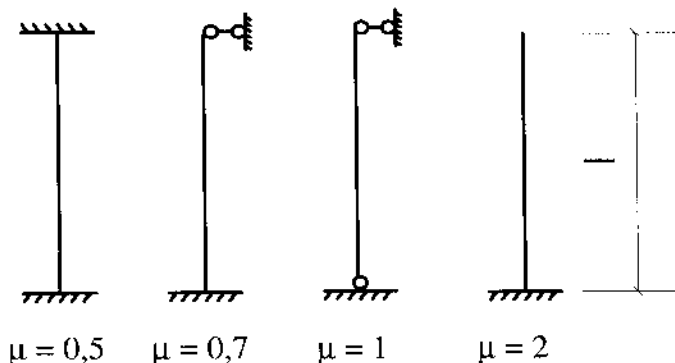
l_0 : chiều dài tính toán của thanh. l_0 phụ thuộc hình thức liên kết ở hai đầu thanh.

$$l_0 = \mu l$$

l: chiều dài thanh.

μ : hệ số liên kết, lấy theo hình thức liên kết cho trong hình dưới đây.

r_{min} : bán kính quán tính nhỏ nhất của tiết diện.



3. Tính chịu uốn

Thí nghiệm uốn dầm đơn giản như hình (hình 4-3), Người ta thấy ứng suất pháp không phân bố đều trên tiết diện thanh. Ứng suất này lớn nhất tại các thớ biên.

$$\sigma = \frac{M}{J_x} y \quad \text{vậy} \quad \sigma_{\max} = \frac{M}{J_{\min}} y_{\max}$$

Với tiết diện đối xứng:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x}$$

Trong đó:

$M_{\max}$: mô men uốn cực đại.

J_x : mô men quán tính của tiết diện lấy với trục $x-x_1$

W_x : mô đun kháng uốn của tiết diện lấy với trục $x-x_1$

y : khoảng cách từ điểm cần xét ứng suất đến trục trung hoà.

Lực P tăng, $\sigma_{\max}$, $\sigma_{\min}$ cũng tăng, biểu đồ ứng suất là đoạn thẳng cho tới khi chúng đạt giới hạn chảy (σ_c) của thép.

Trong tính toán các dầm thép, thường xem rằng giới hạn chịu lực của dầm mất đi khi ứng suất tại các miền thớ biên đạt giá trị cường độ tính toán của thép, tức là:

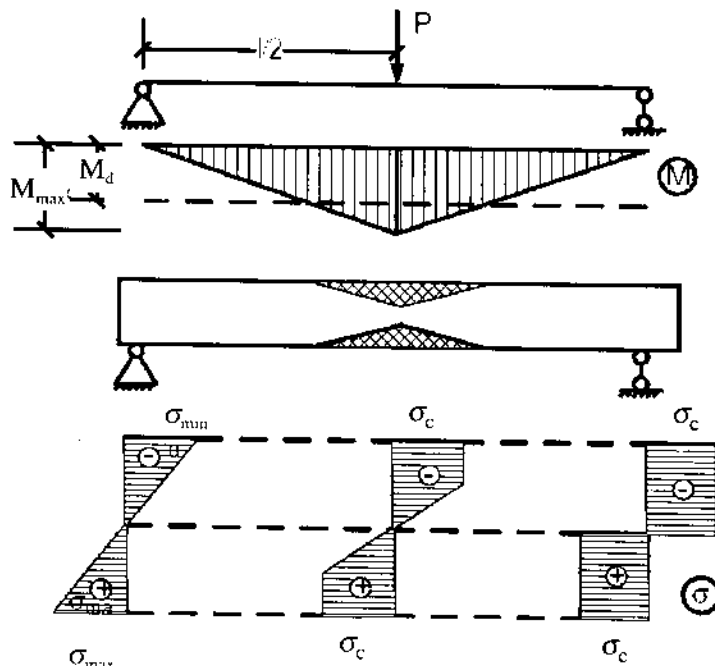
$$M_d = R.W$$

Trong đó:

$$R = \sigma_c \cdot k$$

k : hệ số không đồng nhất của thép. Lấy $k=0,9$.

σ_c : giới hạn chảy của thép.



Hình 4-3: Sự làm việc của thép khi uốn

Nếu tiếp tục tăng tải trọng P miễn biến dạng dẻo càng tiến sâu vào phía trục trung hoà (2c) cho tới khi toàn bộ tiết diện dầm đạt tới giới hạn chảy (3c). Trên dầm hình thành khớp dẻo và dầm mất hết khả năng chịu lực. Khả năng chịu lực của dầm khi đó là:

$$M_d = \sigma_c \cdot W_c$$

Trong đó:

M_d : mô men uốn khi hình thành khớp dẻo.

W_d : mô đun kháng uốn ở giai đoạn dẻo.

Thí nghiệm cho thấy:

- Với tiết diện chữ nhật: $W_d = 1,5W$

- Với tiết diện chữ T: $W_d = 1,15W$

Ở đây W là mô đun kháng uốn ở giai đoạn đàn hồi. Quy định tính theo biến dạng dẻo trong các cấu kiện:

- Kết cấu chịu tải trọng tĩnh.

- Tại chỗ có mô men uốn lớn nhất, M_{max} ứng suất tiếp $\tau \leq 0,4R$ (với R là cường độ của thép).

4. Sự phá hoại giòn của thép

Khi làm việc, thép có thể bị phá hoại dẻo hoặc giòn. Sự phá hoại giòn của thép xảy ra khi độ biến dạng tương đối ϵ nhỏ hoặc xảy ra một cách đột ngột. Trong nhiều trường hợp, sự phá hoại giòn xảy ra rất sớm khi ϵ còn nhỏ gây nguy hiểm cho kết cấu.

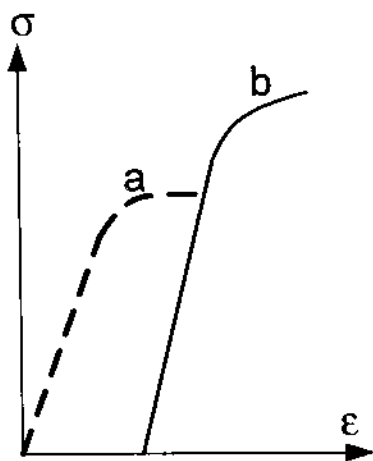
Sự phá hoại giòn xảy ra do các nguyên nhân sau:

4.1. Thép bị cứng nguội

Thép bị cứng nguội xảy ra khi thép bị kéo trước hoặc khi gia công nguội.

4.1.1. Thép kéo trước

Nếu đem thép CT3 kéo vượt quá giai đoạn chảy rồi giữ không kéo nữa. Sau đó dùng thép sẽ làm việc theo sơ đồ mới (Hình 4-4), cường độ thép tăng lên nhưng biến dạng giảm đi rất nhiều, thép trở nên giòn. Hiện tượng này được sử dụng trong cốt thép của bê tông cốt thép dự ứng lực, giảm biến dạng và tăng cường độ cốt thép.



Hình 4-4. Thép kéo trước

4.1.2. Thép gia công nguội

Khi gia công thép như uốn, dập, đột lỗ, cắt thép... đều làm cho thép bị cứng nguội. Tại các vị trí đó biến dạng ϵ rất nhỏ.

4.2. Thép bị già

Cùng với thời gian, tính dẻo của thép giảm dần. Hiện tượng này xảy ra cùng với sự tăng cường độ và giảm biến dạng ϵ của thép.

4.3. Ứng suất phân bố không đều

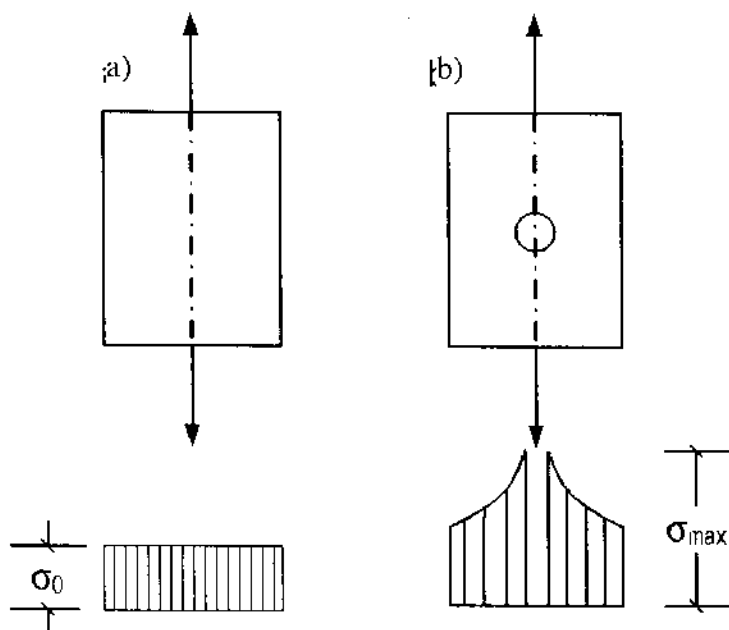
Khi làm việc (chẳng hạn khi kéo), nếu thép không có lỗ khuyết thì ứng suất sẽ phân bố đều trên tiết diện (Hình 4-5a). Nếu thép có lỗ khuyết thì ở mép lỗ khuyết ứng suất tăng đột ngột (Hình 4-5b). Hiện tượng đó gọi là hiện tượng tập trung ứng suất. Gọi k là hệ số tập trung ứng suất, ta có:

$$k = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_0} = 3$$

Trong đó:

$\sigma_{\max}$: ứng suất tại mép lỗ khuyết.

σ_0 : ứng suất khi thanh không có lỗ khuyết.



Hình 4-5: Hiện tượng tập trung ứng suất

Nguyên nhân phân bố ứng suất không đều là do tại vị trí lỗ khuyết, ứng suất lớn gây biến dạng dẻo. Các vùng có biến dạng dẻo bị các vùng lân cận cản trở biến dạng đó. Mặt khác, đường truyền lực bị cong khi qua lỗ khuyết gây tập trung ứng suất.

Khi thiết kế cần tránh hiện tượng tập trung ứng suất như: thay đổi tiết diện đột ngột, tạo các khe rãnh, lỗ khuyết, góc vuông... trên tiết diện thanh.

4.4. Ảnh hưởng của nhiệt độ

Khi nhiệt độ dưới 300°C , tính chất cơ học của thép ít thay đổi. Nhưng khi $t^{\circ} > 300^{\circ}\text{C}$ thép trở nên giòn. Nếu $t^{\circ} \geq 600^{\circ}\text{C}$ thép bị chảy. Ngược lại, ở $t^{\circ} \leq -45^{\circ}\text{C}$ thép trở nên dễ nứt.

4.5. Hiện tượng mỏi của thép

Khi chịu tác dụng của tải trọng thay đổi lặp đi lặp lại nhiều lần về phương, chiều, cường độ hoặc vị trí thì kết cấu bị phá hoại rất sớm, ở ứng suất thấp hơn giới hạn chảy σ_c . Sự phá hoại đột ngột do nguyên nhân này gọi là hiện tượng mỏi. Giới hạn ứng suất mà kết cấu bị phá hoại về mỏi gọi là cường độ mỏi (hay cường độ chấn động). Thí nghiệm cho thấy với thép CT3 cường độ mỏi bằng 0,4 lần cường độ của nó:

$$\sigma = 0,4R$$

III. CƯỜNG ĐỘ CỦA THÉP

Khi thí nghiệm, các giá trị giới hạn của ứng suất như σ_c , σ_b rất lớn. Nhưng giữa sự làm việc của các mẫu thí nghiệm không hoàn toàn giống như làm việc của kết cấu. Để đảm bảo an toàn cho kết cấu phải kể đến những ảnh hưởng do sự khác biệt ấy. Bởi vậy, cường độ thép có hai giá trị. Giá trị xác định từ thí nghiệm và giá trị dùng để tính toán.

1. Cường độ tiêu chuẩn

Cường độ tiêu chuẩn là đặc trưng cơ bản của thép, được xác định do xử lý thống kê các chỉ tiêu cơ học từ thí nghiệm, ký hiệu là R^c

Có hai giá trị cường độ tiêu chuẩn đặc trưng cho sự làm việc của vật liệu thép:

$R^c = \sigma_c$: Khi xét thép làm việc trong giới hạn chảy.

$R^c = \sigma_b$: Khi xét thép làm việc ngoài giới hạn chảy hoặc thép cường độ cao.

2. Cường độ tính toán

Khi tính toán cấu kiện chịu kéo, nén, uốn, cường độ tính toán của thép bằng cường độ tiêu chuẩn chia cho hệ số an toàn vật liệu ký hiệu γ_m . Công thức xác định cường độ tính toán của thép được tra ở phụ lục 5.

Hệ số γ_m phụ thuộc vào loại thép.

- Với thép có $\sigma_b \leq 38\text{kN/cm}^2$, $\gamma_m = 1,05$

- Với thép có $\sigma_b > 38\text{kN/cm}^2$, $\gamma_m = 1,15$

Chương 5

TÍNH TOÁN KẾT CẤU THÉP

Mục tiêu: Học xong chương này học sinh phải đạt được các yêu cầu sau:

- Các loại đường hàn và kí hiệu của chúng.
- Đọc được bản vẽ kết cấu hàn.
- Biết cách tính liên kết hàn.
- Nhưng điều cần lưu ý khi thi công hàn.

Trọng tâm:

- Nắm được cấu tạo liên kết hàn.
- Ảnh hưởng của biến hình hàn đến sự làm việc của kết cấu.

A. TÍNH TOÁN LIÊN KẾT

I. KHÁI NIỆM VỀ LIÊN KẾT

Liên kết là phần quan trọng của kết cấu thép, vì từ thép hình, thép bản muốn tạo thành những cấu kiện hay một kết cấu, một công trình ta phải dùng liên kết. Những liên kết thường được sử dụng trong kết cấu thép là liên kết bulông, liên kết đinh tán và liên kết hàn. Liên kết bulông và liên kết đinh tán thuộc loại liên kết cơ học. Liên kết hàn được tạo thành do quá trình hoá học và luyện kim.

Liên kết bulông và liên kết đinh tán có tính công nghiệp hoá cao, tốc độ thi công nhanh, nhất là liên kết bulông. Nhưng liên kết bulông chịu tải trọng chấn động kém. Liên kết đinh tán thi công chậm hơn vì một đầu đinh phải tán tại hiện trường. Loại này chịu tải trọng chấn động tốt. Hai loại liên kết này được sử dụng rộng rãi trong các công trình công nghiệp, cầu thép trong giao thông vận tải, cột điện, tháp vô tuyến, truyền hình,.... Trong phạm vi chương trình, chỉ xét đến những công trình xây dựng dân dụng, kết cấu chịu lực chủ yếu là bê

tông cốt thép. Liên kết hàn được dùng trong các chi tiết mối nối hoặc để nối cốt thép. Vì vậy, trong phần này tập trung giới thiệu liên kết hàn.

II. LIÊN KẾT HÀN

1. Khái niệm về hàn

So với liên kết bulông và liên kết đinh tán, liên kết hàn có các ưu điểm:

- Tiết diện thép cơ bản không bị khoét lỗ nên tiết kiệm được từ 15 - 20% khối lượng thép và tiết kiệm được 20% công chế tạo.

- Tại chỗ liên kết kín nên vẻ hình thức đẹp.

Bên cạnh đó nó cũng có các nhược điểm:

- Khó kiểm tra chất lượng vì tại vị trí liên kết kín.
- Quá trình hàn là quá trình đốt nóng và nguội đi một cách cục bộ nên sinh ra ứng suất cục bộ. Trong quá trình hàn, kim loại tiếp xúc với oxy và nitơ trong không khí làm cho đường hàn bị giòn. Hai nguyên nhân này hạn chế khả năng chịu tải của đường hàn.

1.1. Các phương pháp hàn

Trong kết cấu thép thường sử dụng hai phương pháp hàn: hàn hồ quang và hàn xì.

Hàn hồ quang điện được chia ra hai loại: hàn tay và hàn tự động (hàn tự động - hàn hồ quang chìm). Hàn tay là người thợ dùng tay di chuyển que hàn. Hàn tự động là dùng máy di chuyển que hàn. Trong giáo trình chỉ giới thiệu những phương pháp được dùng nhiều trong xây dựng.

1.1.1. Hàn hồ quang điện

Về nguyên tắc, phương pháp này dùng nhiệt độ cao của ngọn lửa hồ quang điện đốt nóng chảy thép cơ bản và que hàn thành tinh thể lỏng hoà vào nhau, khi nguội tạo thành đường hàn.

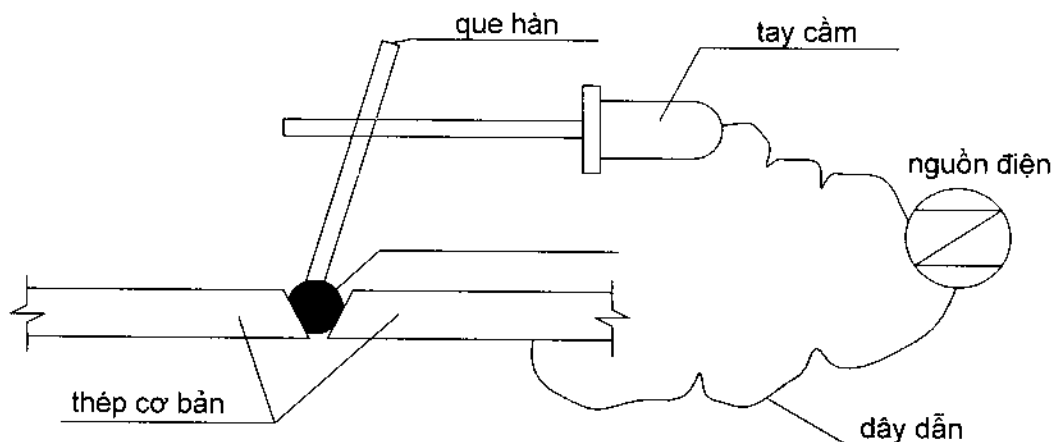
Nếu chất lượng đường hàn đảm bảo thì cường độ đường hàn tương đương với cường độ thép cơ bản. Nhưng thành phần hoá học và cấu tạo tinh thể đường hàn do quá trình đốt nóng có khác với thành phần hoá học và cấu tạo tinh thể của thép cơ bản.

Tuỳ theo cách di chuyển que hàn, người ta chia hàn hồ quang điện thành ba loại:

- Hàn tay hồ quang điện (hàn thủ công): Người thợ dùng tay di chuyển que hàn.
- Hàn tự động (hàn máy): Máy hàn di chuyển tự động trên ray.
- Hàn nửa tự động: Người thợ di chuyển máy hàn.

Hàn tự động và bán tự động chỉ thích hợp với các đường hàn dài, thẳng hoặc độ cong nhỏ.

Nguyên lí làm việc của hàn hồ quang điện như hình 5.1



Hình 5-1

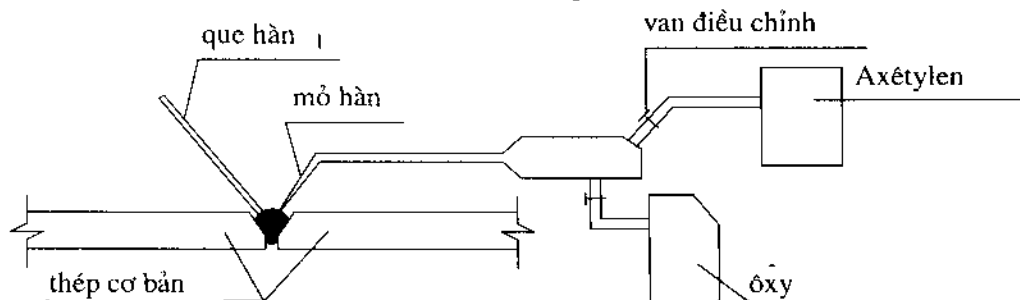
Dùng que hàn và thép cơ bản làm hai điện cực nối với nguồn điện (một chiều hoặc xoay chiều). Dùng tay cầm điều khiển que hàn, ban đầu dí sát vào thép cơ bản, sau đó tách ra từ $1 + 2\text{mm}$ sẽ sinh ra hiện tượng phóng điện tạo thành hồ quang. Hồ quang lúc đầu nhỏ, sau to dần và liên tục do không khí ở xung quanh bị đốt nóng. Khi hàn cần đảm bảo khoảng cách cố định giữa thép cơ bản và que hàn, đồng thời di chuyển đều que hàn dọc theo đường hàn.

Để tăng nhiệt độ cho hồ quang và đảm bảo an toàn cho người hàn, khi hàn dùng máy biến thế để giảm điện thế giữa hai cực xuống còn $15 + 60\text{V}$ và tăng cường độ dòng điện từ $200 + 500\text{A}$. Cường độ dòng điện cao, tốc độ hàn càng nhanh, rãnh hàn chảy càng sâu. Kim loại từ que hàn rơi vào dưới dạng từng giọt. Do ảnh hưởng của dòng điện, vùng xung quanh hồ quang tạo thành một từ trường. Nhờ lực từ trường này mà các giọt kim loại ở que hàn được hút vào rãnh hàn. Vì vậy khi hàn ngược, rãnh hàn ở trên, que hàn ở dưới, giọt kim loại vẫn bị hút rơi vào đường hàn.

1.1.2. Hàn xì

Hình 5-2 thể hiện sơ đồ và phương pháp hàn xì (hàn hơi).

Nguyên lí của phương pháp hàn xì là dùng nhiệt độ cao của hỗn hợp khí oxy - axetylen khi cháy để đốt nóng chảy thép cơ bản và que hàn để tạo nên đường hàn. Ngoài việc hàn còn có thể dùng để cắt kim loại.



Hình 5-2

1.2. Que hàn

Que hàn vừa làm điện cực (trong hàn hồ quang điện) vừa là kim loại bù vào rãnh hàn nên chất lượng đường hàn phụ thuộc vào chất lượng que hàn. Que hàn có hai loại: que hàn trần và que hàn có thuốc bọc.

- Que hàn trần (không thuốc bọc) là những đoạn thép tròn dài 30cm. Khi hàn hồ quang cháy trực tiếp trong không khí, ở nhiệt độ cao kim loại tác dụng với oxy và nitơ trong không khí làm cho đường hàn bị giòn. Sau khi hàn, trên mặt đường hàn không có lớp xỉ phủ, đường hàn nguội nhanh. Do nguội nhanh nên các bọt khí trong đường hàn không thoát ra kịp để lại các lỗ rỗng. Cũng do nguội nhanh, đường hàn có những vết nứt nhỏ, cường độ không đảm bảo. Loại que hàn này dùng để hàn những bộ phận không chịu lực.

- Que hàn có thuốc bọc gồm hai loại: Loại có lớp thuốc mỏng và loại có lớp thuốc dày.

- + Loại có lớp thuốc mỏng: Lớp thuốc chiếm 1% khối lượng que hàn. Lớp thuốc chỉ có tác dụng làm tăng ion để ổn định hồ quang điện, không có tác dụng ngăn cách hồ quang với không khí và tạo ra lớp xỉ phủ nên vẫn không khắc phục được nhược điểm của que hàn trần. Loại này có kí hiệu E.34.

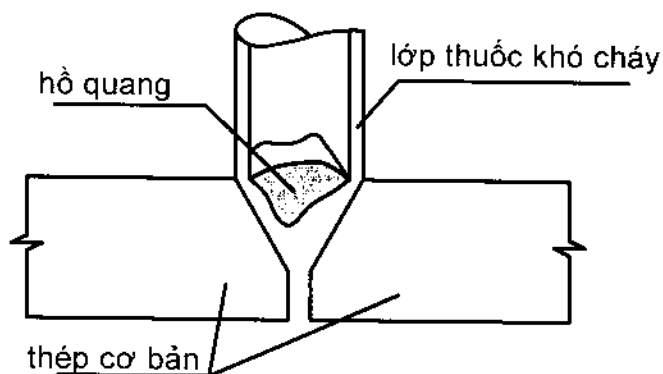
- + Loại có lớp thuốc bọc dày: Lớp thuốc chiếm 30% khối lượng que hàn. Lớp thuốc này dày 1,5mm. Loại que hàn này khắc phục được nhược điểm của hai loại nói trên.

Loại que hàn này có kí hiệu: E.42, E.42A, E.50, E.50A. Que hàn liên doanh Việt Đức có kí hiệu: N42, N42-6B, N46, N46-6B, N50, N50-6B. Tương đương loại E.42, E.42A, E.50, E.50A.

Nếu thép cơ bản là thép hợp kim thấp thì dùng loại E.50 và E.50A.

Que hàn Việt Nam có các loại: N46, N50, N42-6B,... Các số là giới hạn chảy nhỏ nhất khi kéo tính bằng KN/cm^2 . 6B - nhóm 6, vỏ bọc là bazơ.

Trong thực tế, nếu dùng loại que hàn có lớp thuốc bọc khó cháy thì khi hàn hồ quang cháy trong lòng lớp thuốc bọc, ngăn cách được không khí, tập trung được nhiệt nên tốc độ hàn nhanh, lớp rãnh hàn được che kín bằng lớp thuốc khó cháy, giảm được 50% khối lượng que hàn, chất lượng đường hàn tốt.



Hình 5-3

2. Phân loại đường hàn - kí hiệu đường hàn

2.1. Các loại đường hàn

Theo cấu tạo, đường hàn được chia làm hai loại: Đường hàn đối đầu và đường hàn góc.

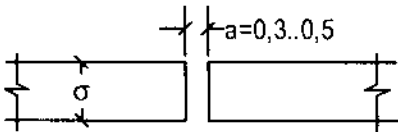
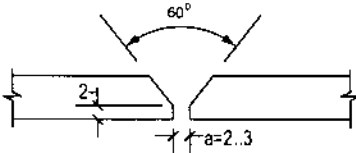
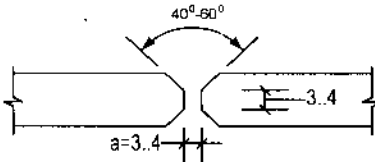
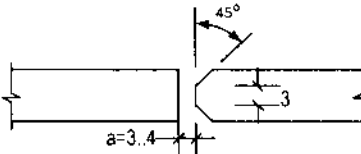
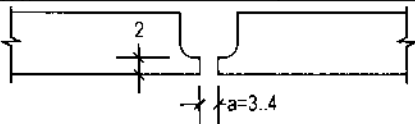
2.1.1. Đường hàn đối đầu

Đường hàn đối đầu dùng để nối hai bản thép cùng nằm trên một mặt phẳng. Để rãnh hàn có thể thấm từ trên xuống dưới thì tùy theo thép cơ bản dày hay mỏng mà quyết định chọn khoảng cách giữa các thép cơ bản với nhau.

- Nếu chiều dày thép cơ bản $\delta \leq 10\text{mm}$ thì đặt khoảng cách $a = 0,3 - 0,5\text{mm}$.

- Nếu chiều dày lớp thép cơ bản lớn hơn 10mm để rãnh hàn đủ thấm sâu, ngoài những khoảng cách a ra còn phải gia công mép thép cơ bản theo quy định ở bảng 5.1.

Bảng 5.1: Các hình thức gia công mép thép cơ bản

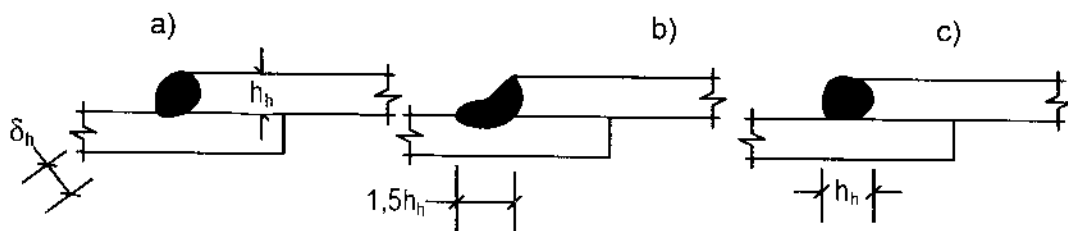
Hình thức gia công	Các khoảng cách quy định, mm	δ , mm
Không gia công mép		$\delta \leq 10$
Hình chữ V		$10 < \delta \leq 20$
Hình chữ X		$\delta > 20$
Hình chữ K		$\delta > 20$
Hình chữ U		$\delta > 20$

Đường hàn đối đầu có ưu điểm là đường truyền lực đi thẳng, không gây hiện tượng dồn ép trong đường hàn, không sinh hiện tượng tập trung ứng suất, do đó khả năng chịu lực tốt, kể cả lực chấn động. Nhưng có nhược điểm tổn công gia công mép thép cơ bản và khó định vị khi hàn.

2.1.2. Đường hàn góc (hàn chổng) hình 5-4

Đường hàn góc dùng để hàn hai thép cơ bản không cùng nằm trên một mặt phẳng.

Đường hàn góc có ưu điểm là không phải gia công mép thép cơ bản nhưng có nhược điểm là đường truyền lực đi qua đường hàn không đi thẳng, gây uốn cục bộ, làm đường hàn bị dồn ép vào góc. Đường hàn phát sinh ứng suất cục bộ ở góc đường hàn. Để hạn chế hiện tượng tập trung ứng suất, người ta làm đường hàn thoải hay đường hàn sâu (Hình 5-4b và c).



Hình 5-4:

a. Đường hàn góc thường, b. Đường hàn góc thoải, c. Đường hàn góc sâu

2.2. Ký hiệu đường hàn

Theo điều kiện chế tạo, phân ra hai loại: Đường hàn ở xưởng và đường hàn dựng lắp ở công trường. Các loại đường hàn này được ký hiệu như bảng 5.2

Bảng 5.2: Ký hiệu các loại đường hàn

Loại đường hàn	Hàn ở xưởng	Hàn ở công trường
Hàn đối đầu		
Đường hàn góc liên tục		
Đường hàn góc gián đoạn.		

Trong bảng trên: $a \leq 15 \delta_{\min}$ với cấu kiện chịu nén. $A \leq 30\delta_{\min}$ với cấu kiện chịu kéo hoặc các bộ phận cấu tạo.

2.3. Cường độ đường hàn

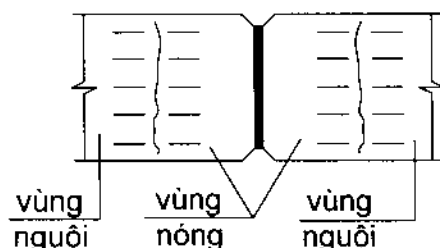
Cường độ đường hàn phụ thuộc vào chất lượng que hàn (lõi kim loại, lớp thuốc bọc), loại thép cơ bản, loại đường hàn và phương pháp kiểm tra chất lượng đường hàn. Thực nghiệm đã xác định được cường độ các đường hàn (xem bảng 5.3).

Bảng 5.3: Chọn que hàn, dây hàn và cường độ tính toán của thép đường hàn R_{gh} trong đường hàn góc

Cường độ tức thời của thép cơ bản (daN/cm ²)	Hàn tự động: Dây hàn	Hàn tay: Que hàn	Cường độ tính toán chịu cắt của thép đường hàn R_{gh} (daN/cm ²)
$R_b^c \leq 4300$	$C_B 08A$	E42, E42A	1800
$4300 < R_b^c \leq 5200$	$C_B 08 A$	E46, E46A	2000
	$C_B 10 A$	E50, E50A	2150
$5200 < R_b^c$	$C_B 10 A$	E50, E50A	
	$C_B 10HM A$	E60	
	$C_B 10 2$		

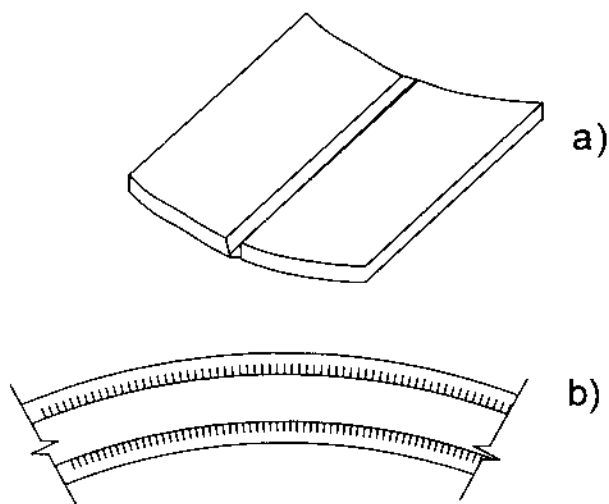
2.4. Ứng suất hàn, biến hình hàn và các biện pháp đề phòng

Ta biết rằng, khi nhiệt độ biến đổi sẽ làm biến đổi khối lượng thể tích của vật liệu (lượng biến đổi này nhiều hay ít tùy thuộc vào sự thay đổi nhiều hay ít của nhiệt độ). Quá trình hàn cũng có hiện tượng như vậy. Khi hàn, đường hàn được nung nóng ở nhiệt độ cao (trên 1500°C). Các tinh thể thép cơ bản và que hàn chảy lỏng được sắp xếp lại tạo thành đường hàn. Khi nguội đường hàn co ngót nhưng thép cơ bản xung quanh đường hàn không bị đốt nóng tạo thành ngàm tự nhiên cản trở sự co ngót của vùng nóng chảy. Kết quả là giữa vùng xung quanh đường hàn và thép cơ bản xuất hiện lực kéo (Hình 5-5). Lực kéo này gây ứng suất hàn và biến hình hàn.



Hình 5-5

Ứng suất hàn nhỏ làm cho vùng xung quanh đường hàn có những vết rạn nứt nhỏ, còn biến hình lớn sẽ làm ảnh hưởng tới khả năng sử dụng của kết cấu như hiện tượng cong, vênh,... (Hình 5-6).



Hình 5-6

a. Biến hình của tấm uốn, b. Biến hình của dầm

Biến hình hàn là hiện tượng rất nguy hiểm đối với kết cấu bản, nên trong thực tế phải tìm mọi cách để tránh. Sau đây là một số biện pháp để tránh hiện tượng biến hình hàn:

- Khi thiết kế chỉ dùng vừa đủ tiết diện đường hàn như tính toán yêu cầu. Tránh các đường hàn thừa, các đường hàn cắt nhau hay các đường hàn song song đi gần nhau quá dễ sinh ra hiện tượng tăng nhiệt làm tăng biến hình.

- Khi gia công phải chọn thứ tự hàn hợp lí. Đây là điều cốt yếu trong quy trình chế tạo kết cấu hàn vì nó là nguyên nhân chủ yếu quyết định biến hình cuối cùng.

- Uốn cong ngược kết cấu trước khi hàn, sau khi hàn sẽ biến hình trở lại trạng thái bình thường.

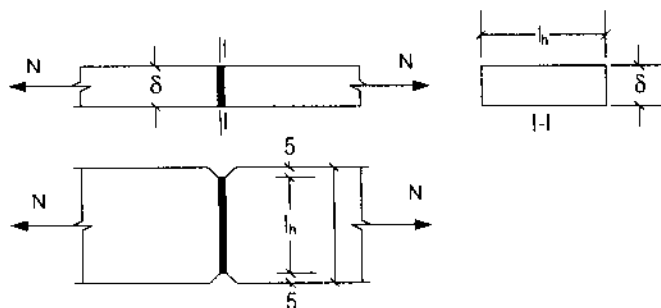
- Đốt nóng thép cơ bản trước khi hàn để giảm bớt sự chênh lệch về nhiệt độ giữa vùng nóng và vùng nguội.

- Sau khi hàn, nếu kết cấu đã có biến hình có thể dùng các biện pháp tác dụng cơ học hoặc nhiệt độ để nắn lại theo yêu cầu sử dụng.

3. Tính toán liên kết hàn đối đầu

3.1. Khi chịu lực dọc trục

3.1.1. Trường hợp đường hàn thẳng góc với trục (Hình 5-7)



Hình 5.7

Điều kiện cường độ:

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

Trong đó:

N : nội lực tính toán tác dụng lên đường hàn.

F_h : diện tích tiết diện đường hàn được xác định theo công thức:

$$F_h = \delta \cdot l_h$$

δ : chiều cao tính toán của đường hàn lấy bằng chiều dày thép cơ bản.

l_h : chiều dài đường hàn, được xác định như sau:

- Nếu không có máng chắn tạm: $l_h = b - 1\text{cm}$ để phòng đường hàn bị cháy và lõm vào hai đầu.

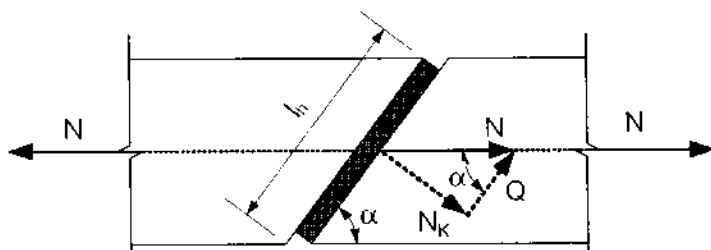
- Nếu có máng chắn tạm: $l_h = b$, khi hàn xong cắt bỏ máng chắn.

b : chiều rộng thép cơ bản;

γ : hệ số điều kiện làm việc lấy thép quy phạm. Bình thường lấy $\gamma = 1$;

R^h : cường độ chịu kéo (hoặc nén) của đường hàn.

3.1.2. Trường hợp đường hàn xiên góc với trục (Hình 5-8)



Hình 5-8

Dùng phương pháp phân tích lực ta thấy đường hàn này chịu đồng thời cả kéo và cắt.

- Thành phần tải trọng gây kéo (nén) là: $N_k = N \cdot \sin \alpha$

- Thành phần gây cắt: $Q = N \cdot \cos \alpha$

Điều kiện cường độ:

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

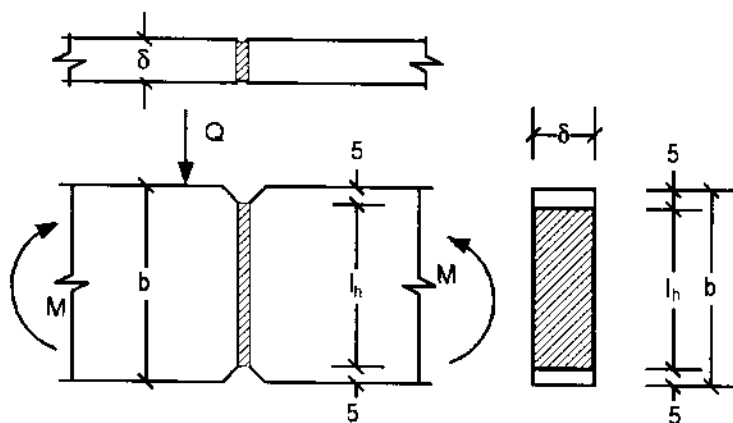
$$\tau = \frac{N \cdot \cos \alpha}{F_h} \leq \gamma R^c \quad (5-3)$$

Trong đó:

Các kí hiệu F_h , m - vận dụng như (5-1)

R^h và R^c - cường độ tính toán của đường hàn đối đầu khi chịu kéo (nén) và khi chịu cắt.

3.2. Khi đồng thời chịu lực cắt Q và mômen uốn M (Hình 5-9)



Hình 5-9

Đây là trường hợp đường hàn chịu uốn ngang phẳng, do đó điều kiện cường độ là:

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

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

Ngoài ra còn phải kiểm tra thành phần ứng suất tổ hợp

$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2} \leq \gamma R_k^h \quad (5-6)$$

Trong đó:

W_h : mô đun kháng uốn của tiết diện đường hàn; theo sơ đồ hình (5-9) thì

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

F_h : diện tích tiết diện đường hàn.

σ_{td} : ứng suất tương đương do tổ hợp hai thành phần ứng suất pháp và ứng suất tiếp.

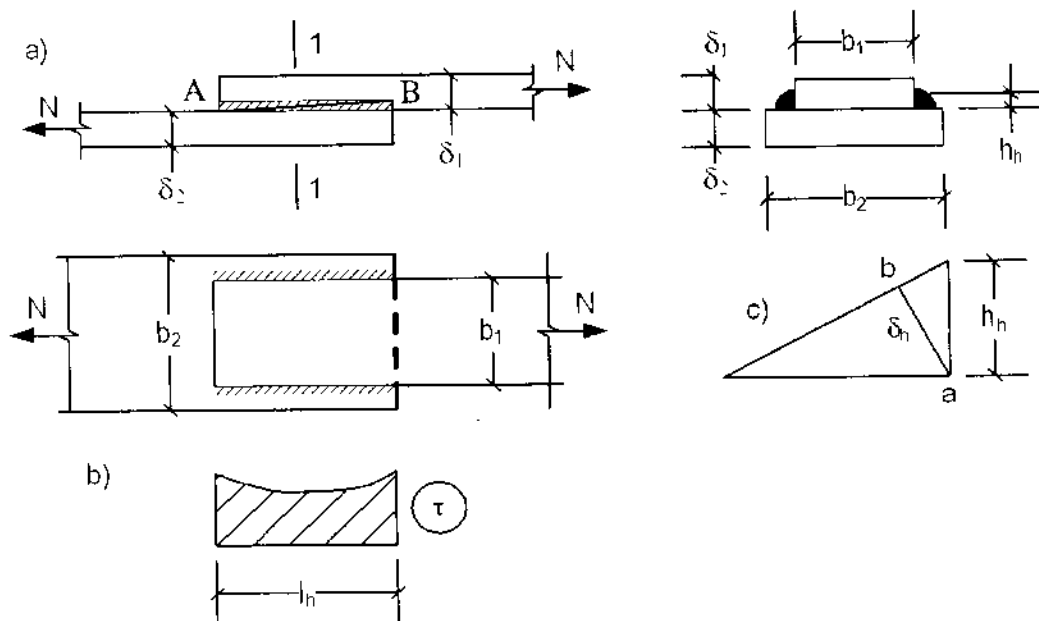
M, Q : mô men và lực cắt tính toán tác dụng lên đường hàn.

Chú ý: Công thức (5-5) chỉ là gần đúng vì thực tế ứng suất tiếp phân bố không đều.

4. Tính toán liên kết hàn góc

Theo tính chất cấu tạo, người ta chia đường hàn góc ra các trường hợp: đường hàn mép (góc cạnh), đường hàn góc đầu, đường hàn vòng.

4.1. Đường hàn mép (Hình 5-10)



Hình 5-10

Khi chịu lực ứng suất cắt (τ) phân bố không đều dọc theo chiều dài đường hàn (l_h), trị số ứng suất ở hai đầu đường hàn lớn hơn trị số ứng suất ở giữa đường hàn. Để hạn chế sự phân bố không đều đó, quy phạm quy định chiều dài đường hàn phải đảm bảo yêu cầu cấu tạo:

$$l_h \geq 40 \text{ mm và } l_h \geq 4h_h, \text{ đồng thời: } l_h \leq 85\beta_h \cdot h_h$$

Chiều cao đường hàn h_h cũng lấy theo quy định sau:

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

Trong đó: $\delta_{\min}$: chiều dày của bản thép mỏng nhất.

Thực tế chỉ lấy h_h tối đa bằng $\delta_{\min}$. Có thể chọn h_h theo bảng 5.4.

Bảng 5.4: Chiều cao nhỏ nhất của đường hàn góc $h_{h\min}$ (mm)

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

Với quy định như trên, khi tính toán người ta coi ứng suất tiếp phân bố đều trên mặt ab (Hình 5-10c) và khi bị phá hoại đường hàn bị trượt theo mặt AB (Hình 5-10a). Khi đó diện tích đường hàn F_h được xác định theo công thức:

$$F_h = \delta_h \sum l_h$$

Trong đó:

l_h : tổng chiều dài đường hàn liên kết.

h_h : chiều cao đường hàn.

β_h : hệ số chiều sâu nóng chảy của đường hàn (Bảng 5.5):

- Với đường hàn thoải và đường hàn thường: $\beta_h = 0,7$

- Với đường hàn sâu: $\beta_h = 1$

Bảng 5.5: Hệ số β_h và β_t của đường hàn góc

Phương pháp hàn và đường kính dây hàn d(mm) Hàn tự động khi d =3 - 5	Vị trí đường hàn trong không gian khi hàn	Hệ số	Giá trị của β_h và β_t khi chiều cao của đường hàn h_h (mm)			
			3 - 8	9 - 12	14 - 16	≥ 18
Hàn tự động, nửa tự động khi d =1,4 - 2	Nghiêng	β_h	1,1			0,7
		β_t	1,15			1
	Nằm	β_h	0,9	0,8	0,7	
		β_t	1,05	1,0		
Hàn tay, nửa tự động với dây hàn đặc d $\leq 1,4$ hoặc rỗng nhồi thuốc hàn	Nghiêng	β_h	0,7			
	Nằm					
	Đứng	β_t	1,0			
	Ngang					
	Ngược					

Điều kiện cường độ khi chịu lực dọc trục:

$$\tau = \frac{N}{\beta_h h_h \sum l_h} \leq \gamma R_g^h \quad (5-7a)$$

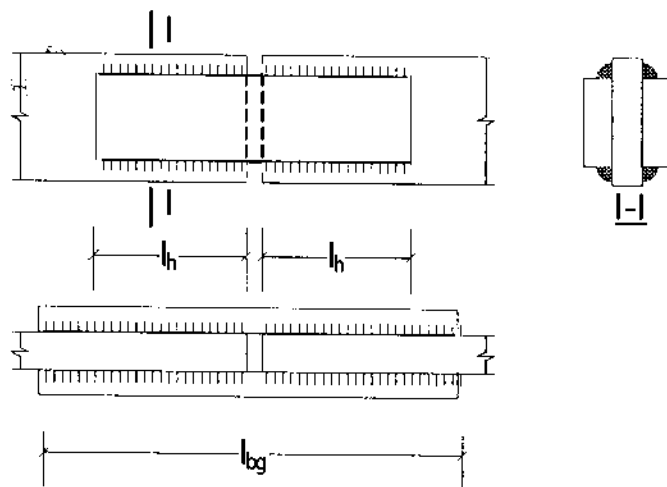
Trong đó: R_g^h : cường độ tính toán của đường hàn góc (Bảng 5-3).

Từ công thức (5.7a) ta tính được tổng chiều dài đường hàn trong liên kết:

$$\sum l_h \geq \frac{N}{\beta_h h_h \gamma R_g^h} \quad (5-7)$$

4.1.1. Trường hợp hàn chồng dùng đường hàn mép có bản ốp (Hình 5-11)

Vẫn sử dụng công thức (5-7) để tính tổng chiều dài đường hàn trong liên kết. Sau đó căn cứ chi tiết cấu tạo của liên kết mà phân phối chiều dài vào các đường hàn thành phần.



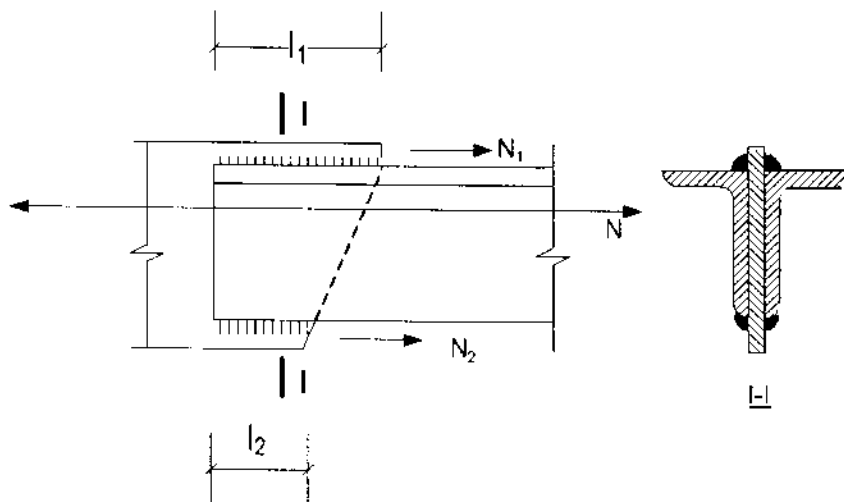
Hình 5-11

Theo hình 5-11 thì:

$$l_h = \frac{\sum l_h}{4}$$

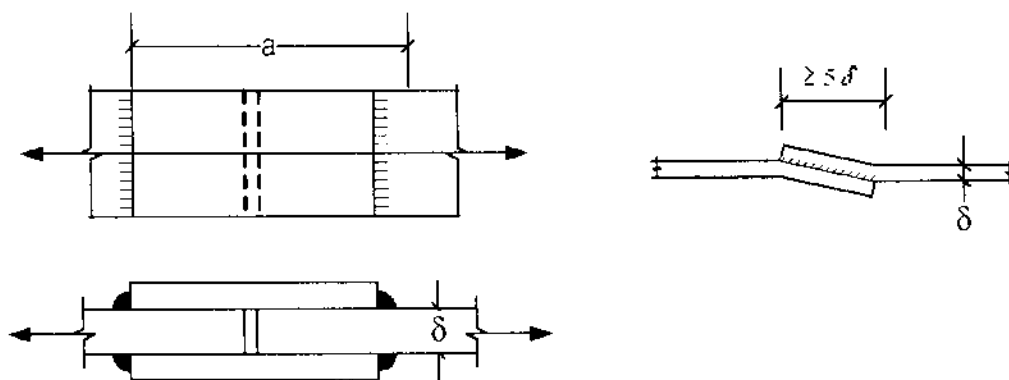
4.1.2. Hàn thép góc với thép bản

Khi liên kết thép bản với thép góc (Hình 5-12), dùng đường hàn mép có chiều cao h_1 ở sườn và h_2 ở cánh (như nhau), ta vẫn sử dụng công thức (5-7) để tính tổng chiều dài đường hàn ở sườn và ở cánh với nội lực phân phối trên các đường hàn đó.



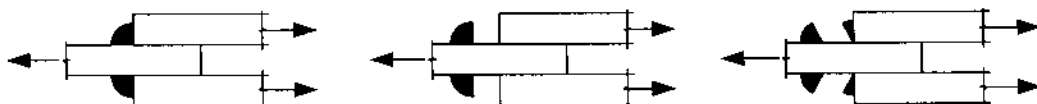
Hình 5-12

4.2. Hàn đầu (Hình 5-13)



Hình 5-13

Liên kết hàn góc dùng làm đường hàn đầu có mô đun biến dạng đàn hồi lớn hơn mô đun biến dạng đàn hồi của đường hàn mép, nhưng có biến dạng dài tương đối (ϵ) khi bị phá hoại rất nhỏ nên đường hàn thường bị phá hoại theo các hình thức sau (Hình 5-14):



Hình 5-14

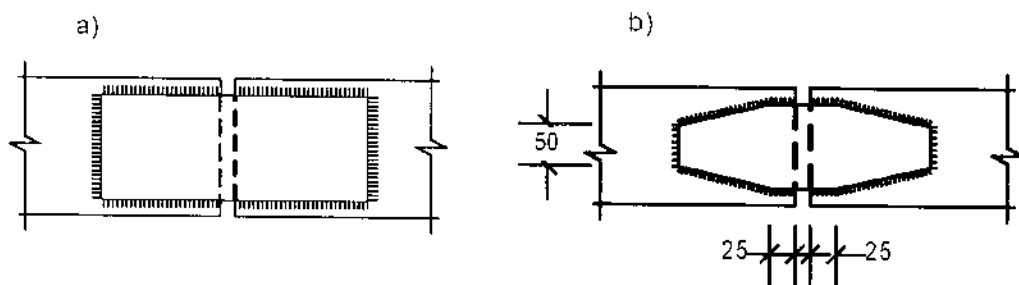
Tuy cường độ đường hàn đầu lớn hơn cường độ đường hàn mép, song để đơn giản và tiện khi tính toán vẫn sử dụng công thức (5-7). Để hạn chế hiện tượng tập trung ứng suất trong đường hàn quy định chiều dài bản ghép (l_{bg}) là phải đảm bảo:

$$a \geq \begin{cases} 60\text{mm} \\ 10\delta_{\max} \end{cases}$$

Trong đó: $\delta_{\max}$ - chiều dày của thép bản dày nhất.

4.3. Đường hàn vòng quanh

Kết hợp đường hàn đầu và đường hàn mép là đường hàn vòng quanh (Hình 5.15).



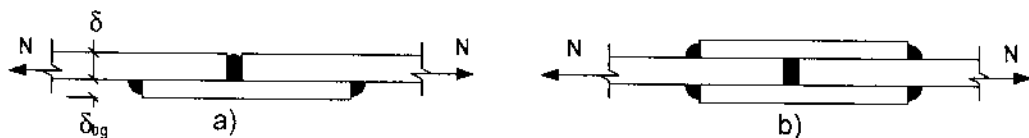
Hình 5-15

Để hạn chế hiện tượng tập trung ứng suất người ta cắt bỏ các góc của bản ghép (Hình 5-15 b). Khi tính toán vẫn sử dụng công thức (5-7). Chỉ lưu ý khi tính toán ra $\sum l_h$ là tổng chiều dài của cả đường hàn đầu và đường hàn mép.

Chú ý: Để phòng chất lượng ở hai đầu đường hàn không đảm bảo, chọn chiều dài thực tế lớn hơn chiều dài tính toán từ 10 - 30 mm.

4.6. Liên kết hàn hỗn hợp

Khi đường hàn đối đầu thẳng góc không đủ khả năng chịu lực, người ta gia cường thêm bằng cách dùng bản ghép để dùng thêm đường hàn góc tạo thành liên kết hàn hỗn hợp (hình 5-16)



Hình 5-16

a. Một bản ghép, b. Hai bản ghép

Ta biết cường độ đường hàn đối đầu tốt hơn đường hàn góc. Do đó, tùy theo liên kết có một bản ghép hay hai bản ghép mà ta có công thức tính toán và cường độ đường hàn tính toán khác nhau:

- Khi hàn có hai bản ghép:

$$\sigma = \frac{N}{F_b + \sum F_{bg}} \leq \gamma R^h \quad (5-8)$$

- Khi có một bản ghép:

$$\sigma = \frac{N}{F_b + F_{bg}} \leq \gamma R_g^h \quad (5-9)$$

Trong đó:

F_b : diện tích tiết diện thép cơ bản. Nó chính bằng diện tích đường hàn đối đầu.

F_{bg} và ΣF_{bg} : diện tích tiết diện bản ghép và tổng diện tích tiết diện các bản ghép.

R^h và R_g^h : cường độ chịu kéo (nén) của đường hàn đối đầu và của đường hàn góc.

γ : hệ số điều kiện làm việc, lấy theo quy phạm. Khi điều kiện làm việc bình thường lấy $\gamma = 1$.

Trong trường hợp có một bản ghép phải dùng R_g^h vì kể đến độ lệch tâm của đường hàn đầu.

5. Các ví dụ tính toán liên kết

Ví dụ 5-1:

Tính liên kết hàn có bản ghép khi dùng đường hàn mép để hàn hai thép cơ bản có tiết diện ngang $F_b=280 \times 12 \text{ mm}^2$ chịu lực kéo tính toán $N_k=750 \text{ KN}$. Biết thép cơ bản là loại CT3, có $\sigma_b^c=22 \text{ daN/mm}^2$. Điều kiện làm việc bình thường.

Lời giải:

Để đảm bảo đủ chịu lực kéo $N_k=750 \text{ KN}$ thì tổng diện tích tiết diện ngang của các bản ghép phải thỏa mãn:

$$\Sigma F_{bg} > F_b$$

Ta chọn kích thước bản ghép $F_{bg} = 260 \times 8 (\text{mm}^2)$.

$$2F_{bg} = 2.260.8 = 41,6 \text{ cm}^2 > F_b = 28.1,2 = 33,6 \text{ cm}^2.$$

Chọn chiều cao $h_b = 0,8 \text{ cm}$.

Que hàn E42, đường hàn góc thường, thép cơ bản có:

$$\sigma_b^c = 2200 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} < 4300 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Tra bảng 5.3} \rightarrow R_{gh} = 1800 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

Tổng chiều dài đường hàn trong liên kết (ở một nửa liên kết):

$$\Sigma l_h \geq \frac{N}{\gamma \cdot \beta_h \cdot h_b \cdot R_g^h}$$

Điều kiện làm việc bình thường $\gamma = 1$:

$$\Sigma l_h \geq \frac{750.10^3}{1.0.7.0,8.1800} = 74,4 \text{ cm}$$

Chiều dài đường hàn: $l = \frac{\sum l_h}{4} = \frac{74,4}{4} = 18,6\text{cm}$

Để phòng chất lượng ở hai đầu đường hàn không đảm bảo lấy $l_h = 20\text{cm}$.

Kiểm tra cấu tạo đường hàn:

$$85.\beta_h.h_h = 85.0,7.0,8 = 47,6\text{cm}$$

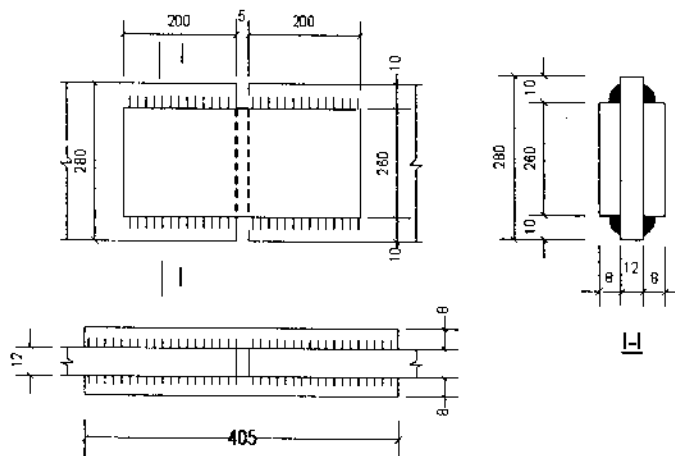
$$4h_h = 4.0,8 = 3,2\text{cm}$$

$$\left. \begin{array}{l} + l_h = 20\text{cm} < 85.\beta_h.h_h = 47,6\text{cm} \\ + l_h = 20\text{cm} > 4h_h = 3,2\text{cm} \\ + l_h = 20\text{cm} > 4\text{cm} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{Thỏa mãn:}$$

Chiều dài đường hàn ghép: $l = 2.l_h = 2.20 = 40\text{cm}$.

Chọn khe hở giữa hai thép cơ bản là 5mm ta có $l_{bg} = 40 + 0,5 = 40,5\text{cm}$.

Xem hình 5-17



Hình 5-17

Ví dụ 5-2:

Tính liên kết hàn hai thép cơ bản có tiết diện $F_b = 250.12 \text{ (mm}^2\text{)}$, chịu lực kéo tính toán $N_k = 620\text{KN}$. Thép hàn là loại CT3, có $\sigma_b^c = 2200 \text{ daN/cm}^2$, que hàn E.42, điều kiện làm việc bình thường. Yêu cầu dùng đường hàn vòng có bản ốp. Xem hình 5-18

Lời giải:

- Chọn tiết diện bản ốp: $F_{bg} = 200.8 \text{ (mm}^2\text{)}$.

$$2F_{bg} = 2.200.8 = 3200\text{mm}^2 > F_b = 250.12 = 3000\text{mm}^2.$$

- Chọn $h_h = 8\text{mm} = 0,8\text{cm}$
- Tổng chiều dài các đường hàn ở về một phía của liên kết:

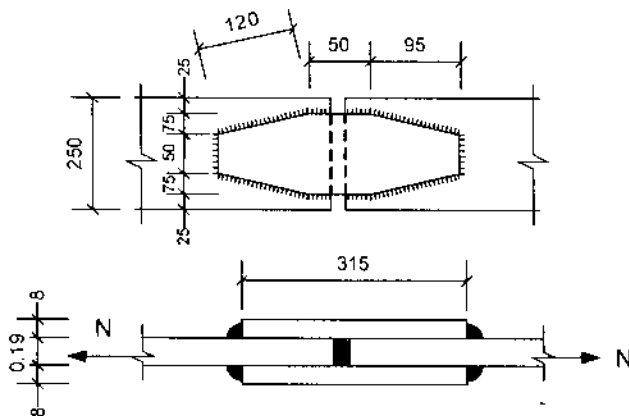
$$\sum l_h \geq \frac{N}{\gamma \cdot \beta_h \cdot h_h \cdot R_g^h} = \frac{620 \cdot 10^2}{1,0 \cdot 7,0 \cdot 8 \cdot 1800} = 61,51\text{cm}$$

Lấy $\sum l_h = 68\text{cm}$

Tổng chiều dài đường hàn được phân phối vào các đường hàn như trình bày trên hình 5-18:

$$l_{bg} = 2(2,5 + \sqrt{12^2 - 7,5^2}) = 23,8 \approx 24\text{cm}$$

Để kể đến khe hở lấy $b_{bg} = 245\text{mm}$.



Hình 5-18

Ví dụ 5-3:

Tính liên kết hàn giữa hai thép góc $\angle 100.12$ với thép bản dày 14mm, chịu lực kéo tính toán $N_k = 960\text{ KN}$. Thép loại CT3, có $\sigma_b^c = 2200\text{ daN/cm}^2$, dùng que hàn E.42. Hệ số $\gamma = 1$.

Lời giải:

Nhìn ký hiệu, ta biết đây là thép đều cạnh.

- Chọn chiều cao đường hàn $h_h = 8\text{ mm}$.
- Tổng chiều dài đường hàn phía sống thép góc:

$$\sum l_1 \geq \frac{N_t}{\gamma \cdot \beta_h \cdot h_h \cdot R_g^h} = \frac{0,7 \cdot 960 \cdot 10^2}{1,0 \cdot 7,0 \cdot 8 \cdot 1800} = 66,7\text{cm}$$

$$l_1 = \frac{\sum l_1}{2} = \frac{66,7}{2} = 33,3\text{cm}$$

Lấy $l_1 = 35\text{cm}$. Xem hình 5-19

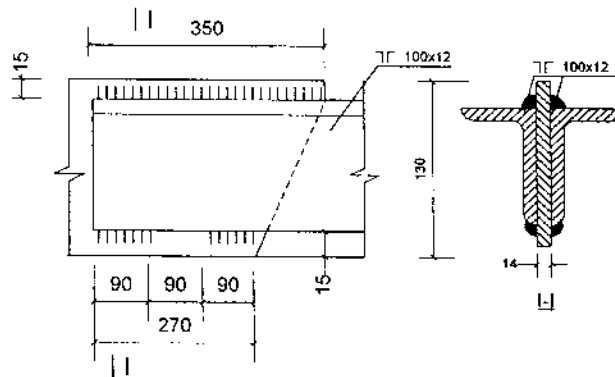
- Chiều dài đường hàn phía cánh thép góc:

$$\sum l_2 \geq \frac{N_2}{\gamma \cdot \beta_h \cdot h_h \cdot R_g} = \frac{0,3.960.10^2}{1,0.7,0.8.1800} = 28,6\text{cm}$$

$$l_2 = \frac{\sum l_1}{2} = \frac{28,6}{2} = 14,3\text{cm}$$

Lấy $l_2 = 18\text{cm}$.

Chi tiết liên kết như hình 5-19.



Hình 5-19

B. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CƠ BẢN

III. CỘT CHỮ I ĐỊNH HÌNH CHỊU NÉN ĐÚNG TÂM

Căn cứ vào sơ đồ tính ta chọn được tiết diện bất lợi sau đó xác định tiết diện cột.

Diện tích tiết diện được xác định theo công thức:

$$F_{yc} \geq \frac{N}{\varphi \cdot R} \quad (5-10)$$

Trong đó:

F_{yc} : diện tích yêu cầu của tiết diện.

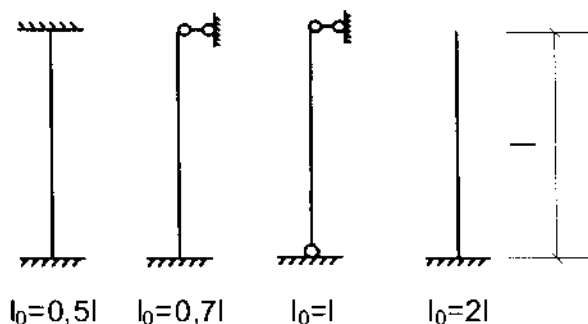
N : lực dọc tính toán tại tiết diện bất lợi.

R : cường độ tính toán của thép.

φ : hệ số uốn dọc, phụ thuộc độ mảnh λ của cột, $\lambda = \frac{l_0}{r_{\min}}$

$r_{\min}$: bán kính quán tính nhỏ nhất của tiết diện.

l_0 : chiều dài tính toán của cột phụ thuộc liên kết hai đầu cột.



Theo công thức (5-10), muốn xác định được F_{yc} phải biết φ . Mà φ lại phụ thuộc vào tiết diện cột, do đó ta phải tính toán theo phương pháp đúng đắn.

Đầu tiên phải giả thiết độ mảnh λ , khi cột cao 5 - 6m:

- Nếu lực nén $N > 1500 \text{ KN}$ thì giả thiết $\lambda = 70 - 100$
- Nếu lực nén $N > 2500 \text{ KN}$ thì giả thiết $\lambda = 50 - 70$.

Có λ tra bảng (phụ lục 8) tìm φ . Thay φ vào công thức (5-10) để xác định F_{yc} . Từ F_{yc} tra phụ lục 11 chọn thép I. Muốn biết tiết diện I vừa chọn có đủ khả năng chịu lực không ta phải kiểm tra theo trình tự sau:

Từ thép I vừa chọn, tra phụ lục 11 diện tích tiết diện F , bán kính quán tính nhỏ nhất $r_{\min}$. Sau đó xác định độ mảnh theo phương bất lợi.

$$\lambda_{\max} = \frac{l_0}{r_{\min}} \rightarrow \text{tra phụ lục 8 tìm } \varphi \text{ rồi kiểm tra theo công thức:}$$

$$[N] = \varphi \cdot R \cdot F \geq N \quad (5-11)$$

Trong đó: $[N]$ là khả năng chịu lực của tiết diện cột.

Nếu kiểm tra thấy tiết diện không đảm bảo phải chọn lại tiết diện lần thứ hai với thép chữ I lớn hơn, cứ tính dần như vậy cho đến khi tiết diện đảm bảo điều kiện (5-11) là đạt yêu cầu.

Ví dụ 5-4:

Chọn tiết diện cho một cột đặc chịu nén đúng tâm cao 4,5m, chịu tác dụng của tải trọng tập trung đặt tại đầu cột là:

- Tính tải $Q_{tc} = 600 \text{ KN}$, hệ số vượt tải $n_1 = 1,1$.
- Hoạt tải $P_{tc} = 1500 \text{ KN}$, hệ số vượt tải $n_2 = 1,2$

Biết cột được ngàm với móng, khớp với sàn. Vật liệu dùng là thép CT3, loại I định hình. Bỏ qua trọng lượng bản thân.

Lời giải:

Bước 1. Xác định tiết diện:

$$F_{yc} \geq \frac{N}{\varphi.R}$$

$$N = Q_{tt} + P_{tt} = Q_{tc} \cdot n_1 + P_{tc} \cdot n_2 = 600.1,1 + 1500.1,2 = 2460 \text{KN}$$

Giả thiết $\lambda = 70$, tra bảng $\varphi = 0,81$

$$F_{yc} \geq \frac{2460.10^2}{0,81.2100} = 145 \text{cm}^2$$

Chọn thép I.65 có $F = 151 \text{ cm}^2$

$$r_{\min} = 3,79 \text{cm}$$

Bước 2: Kiểm tra tiết diện I.65:

$$\lambda = \frac{l_0}{r_{\min}} = \frac{0,7.1}{r_{\min}} = \frac{0,7.450}{3,79} = 83$$

$$\lambda_{\max} = 83 \rightarrow \varphi = 0,732$$

$$[N] = \varphi.R.F = 0,732.21.151 = 2320 \text{KN}$$

$$[N] = 2320 \text{KN} < N = 2460 \text{KN}$$

Vậy I.65 không đủ khả năng chịu lực, phải chọn lại.

$$\text{Chọn I.70, ta có: } \begin{cases} F = 174 \text{cm}^2 \\ r_{\min} = 3,96 \text{cm} \end{cases}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{l_0}{r_{\min}} = \frac{0,7.450}{3,96} = 79,5$$

$$\lambda_{\max} = 79,5 \rightarrow \varphi = 0,75$$

$$[N] = 0,75.21.174 = 2740 \text{KN} > N = 2460 \text{KN}.$$

Kết luận: Với tiết diện I.70 cột đủ khả năng chịu lực.

IV. DẦM CHỮ I ĐỊNH HÌNH

1. Tính toán điều kiện cường độ

Xét cấu kiện chịu uốn có tiết diện như hình vẽ (Hình 5-20a).

Áp dụng công thức kiểm tra cấu kiện chịu uốn:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} \leq R \quad (5.12)$$

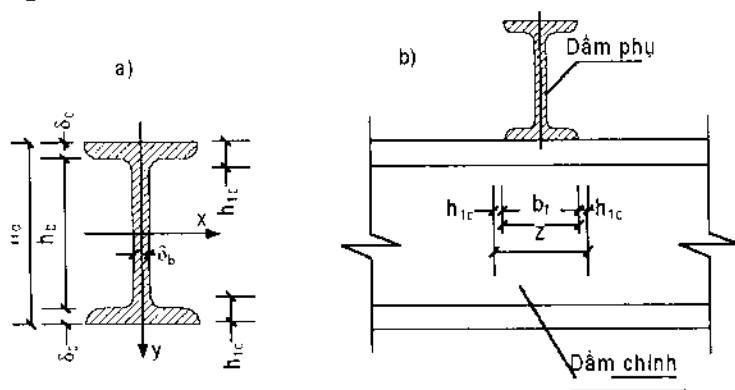
Trong đó:

$\sigma_{\max}$: ứng suất tại vị trí bất lợi do mômen uốn gây ra.

$M_{\max}$: mômen uốn tại tiết diện bất lợi do tải trọng tính toán.

W_x : mômen kháng uốn của tiết diện bất lợi.

R : cường độ tính toán của vật liệu làm dầm.



Hình 5-20

Chú ý:

Khi dầm có tải trọng tập trung (lực cục bộ) tác dụng (Hình 5-20b), ta phải kiểm tra ứng suất cục bộ phát sinh trong bản bụng dầm ngay dưới nơi đặt tải có vượt quá khả năng chịu lực của bản bụng không với giả thiết: ứng suất cục bộ (σ_{cb}) phân bố đều trên đoạn dầm có chiều dài là z với:

$$Z = b_f + 2h_{1c}$$

Trong đó:

b_f : chiều rộng đặt lực, chính là chiều rộng của cánh dầm phụ.

h_{1c} : khoảng cách từ vị trí đặt lực đến bản bụng dầm chính (gồm chiều dày cánh và phần bán kính cong giữa cánh và bụng dầm).

Công thức kiểm tra ứng suất cục bộ:

$$\sigma_{cb} = \frac{P_{cb}''}{\delta_b \cdot z} \leq R \quad (5-13)$$

Trong đó:

σ_{cb} : ứng suất cục bộ do lực cục bộ tính toán gây ra.

P_{cb}'' : lực cục bộ tính toán.

δ_b : chiều dày bản bụng dầm chính.

R: cường độ tính toán của thép làm dầm chính.

Nhìn vào công thức (5-13) ta thấy phần bản bụng dầm chính dưới lực cục bộ làm việc như một cấu kiện chịu nén, với lực nén là P_{cb} và có tiết diện là $F_{cb} = \delta_b \cdot z$

2. Kiểm tra độ võng (điều kiện biến dạng)

Kiểm tra độ võng theo công thức của sức bền vật liệu:

$$\frac{f_{max}}{l} = k_1 \frac{P_{tc} \cdot l^2}{E \cdot J_x} \leq \frac{1}{n_0} \quad (5-14)$$

Trong đó:

$\frac{f_{max}}{l}$: độ võng tương đối tại vị trí bất lợi do tải trọng tiêu chuẩn gây ra.

k_1 : hệ số tính võng, phụ thuộc vào sơ đồ tính, chẳng hạn, với dầm đơn giản:

+ Khi chịu tải phân bố đều $k_1 = 5/384$

+ Khi chịu tải tập trung đặt ở giữa dầm $k_1 = 1/48$

P_{tc} : tổng tải trọng tiêu chuẩn tác dụng lên dầm.

l: nhịp dầm.

E: mô đun đàn hồi của thép làm dầm.

J_x : mômen quán tính của tiết diện đang xét lấy với trục x.

$\frac{1}{n_0}$: độ võng tương đối cho phép lấy theo quy phạm.

3. Ổn định tổng thể

Đây là điều kiện mà chỉ riêng dầm thép mới phải tính toán kiểm tra ổn định tổng thể phụ thuộc vào đặc điểm làm việc của vật liệu. Người ta gọi $\varphi_{đ}^{gh}$ là tỉ số giữa ứng suất tỉ lệ và ứng suất chảy.

$$\varphi_d^{gh} = \frac{\sigma_{tl}}{\sigma_c}$$

Với thép CT3: $\sigma_{tl} = 2000 \text{ daN/cm}^2$, $\sigma_c = 2000 \text{ daN/cm}^2$

Ta có: $\varphi_d^{gh} = 0,85$

Như vậy:

- Nếu $\varphi_d < \varphi_d^{gh} = 0,85$: vật liệu làm việc trong giai đoạn đàn hồi. Khi đó công thức kiểm tra ổn định tổng thể của dầm sẽ là:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{\varphi_d W_x} \leq R \quad (5-15)$$

- Nếu $\varphi_d > \varphi_d^{gh} = 0,85$: vật liệu làm việc trong giai đoạn đàn hồi dẻo, lúc này công thức (5.15) không còn phù hợp nữa, công thức kiểm tra ổn định tổng thể có dạng:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{\varphi_d^* W_x} \leq R \quad (5-16)$$

φ_d, φ_d^* : các hệ số làm giảm khả năng chịu lực của dầm khi xét về ổn định tổng thể ứng với vật liệu làm việc ở trong giai đoạn đàn hồi và đàn hồi dẻo. Chúng được xác định theo các công thức sau:

$$\varphi_d = \psi \cdot \frac{J_y}{J_x} \left(\frac{h_d}{l} \right)^2 \cdot 10^3$$

$$\varphi_d^* = 1,204 - \frac{0,316}{\sqrt{\varphi_d}}$$

ψ : (fờ xi) phụ thuộc vào hệ số α . Quan hệ giữa ψ và α được tính sẵn và lập thành bảng 5.6

α : được xác định theo công thức:

$$\alpha = 1,54 \frac{J_k}{J_y} \left(\frac{l}{h_d} \right)^2$$

Trong đó:

J_x, J_y : mômen quán tính lấy với trục x, trục y.

J_k : mômen quán tính khi xoắn. Lấy theo bảng 5.7

h_d : chiều cao tiết diện dầm.

Một dầm I định hình muốn đủ khả năng chịu lực phải thoả mãn các điều kiện kiểm tra nói trên.

Vậy muốn thiết kế tiết diện dầm I định hình ta có thể từ điều kiện (5-12) và (5-13) xác định W_x^{yc} và J_x^{yc} . Sau đó tra bảng I định hình để chọn thép I và kiểm tra các điều kiện chịu lực cần thiết. Việc chọn thép có thể phải thay đổi nhiều lần mới đảm bảo.

Bảng 5.6: Hệ số ψ đối với dầm chữ I bằng thép CT3, CT4

α	Hệ số với dầm không có cốt kết trong nhịp			
	Khi tải trọng tập trung đặt ở		Khi tải trọng phân bố đều đặt ở	
	Cánh trên	Cánh dưới	Cánh trên	Cánh dưới
0.1	1.73	5.0	1.57	3.81
0.4	1.77	5.03	1.60	3.85
1	1.85	5.11	1.67	3.90
4	2.21	5.47	1.98	4.23
8	2.63	5.91	2.35	4.59
16	3.37	6.65	2.99	5.24
24	4.03	7.31	3.55	5.59
32	4.59	7.92	4.04	6.25
48	5.6	8.88	4.9	7.13
64	6.52	9.80	5.65	7.92
80	7.31	10.59	6.3	8.58
96	8.05	11.29	6.93	9.21
128	9.4	12.67	8.05	10.59
160	10.59	13.83	9.04	11.30
240	13.2	16.36	11.21	13.48
320	15.31	18.55	13.04	15.29
400	17.24	20.48	14.57	16.80

Bảng 5.7: Mômen quán tính khi tính xoắn (J_k) của thép cán

N^0I	$J_k (cm^2)$	N^0I	$J_k (cm^2)$	N^0I	$J_k (cm^2)$
10	2.28	24	11.1	50	75.4

12	2.88	24a	12.8	55	100
14	3.59	27	13.6	60	135
16	4.46	27a	16.7	65	180
18	5.60	30	17.4	70	244
18a	6.54	30a	20.3	70a	352
20	6.92	33	23.8	70b	534
20a	7.94	36	31.4		
22	9.60	40	40.6		
22a	9.77	45	54.7		

Ví dụ 5-5:

Thiết kế tiết diện cho một dầm đơn giản, nhịp 6m, chịu tải trọng phân bố đều $q_{tt} = 30\text{KN/cm}^2$, hệ số vượt tải $n = 1,2$. Biết dầm làm bằng thép I định hình, loại CT3. Độ võng tương đối cho phép $1/n_0 = 1/400$, $E = 2,1.10^6 \text{ daN/cm}^2$.

Lời giải:

Bước 1: Xác định tiết diện:

$$W_x^{yo} \geq \frac{M_{\max}}{R}$$

$$M_{\max} = \frac{q_{tt} l^2}{8} = \frac{30.6^2}{8} = 135\text{KNm} = 135.10^4 \text{ daNcm}.$$

Thép CT3 có $R = 2100 \text{ daN/cm}^2$.

$$W_x^{yc} \geq \frac{135.10^4}{2100} = 642,86\text{cm}^3$$

$$\text{Tra bảng I định hình chọn thép I.36} \begin{cases} W_x = 743\text{cm}^3; W_y = 516\text{cm}^3 \\ J_x = 13380\text{cm}^4; J_y = 31,4\text{cm}^4 \\ h_d = 36\text{cm} \end{cases}$$

Bước 2: Kiểm tra khả năng chịu lực của I.36:

Kiểm tra điều kiện biến dạng:

$$\frac{f_{\max}}{l} = k_1 \frac{P_{tc} \cdot l^2}{E \cdot J_x} \leq \frac{1}{n_0}$$

Với dầm đơn giản, chịu tải phân bố đều $k_1 = 5/384$. $P_{tc} = q_{tc} \cdot l$

$$\frac{f_{\max}}{l} = \frac{5}{384} \frac{q_{tc} l^3}{EJ_x} = \frac{5}{384} \frac{30.4^3 \cdot 10^6}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 13380} = \frac{1}{400}$$

$$\frac{f_{\max}}{l} = \frac{1}{400} = \frac{1}{n_0} \rightarrow \text{Điều kiện biến dạng đảm bảo.}$$

Điều kiện ứng suất cục bộ. Trên dầm không có lực cục bộ nên không phải kiểm tra.

Kiểm tra điều kiện ổn định tổng thể:

$$\alpha = 1,54 \cdot \frac{J_k}{J_y} \left(\frac{l}{h_d} \right)^2 = 1,54 \cdot \frac{31,4}{516} \left(\frac{600}{36} \right)^2 = 25,6$$

Tra bảng theo phương pháp nội suy ta có:

$$\alpha = 25,6 \rightarrow \psi = 3,65$$

$$\varphi_d = \psi \cdot \frac{J_y}{J_x} \left(\frac{h_d}{l} \right)^2 \cdot 10^3 = 3,65 \cdot \frac{516}{13380} \left(\frac{36}{600} \right)^2 \cdot 10^3 = 0,5$$

$$\varphi_d = 0,5 < 0,85 \rightarrow \text{Dùng công thức (5-15) để kiểm tra:}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{\varphi_d \cdot W_x} \leq R$$

$$\sigma_{\max} = \frac{135 \cdot 10^2}{0,5 \cdot 743} = 3634 \text{ daN/cm}^2 > R = 23 \text{ KN/cm}^2$$

Như vậy, I.36 không đủ chịu lực.

Ta chọn thép I.50

$$\text{Với I.50 có } \begin{cases} W_x = 1570 \text{ cm}^3 & J_x = 39290 \text{ cm}^4 \\ J_y = 1040 \text{ cm}^4 & J_k = 75,4 \text{ cm}^4 \\ h_d = 50 \end{cases}$$

Kiểm tra I.50 với điều kiện ổn định tổng thể:

$$\alpha = 1,54 \cdot \frac{J_k}{J_y} \left(\frac{l}{h_d} \right)^2 = 1,54 \cdot \frac{75,4}{1040} \left(\frac{600}{50} \right)^2 = 16,35$$

Tra bảng theo phương pháp nội suy ta có:

$$\alpha = 16,35 \rightarrow \psi = 2,99$$

$$\varphi_d = \psi \cdot \frac{J_y}{J_x} \left(\frac{h_d}{1} \right)^2 \cdot 10^3 = 2,99 \cdot \frac{1040}{29290} \left(\frac{50}{600} \right)^2 \cdot 10^3 = 0,55$$

$\varphi_d = 0,55 < 0,85 \rightarrow$ Dùng công thức (5-15) để kiểm tra:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{\varphi_d \cdot W_x} = \frac{135 \cdot 10^2}{0,55 \cdot 1570} = 17,62 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2} < R = 23 \text{KN} / \text{cm}^2$$

Điều kiện ổn định tổng thể đảm bảo.

Kết luận: Tiết diện I.50, đảm đủ khả năng chịu lực.

Phần bốn

KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP

Chương 6

KHÁI NIỆM CHUNG VỀ KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP (BTCT)

Mục tiêu: Học xong chương này học sinh phải đạt được các yêu cầu sau:

- Nắm được đặc điểm chịu lực của BTCT.
- Biết được các loại kết cấu BTCT.
- Phân biệt được các loại cường độ của bê tông, của cốt thép.
- Hiểu được mác bê tông, phân biệt được mác bê tông theo khả năng chịu nén của bê tông.
- Biết được cấu tạo cốt thép trong bê tông.
- Biết ảnh hưởng của thi công tới chất lượng bê tông.

Trọng tâm:

- Hiểu được mác bê tông theo cường độ chịu nén. Biết các loại cốt thép làm cốt trong BTCT. Ảnh hưởng của thi công tới chất lượng BTCT.

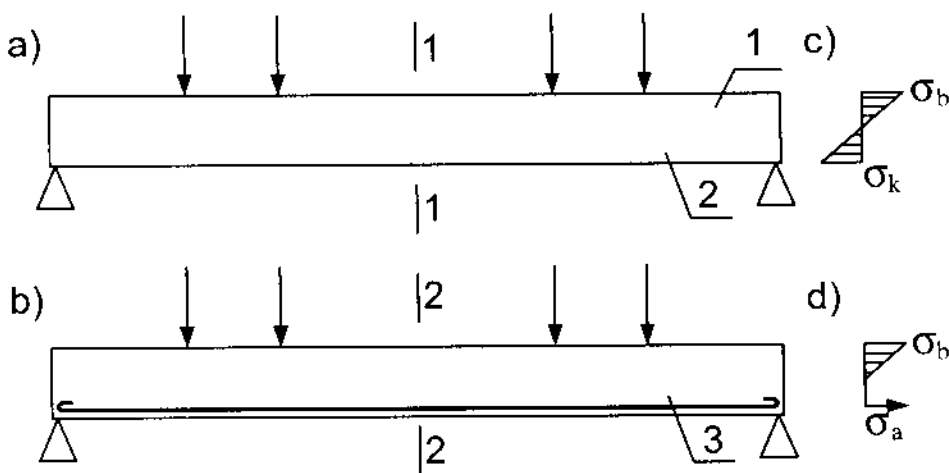
I. KHÁI NIỆM CHUNG

1. Bê tông cốt thép

Bê tông cốt thép (BTCT) là một loại vật liệu xây dựng hỗn hợp do bê tông và cốt thép cùng kết hợp chịu lực với nhau.

Bê tông là một loại đá nhân tạo được tạo ra từ xi măng, cát và đá (hoặc sỏi) nhờ sự thủy hoá của nước. Đây là loại vật liệu chịu nén khá nhưng chịu kéo rất kém.

Cốt thép là loại vật liệu chịu kéo và chịu nén đều tốt. Do đó, người ta đặt cốt thép vào trong bê tông để tăng khả năng chịu lực cho kết cấu. Bởi vậy đã ra đời vật liệu bê tông cốt thép.



Hình 6-1

Thí nghiệm uốn một dầm bê tông trên hình 6-1a người ta thấy: khi ứng suất kéo σ_k vượt quá cường độ chịu kéo của bê tông thì vết nứt xuất hiện tại vùng kéo. Vết nứt tiến dần lên phía trên và dầm bị gãy khi σ_b còn rất nhỏ so với cường độ chịu nén của bê tông. Như vậy là bê tông chưa sử dụng hết khả năng chịu lực của nó ở vùng nén. Nếu đặt cốt thép vào vùng bê tông chịu kéo, lực kéo sẽ do cốt thép chịu, do đó có thể tăng tải trọng đến khi ứng suất σ_b đạt tới cường độ chịu nén của bê tông và ứng suất σ_a đạt tới cường độ chịu kéo của cốt thép. Kết quả là dầm BTCT có thể chịu được tải trọng lớn hơn dầm bê tông có cùng kích thước tới hàng chục lần.

Vì cốt thép chịu nén cũng tốt nên nó cũng được đặt vào bê tông để chịu nén như vùng nén của cầu kiện chịu uốn phẳng, trong cột, trong thanh nén của dàn nhằm tăng khả năng chịu lực, giảm kích thước tiết diện.

Bê tông và cốt thép có thể cùng phối hợp chịu lực là do:

- Bê tông và cốt thép dính chặt với nhau nên lực từ bê tông có thể truyền sang cốt thép và ngược lại. Lực dính đóng vai trò quan trọng đặc biệt đối với

BTCT. Nhờ có lực dính mà cường độ của cốt thép được khai thác, bề rộng vết nứt trong vùng kéo được hạn chế... Do vậy, người ta phải tìm mọi cách để tăng cường lực dính giữa bê tông và cốt thép.

- Giữa bê tông và cốt thép không xảy ra phản ứng hóa học, ngược lại, bê tông còn bao bọc, bảo vệ cốt thép tránh được tác động, ảnh hưởng của môi trường như ăn mòn, nhiệt độ thay đổi... Do vậy, khi thi công BTCT cần thận trọng trong việc sử dụng các phụ gia hóa dẻo và phụ gia đông kết nhanh, không dùng phụ gia có tính ăn mòn cốt thép, cần đảm kỹ để đảm bảo độ đặc chắc cần thiết.

- Bê tông và cốt thép có hệ số giãn nở vì nhiệt gần bằng nhau ($\alpha_b = 0,000010 + 0,000015$; $\alpha_s = 0,000012$). Nếu nhiệt độ thay đổi trong phạm vi thông thường (dưới 100°C), trong kết cấu BTCT không xảy ra hiện tượng nội ứng suất đáng kể dẫn đến phá hoại lực dính giữa bê tông và cốt thép.

2. Phân loại kết cấu bê tông cốt thép

2.1. Theo phương pháp thi công: được chia ra làm ba loại

** BTCT toàn khối (BTCT đổ tại chỗ):*

Người ta ghép ván khuôn, đặt cốt thép và đổ bê tông ngay tại vị trí thiết kế của kết cấu. Do kết cấu đổ liền (liên tục) nên giữa các cấu kiện được dính toàn khối với nhau nên chắc chắn làm tăng độ cứng của kết cấu, khả năng chịu lực động tốt. Tuy nhiên, có nhược điểm là tốn vật liệu làm ván khuôn và cột chống; khi thi công chịu ảnh hưởng của thời tiết. Thời gian thi công bị kéo dài do yêu cầu kỹ thuật và điều kiện thời tiết.

** BTCT lắp ghép:*

Người ta phân chia kết cấu thành những cấu kiện riêng biệt để chế tạo trong nhà máy hoặc sân bãi rồi vận chuyển đến công trường lắp dựng. Loại này khắc phục được nhược điểm của BTCT toàn khối nhưng tại mỗi nối khó đảm bảo chất lượng. BTCT lắp ghép chỉ thực sự tối ưu khi các kết cấu, các cấu kiện được điển hình hoá để xây dựng hàng loạt công trình sử dụng chúng.

** BTCT nửa lắp ghép:*

Người ta lắp ghép các cấu kiện được chế tạo chưa hoàn chỉnh rồi đặt thêm cốt thép, ghép ván khuôn và đổ phần còn lại bao gồm cả mối nối. Loại này khắc phục được nhược điểm và phát huy được ưu điểm của cả hai loại kết cấu trên. Tuy nhiên, việc tổ chức thi công phần đổ tại chỗ có nhiều phức tạp và đặc biệt phải xử lý tốt mặt mối nối giữa bê tông đổ trước và bê tông đổ sau.

2.2. Theo ứng suất trong cốt thép: có hai loại

** BTCT thường:*

Là kết cấu BTCT dùng cốt thép ở trạng thái tự nhiên.

** BTCT dự ứng lực (BTCT ứng suất trước):*

Là kết cấu BTCT dùng thép được kéo trước trong quá trình thi công.

3. Ưu nhược điểm của BTCT

3.1. Ưu điểm

- Sử dụng được các vật liệu địa phương như xi măng, cát, đá, sỏi và sử dụng ít cốt thép là loại vật liệu có giá thành cao tại Việt Nam.
- Có khả năng chịu lực lớn hơn so với kết cấu gạch đá và kết cấu gỗ. Nó chịu tốt các loại tải trọng rung động kể cả tải trọng động đất.
- Bền và ít tốn chi phí bảo dưỡng trong quá trình sử dụng.
- Có khả năng chịu nhiệt. Bê tông bảo vệ cốt thép không bị nung nóng nhanh chóng tới nhiệt độ nguy hiểm. Nếu lớp bê tông bảo vệ dày 2,5cm và nhiệt độ bên ngoài là 1000°C thì phải sau 1 giờ cốt thép mới nóng tới 550°C . Tuy nhiên, nếu kết cấu làm việc thường xuyên ở nhiệt độ $150 \div 250^{\circ}\text{C}$ thì phải dùng loại bê tông chịu nhiệt.
- Cấu kiện được đúc theo hình ván khuôn nên việc tạo được hình dáng phù hợp yêu cầu thiết kế tương đối dễ dàng.

3.2. Nhược điểm

- Trọng lượng bản thân lớn, rất bất lợi cho những kết cấu có nhịp lớn và kết cấu lắp ghép vì chi phí cho vận chuyển và dựng lắp lớn. Nhược điểm này được khắc phục bằng cách dùng loại bê tông nhẹ, bê tông ứng lực trước và các loại kết cấu nhẹ như vỏ mỏng...
- Kết cấu bê tông cốt thép cách âm, cách nhiệt kém. Để khắc phục phải dùng các dạng kết cấu có lỗ rỗng.
- Công tác thi công đổ tại chỗ phức tạp và chịu ảnh hưởng của thời tiết, việc kiểm tra chất lượng khó. Để khắc phục người ta dùng BTCT lắp ghép hoặc điển hình hoá việc làm ván khuôn, công xưởng hoá gia công cốt thép, trộn bê tông và đặc biệt cơ giới hoá cao độ khâu đổ bê tông như bê tông thương phẩm (bê tông tươi).

- Có nhiều nguyên nhân làm kết cấu BTCT xuất hiện vết nứt nên khi thiết kế, thi công phải chú ý để không xuất hiện vết nứt hoặc hạn chế khe nứt, tránh ảnh hưởng tới việc sử dụng bình thường của kết cấu.

II. TÍNH CHẤT CƠ HỌC CỦA VẬT LIỆU

1. Bê tông (BT)

Trong giáo trình “Vật liệu đại cương” cho ta biết nhiều cách phân loại bê tông: bê tông đặc, bê tông xốp, bê tông nặng, bê tông nhẹ, bê tông chịu lực, bê tông chống thấm...

Trong phạm vi giáo trình này chỉ xét loại bê tông nặng thông thường, đặc chắc, chất kết dính là xi măng, dùng làm kết cấu chịu lực.

1.1. Cường độ của bê tông

Cường độ là một đặc trưng cơ học của bê tông nặng. Nó phản ánh khả năng chịu lực của loại vật liệu này.

1.1.1. Cường độ chịu nén

Cường độ chịu nén là giá trị trung bình của cường độ các mẫu thử tiêu chuẩn.

Mẫu thí nghiệm tiêu chuẩn có dạng khối vuông cạnh $a = 10; 15;$ hoặc 20cm ; khối lăng trụ đáy vuông; khối trụ tròn. Thí nghiệm mẫu bằng máy nén (Hình 6-2)

$$R_{ntb} = \frac{\sum_{i=1}^n R_{ni}}{n} \quad (\text{Lực/diện tích})$$

Trong đó:

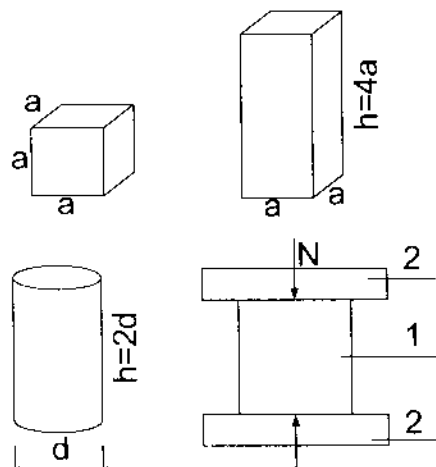
n : số mẫu thí nghiệm.

R_{ni} : cường độ chịu nén của mẫu thử i :

$$R_{ni} = \frac{N_i}{F_i}$$

N_i : lực nén phá hoại mẫu thử thứ i .

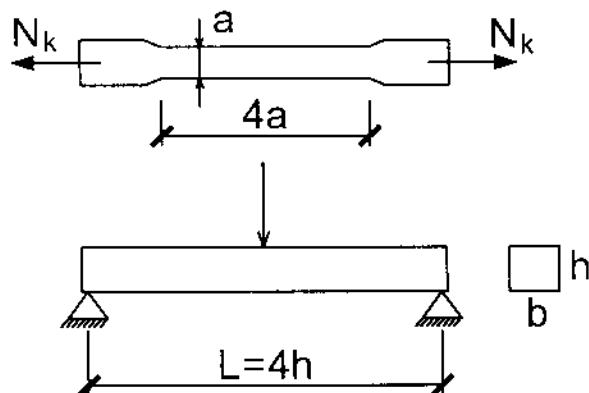
F_i : diện tích tiết diện ngang của mẫu i .



Hình 6-2. Mẫu thí nghiệm nén
1. Mẫu, 2. Bàn máy nén

1.1.2. Cường độ chịu kéo

Làm thí nghiệm với mẫu kéo có tiết diện vuông cạnh a , hoặc mẫu uốn tiết diện chữ nhật cạnh b, h (hay gộp $a = 10 \text{ cm}; b = h = 15 \text{ cm}$) như hình 6-2a.



Hình 6-3. Mẫu thí nghiệm xác định R_k

Cường độ chịu kéo là:

- Với mẫu kéo $R_k = \frac{N_k}{F}$ (Lực/diện tích)

- Với mẫu uốn $R_k = \frac{3,5M}{bh^3}$ (Lực/diện tích)

Trong đó N_k, M là lực kéo, mô men uốn phá hoại mẫu.

1.1.3. Đơn vị cường độ

a. Theo tài liệu cũ (đang hiện hành)

Theo tài liệu này, đơn vị của cường độ thường dùng là kG/cm^2 (đây là đơn vị kỹ thuật).

$$1\text{kG} = 9,8\text{N} \approx 10\text{N} = 1\text{daN}$$

Vì vậy, đơn vị cường độ thường dùng còn là daN/cm^2 , kN/cm^2 , N/cm^2

Một phần do quen dùng, một phần do nếu thay đổi đơn vị dùng sẽ kéo theo nhiều sự thay đổi khác nên trong các công trình do các đơn vị trong nước thiết kế và thi công vẫn sử dụng đơn vị cũ này.

b. Theo quy định mới

Theo hệ đo lường hợp pháp SI đơn vị lực là Niuton (N), đơn vị diện tích là mm^2 vì vậy đơn vị cường độ là N/mm^2 , đọc là Mega Pascal, kí hiệu là MPa.

Đơn vị này được sử dụng trong các công trình có sự tham gia của các công ty nước ngoài.

Muốn chuyển đổi đơn vị giữa hai hệ này, tra phụ lục 29

1.1.4. Các nhân tố ảnh hưởng tới cường độ của bê tông

a. Thành phần và cách chế tạo bê tông.

Cấp phối (thành phần) của bê tông, tỉ lệ giữa nước và xi măng, chất lượng của các vật liệu thành phần cũng như cách nhào trộn (phương pháp chế tạo) bằng thủ công hay cơ giới có ảnh hưởng lớn tới cường độ của bê tông.

b. Thời gian

Cường độ của bê tông tăng theo tuổi của nó. Tuổi được tính từ khi chế tạo đến khi cho bê tông chịu lực. Thời gian đầu cường độ bê tông tăng nhanh, sau đó chậm dần.

c. Điều kiện thí nghiệm

Khi bị nén, mẫu bị co ngắn đồng thời có sự nở ngang. Trong thí nghiệm, nếu hạn chế được sự nở ngang thì khả năng chịu nén của bê tông tăng lên. Tốc độ gia tải khi thí nghiệm cũng ảnh hưởng tới cường độ của mẫu. Bởi vậy, người ta quy định tốc độ gia tải là $2\text{daN/cm}^2/\text{giây}$ và không bôi trơn mặt tiếp xúc giữa mẫu và bàn máy nén để hạn chế được sự nở ngang của mẫu.

1.1.5. Cường độ tiêu chuẩn - Cường độ tính toán

Tính đồng chất của bê tông phụ thuộc nhiều vào quá trình thi công. Sự làm việc của kết cấu cũng khác xa sự làm việc của các mẫu khi thí nghiệm. Để kể

đến sự sai khác đó người ta đưa ra khái niệm cường độ tiêu chuẩn, cường độ tính toán của bê tông.

a. Cường độ tiêu chuẩn

Cường độ tiêu chuẩn của bê tông được xác định như sau:

$$R^{tc} = \alpha_d \cdot A_{kc} \cdot R_{tb}$$

Trong đó:

R_{tb} : cường độ trung bình của các mẫu thử

A_{kc} : hệ số kết cấu, $A_{kc} = 0,7$ đến $0,75$

α_d : hệ số đồng chất của bê tông, được lấy từ $0,65$ đến $0,8$

Giá trị $\alpha_d \cdot R_{tb}$ là cường độ đặc trưng của bê tông và kí hiệu là R_c (chưa kể A_{kc})

b. Cường độ tính toán

Cường độ tính toán của bê tông được tính theo các công thức:

$$R_n = \frac{m}{k_b} \cdot R_n^{tc} \quad \text{và} \quad R_k = \frac{m}{k_b} \cdot R_k^{tc}$$

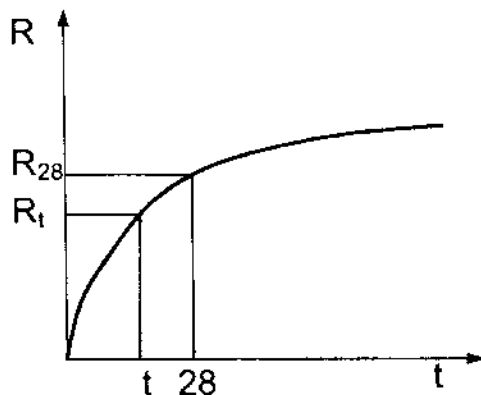
Trong đó:

m : hệ số điều kiện làm việc của bê tông, lấy theo phụ lục 16.

k_b : hệ số an toàn (hệ số tin cậy). Tùy mức độ an toàn yêu cầu, được lấy từ $1,3$ đến $1,5$.

R_k và R_n : cường độ chịu kéo và cường độ chịu nén tính toán của bê tông.

Các giá trị này khi chưa nhân với hệ số m gọi là cường độ tính toán gốc, tra phụ lục 15 dựa vào mác bê tông (hoặc cấp cường độ của bê tông). Mác và cấp cường độ sẽ xét ở mục sau.



Hình 6-4. Đồ thị tăng cường độ bê tông theo thời gian

1.2. Mác bê tông

“Mác” hay “Số hiệu” là khái niệm dùng để biểu thị chất lượng của bê tông. Tùy theo tính chất sử dụng của kết cấu mà mác của bê tông được quy định theo đặc trưng khác nhau.

1.2.1. Mác theo cường độ chịu nén

a. Theo tiêu chuẩn cũ (TCVN 5574-1991)

Là giá trị cường độ chịu nén trung bình tính bằng đơn vị daN/cm² của các mẫu thử khối vuông cạnh 15cm, tuổi 28 ngày, được dưỡng hộ và thí nghiệm theo điều kiện tiêu chuẩn nhà nước.

Nó được ký hiệu bằng chữ “M”. Mác M là chỉ tiêu cơ bản nhất đối với bê tông dùng làm kết cấu chịu lực. Theo tiêu chuẩn nhà nước, bê tông có các loại mác thiết kế sau:

Loại BT	Mác bê tông								
BT nặng	M100	M150	M200	M250	M300	M350	M400	M500	M600
BT nhẹ	M50	M75	M100	M150	M200	M250	M300		

Bê tông nặng có trọng lượng thể tích từ 1800 ÷ 2500 daN/m³. Nó dùng cốt liệu lớn bằng sỏi, đá đặc chắc thông thường.

Hiện nay do kỹ thuật và công nghệ tiên tiến, chúng ta đã sản xuất được bê tông có mác trên 600.

Bê tông nhẹ có trọng lượng thể tích từ 800 ÷ 1800 daN/m³. Nó dùng cốt liệu lớn là các loại đá có lỗ rỗng, keramdit, xỉ quặng...

b. Theo tiêu chuẩn mới (TCVN 6025-1995)

Mác theo cường độ chịu nén là giá trị cường độ chịu nén đặc trưng của bê tông tính bằng N/mm² của các mẫu thử tiêu chuẩn khối vuông, được gia công, dưỡng hộ và thí nghiệm theo quy định của Nhà nước ở độ tuổi 28 ngày.

Theo tiêu chuẩn TCVN 6025-1995 bê tông có các loại mác hay còn gọi là cấp độ cường độ ký hiệu bằng chữ C. Theo tiêu chuẩn này, bê tông có các loại mác: C10; C12,5; C15; C20; C25; C30; C35; C40; C45; C50; C60

Sự quan hệ giữa mác cũ và mác mới được thể hiện bằng biểu thức mác mới = 0,078 mác cũ.

1.2.2. Mác theo cường độ chịu kéo

Được ký hiệu bằng chữ “K”, tính bằng daN/cm^2 hoặc N/mm^2 . Là cường độ chịu kéo của mẫu thử tiêu chuẩn. Nó được dùng để tính toán những cấu kiện chịu kéo hoặc những kết cấu phải tính theo trạng thái giới hạn về nứt.

Có các loại mác chịu kéo K sau:

Loại BT	Mác bê tông					
BT nặng	K10	K15	K20	K25	K30	K40
BT nhẹ	K10	K15	K20	K25	K30	

Ngoài hai loại mác trên, bê tông còn có các loại mác theo khả năng chống thấm, theo khả năng chống ăn mòn...

1.3. Biến dạng của bê tông

1.3.1. Co ngót

Là hiện tượng bê tông giảm thể tích khi khô cứng trong không khí. Bản chất của co ngót đã được xem xét ở môn *Vật liệu đại cương*. Ở đây chỉ nói đến tác hại và các nhân tố ảnh hưởng tới sự co ngót của bê tông để khi thiết kế cũng như khi thi công cần lưu ý để có sự lựa chọn thành phần bê tông và biện pháp thi công thích hợp.

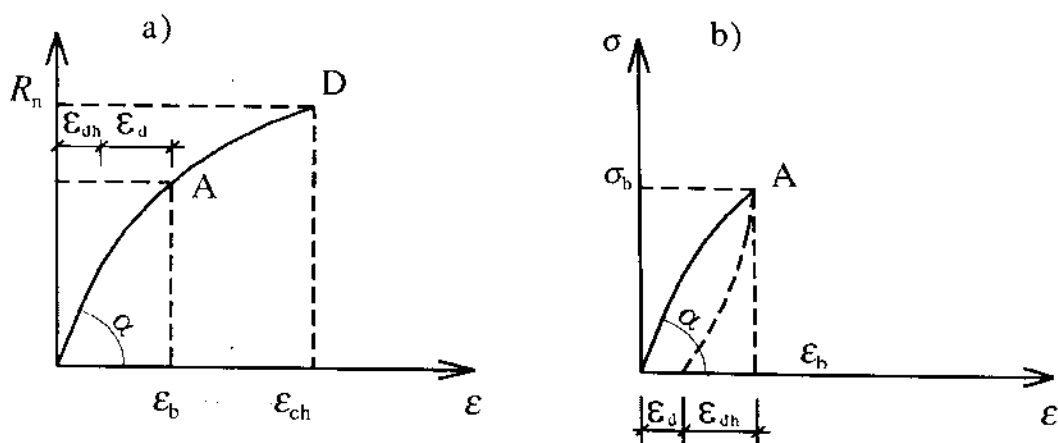
Co ngót là một hiện tượng không có lợi. Khi co ngót bị cản trở hoặc co ngót không đều có thể dẫn đến xuất hiện các vết nứt. Sau đây là một số nhân tố chính ảnh hưởng tới co ngót của bê tông :

- Trong môi trường khô, co ngót lớn hơn trong môi trường ẩm.
- Độ co ngót tăng khi dùng nhiều xi măng, dùng xi măng có hoạt tính cao, tăng tỉ lệ N/X, dùng cốt liệu có độ rỗng, dùng cát mịn, dùng chất phụ gia.

Để giảm co ngót cần chọn thành phần bê tông thích hợp, hạn chế lượng nước khi trộn và phải đầm chặt bê tông, giữ cho bê tông thường xuyên ẩm trong giai đoạn đầu (dưỡng hộ bê tông). Ngoài ra, có thể đặt cốt thép ở những vị trí cần thiết, làm khe co giãn hợp lý trong kết cấu.

1.3.2. Biến dạng do tải trọng tác dụng ngắn hạn

Thí nghiệm nén mẫu lăng trụ với lực nén tăng dần người ta lập được đồ thị quan hệ giữa ứng suất và biến dạng như hình 6.5a.



Hình 6-5. Biểu đồ quan hệ ứng suất - biến dạng của bê tông

Điểm D ứng với lúc mẫu bị phá hoại. Ứng suất lúc đó được gọi là cường độ chịu nén R_n . Còn biến dạng gọi là biến dạng cực hạn ϵ_{ch} .

Nếu tăng tải đến mức nào đó (ϵ_b, σ_b) rồi giảm tải, biến dạng trong bê tông không hồi phục hoàn toàn, đường cong giảm tải không trở về gốc toạ độ (hình 6.5b). Như vậy bê tông là loại vật liệu đàn hồi - dẻo. Phần biến dạng được phục hồi gọi là biến dạng đàn hồi ϵ_{dh} , phần biến dạng không phục hồi gọi là biến dạng dẻo:

$$\epsilon_b = \epsilon_{dh} + \epsilon_d$$

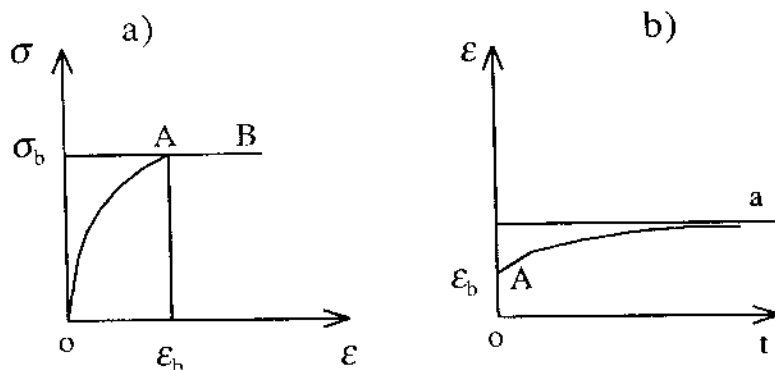
Trong quá trình nén, ở giai đoạn đầu ϵ_{dh} chiếm phần lớn. Nhưng ở giai đoạn phá hoại ϵ_d lại chiếm phần lớn.

1.3.3. Biến dạng do tải trọng tác dụng dài hạn - từ biến

Nén thí nghiệm mẫu đến giá trị ϵ_b, σ_b (điểm A) rồi giữ nguyên tải trọng đó trong một thời gian dài người ta thấy biến dạng vẫn tiếp tục tăng (điểm B, Hình 6-6a). Phần biến dạng tăng do tải trọng tác dụng lâu dài gọi là từ biến. Giới hạn của từ biến phụ thuộc giá trị của tải trọng tác dụng dài hạn.

- Nếu tải trọng nhỏ ($\sigma_n = 60 + 70\% R_n$) thì từ biến có giới hạn. Đường cong AB tiệm cận với đường thẳng a (hình 6.6.b).

- Nếu tải trọng lớn ($\sigma_n > 70\% R_n$) từ biến phát triển không có giới hạn dẫn đến phá hoại kết cấu.



Hình 6-6. Đồ thị biểu diễn từ biến của bê tông

Còn một số nhân tố khác ảnh hưởng đến từ biến trong bê tông như:

- + Tỷ lệ N/X cao, độ cứng của cốt liệu nhỏ thì từ biến lớn.
- + Xi măng mác cao, từ biến giảm.
- + Tuổi của bê tông càng cao, từ biến càng giảm.

1.3.4. Biến dạng do nhiệt độ

Là sự thay đổi thể tích khi nhiệt độ thay đổi.

2. Cốt thép

2.1. Các loại cốt thép

Có nhiều cơ sở để phân loại cốt thép:

* Theo thi công:

- Cốt thép mềm: Là loại cốt uốn được, gồm các loại thép tròn đường kính nhỏ hơn hoặc bằng 40mm, thép vuông hoặc bầu dục.

- Cốt cứng: Là loại cốt không uốn được, gồm các loại thanh thép hình như thép góc, thép I, thép U hoặc thép tròn trên 40mm... Loại này chỉ dùng cho những kết cấu chịu tải trọng lớn.

* Theo chế tạo:

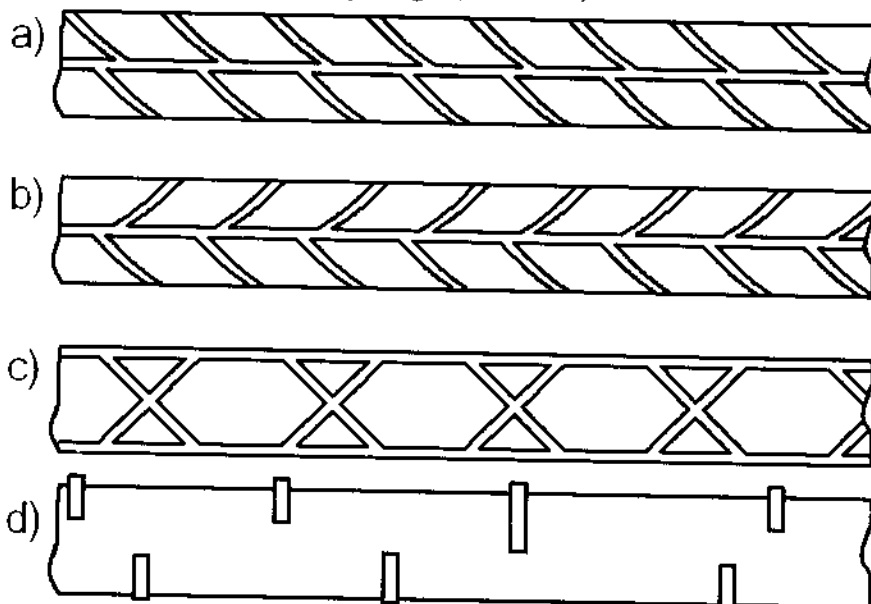
Có cốt thanh cán nóng, cốt sợi kéo nguội.

- Cốt cán nóng được sản xuất thành từng thanh dài không quá 13m với các loại đường kính $\phi \geq 12\text{mm}$, đối với các loại $\phi < 10\text{mm}$ sản xuất thành cuộn.

- Thép sợi kéo nguội được chuốt qua các khuôn có đường kính nhỏ dần. Khi bị kéo nguội cường độ của cốt thép tăng lên nhưng tính dẻo giảm. Thép kéo nguội có $\phi \leq 8\text{mm}$.

* Theo hình thức bề mặt:

Có loại thép tròn trơn, thép có gờ (Hình 6.7).



Hình 6-7. Một số thép có gờ

a. Cốt thép nhóm GII; cốt thép nhóm GIII và C-IV, c và d. Một vài dạng cốt thép có gờ khác

* Theo thành phần:

Cũng có hai loại là thép cacbon và thép hợp kim thấp. Thép cacbon thường dùng là loại CT3 và CT5 với tỉ lệ cacbon là 3 ‰ và 5 ‰. Thép hợp kim thấp có trong thành phần một số kim loại khác như đồng, crôm, mangan, titan, silic...

2.2. Các loại thép cốt cho bê tông đang hiện hành trên thị trường Việt Nam

2.2.1. Thép do Việt Nam sản xuất

a. Thép được cấp chứng chỉ ISO - 9002

Thép Thái Nguyên có chữ nổi TICO trên cây thép, thép Hoà Phát có chữ DANI, thép Việt - Úc có chữ V-UC, thép Việt - Hàn có ký hiệu VPS,...

b. Thép thủ công

Một số dấu hiệu nhận biết:

- Không có ký hiệu trên cây thép.
- Nhái ký hiệu của các doanh nghiệp khác đã được cấp chứng chỉ. Ví dụ VUC, VUA, VU.C gần giống với thép V- UC; VP gần giống VPS...

- Màu sắc luyện cán: Màu không đều trên cây thép, màu đỏ gạch. Các cây thép cùng một lô hàng không đều về hình dáng.
- Trên dọc cây thép còn lộ nếp cuộn khi cán.
- Độ ô van lớn, gai không nổi hoặc quá nổi trên cây thép. Đường gai nhỏ và mảnh hơn thép tiêu chuẩn.

2.2.2. Thép nhập ngoại

- Nguồn gốc:

Thép được nhập từ các nước: Nhật, Nga, Hàn Quốc, Italia, Singapo, Pháp, Hồng Công...

- Gồm có các loại:

+ Thép trơn.

+ Thép gai.

- Được chia từ 2 đến 10 nhóm với đường kính từ 6 - 40mm. Có loại trên 40mm.

Cường độ của một số nhóm tương đương với thép Việt Nam, một số nhóm có cường độ cao hơn.

- Nhận biết:

+ Theo kí hiệu nổi in trên cây thép, chúng khác các kí hiệu của thép Việt Nam. Các kí hiệu cách nhau từ 0,8 tới 1,2m. Mỗi hãng sản xuất có một kí hiệu riêng. Các kí hiệu đang được sử dụng rộng rãi ở Việt Nam là: SS, SD, MS, TS,...

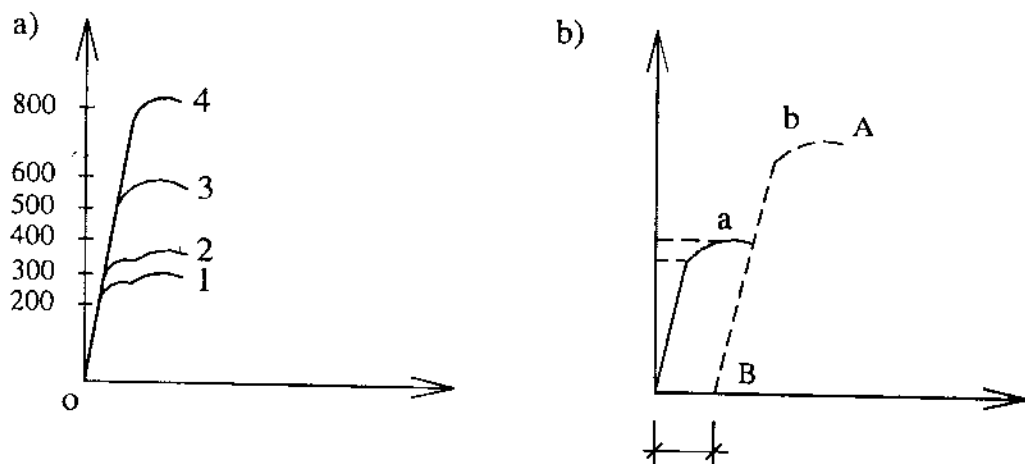
+ Theo quy cách gai.

+ Bằng màu sơn trên đầu cây thép.

2.3. Một số tính chất cơ bản của cốt thép

2.3.1. Cường độ cốt thép

Để xác định cường độ của thép, người ta thí nghiệm kéo các mẫu và thu được biểu đồ quan hệ giữa ứng suất và biến dạng của các loại thép như trên hình 6.8a. Trên mỗi biểu đồ đều có phần thẳng người ta gọi đó là giai đoạn đàn hồi, phần nằm ngang và cong là giai đoạn có biến dạng dẻo. Phần nằm ngang gọi là thêm chảy, lúc này thép ở trạng thái chảy dẻo, biến dạng tăng trong khi ứng suất không tăng.



Hình 6-8: Biểu đồ kéo thép cốt trong bê tông

a) Biểu đồ tổng hợp của một số loại thép

1 và 2: Thép cán nóng CT3 và CT5

3: Cốt thép CT5 cán nguội

4: Thép hợp kim gia công nhiệt

b) Biểu đồ kéo cốt thép kéo trước

Nếu kéo thép trong giai đoạn đàn hồi rồi giảm tải, biểu đồ sẽ trở về theo vị trí ban đầu.

Nếu kéo thép đến trạng thái chảy dẻo rồi giảm tải thì biểu đồ không trở về theo đường cũ mà theo đường song song với đường biểu diễn giai đoạn đàn hồi, khi ứng suất bằng 0 (điểm B trên hình 6.8b) nhưng vẫn còn một lượng biến dạng gọi là biến dạng dư ϵ_d . Nếu kéo tiếp (đã kéo trước) thì biểu đồ kéo là đường BA. Theo biểu đồ kéo mới thì cường độ của thép này cao hơn cường độ của thép không kéo trước (đường b trên hình 6.8b), nhưng khi sử dụng tính dẻo của thép giảm. Người ta lợi dụng tính chất này để làm cốt thép trong bê tông dự ứng lực.

Theo ứng suất, người ta thường quy định 3 giới hạn sau:

- Giới hạn bền (σ_b): Là giá trị ứng suất lớn nhất thép chịu được trước khi bị kéo đứt.
- Giới hạn đàn hồi (σ_{dh}): Là giá trị ứng suất ở cuối giai đoạn đàn hồi.
- Giới hạn chảy (σ_{ch}): Là giá trị ứng suất ở đầu giai đoạn chảy.

Các giá trị giới hạn trên được lấy làm cường độ tiêu chuẩn của thép ứng với các giai đoạn làm việc.

2.3.2. Tính hàn được

Tính hàn được của cốt thép được thể hiện bằng độ chắc chắn của các vị trí hàn nối chúng. Thép cán nóng chứa ít cacbon và thép hợp kim thấp có tính hàn được tốt. Không được hàn các cốt thép đã gia công nhiệt hoặc kéo nguội. Không được hàn hồ quang các thép nhóm A-IV, A-V.

2.3.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ

Ở nhiệt độ cao cấu trúc kim loại trong thép bị thay đổi làm giảm cường độ và môđun đàn hồi. Khi nguội chúng lại được khôi phục nhưng không hoàn toàn.

Ở nhiệt độ thấp (dưới -30°C), một số thép cán nóng trở nên giòn. Người ta gọi là hiện tượng giòn nguội.

2.4. Phân nhóm cốt thép

2.4.1. Phân theo tiêu chuẩn Việt Nam

Theo tiêu chuẩn nhà nước về “Thép cán nóng, thép cốt bê tông TCVN 1651-75”, thép được chia ra bốn nhóm: C-I, C-II, C-III, C-IV với các đặc trưng cơ bản trong bảng 6.2.

- Cốt thép nhóm C-I được sản xuất thành thanh tròn nhẵn hoặc thành cuộn.
- Cốt thép nhóm C-II, C-III, C-IV là loại có gờ. Đường kính danh nghĩa của các thanh thép gồm: 6; 7; 8; 9; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40.

Bảng 6-2: Các đặc trưng cơ học của cốt thép

Nhóm cốt thép	Đường kính mm	Giới hạn chảy KG/cm^2	Giới hạn bền KG/cm^2	Độ giãn dài cực hạn %
C-I	6-40	2200	3800	25
C-II	10-40	3000	5000	19
C-III	6-40	4000	6000	14
C-IV	10-32	6000	9000	6

Theo TCVN 6285-97 có 5 loại thép cốt trong bê tông:

- RB300 có $R_a = 260\text{MPa}$
- RB400 và RB400w có $R_a = 340\text{MPa}$
- RB500 và RB500w có $R_a = 400\text{MPa}$

2.4.2. Phân theo các tiêu chuẩn khác

Theo tiêu chuẩn một số nước, cốt thép được chia thành các nhóm sau:

- Cốt thép cán nóng nhóm A-I, A-II, A-III, A-IV tương đương cách phân chia của TCVN và có thêm nhóm A-V.
- Cốt thép đã qua gia công nhiệt A_T-IV, A_T-V, A_T-VI.
- Cốt thép kéo nguội A-IIB; A-IIB; và nhiều cách phân chia khác.

2.4.3. Tương quan giữa mác thép và nhóm cốt thép

Mác thép được định ra và được ký hiệu dựa vào thành phần hoá học và cách luyện thép. Ví dụ CT3, CT5...

Nhóm cốt thép được phân chia theo tính chất cơ học. Tính chất cơ học của cốt thép được quyết định bởi thành phần hoá học và cách luyện thép, vì vậy chúng có liên quan với nhau:

- Cốt nhóm A-I chế tạo từ thép than CT3; cốt nhóm A-II từ thép CT5 và các thép hợp kim thấp 10ΓT, 18Γ2C...
- Cốt nhóm C.I làm từ thép cường độ thấp.
- Cốt nhóm C.II làm từ thép cường độ trung bình, sản xuất dạng thanh có gờ xoắn vít theo một phía.
- Cốt nhóm C.III và C.IV làm từ thép cường độ khá cao, sản xuất dạng thanh có gờ xoắn vít hai phía (gờ xương cá).

Để nhận dạng các nhóm cốt thép ngoài căn cứ vào hình thức bề mặt người ta còn đánh dấu ở đầu mút các thanh cốt thép bằng sơn màu.

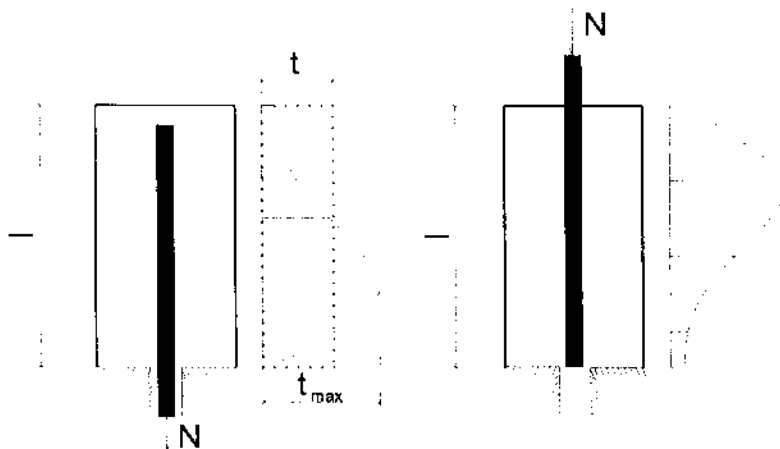
3. Bê tông cốt thép

3.1. Lực dính giữa bê tông và cốt thép

Lực dính là yếu tố cơ bản đảm bảo sự làm việc giữa bê tông và cốt thép. Nhờ nó mà khi làm việc cốt thép và bê tông cùng biến dạng và có thể truyền lực qua lại với nhau.

Lực dính trong BTCT phần lớn do ma sát giữa bề mặt cốt thép và bê tông (chiếm khoảng 75%) phần còn lại do lực dính kết của xi măng.

Thí nghiệm kéo (hoặc nén) tuột cốt thép khỏi bê tông, người ta thấy ứng suất trượt phân bố không đều trên mặt tiếp xúc của cốt thép với bê tông (Hình 6.9).



Hình 6-9: Thí nghiệm xác định lực dính

Trong tính toán, một cách gần đúng người ta coi ứng suất trượt phân bố đều và giá trị của nó là:

$$\tau_{tb} = \frac{N}{\pi \cdot d \cdot l}$$

Trong đó:

N: lực kéo (hoặc nén) cốt thép.

l: chiều dài cốt thép chôn trong bê tông.

d: đường kính cốt thép:

π : 3,14

Khi N lớn, muốn giảm τ_{tb} ta có thể tăng d và l, nhưng thí nghiệm cho thấy lực dính chỉ phát huy tác dụng trong đoạn $l \leq 20d$. Bởi vậy l chỉ được tăng không quá 20d, nếu cần tăng lực dính phải tăng đường kính thép.

Điều kiện để cốt thép không bị tuột khỏi bê tông là: $\tau_{tb} \leq \tau_{\max}$

Trong đó:

$\tau_{\max}$ là lực dính trong BTCT: $\tau_{\max} = \frac{R_n}{m}$

Với:

R_n : cường độ chịu nén của bê tông.

m: hệ số phụ thuộc bề mặt cốt thép:

- Với cốt thép có gờ: $m = 2 + 2,5$

- Với cốt thép trơn trơn: $m = 3,6 + 6$

3.2. Sự làm việc của bê tông và cốt thép

3.2.1. Ứng suất ban đầu do co ngót

Khi đông cứng bê tông co lại (co ngót) sẽ kéo cốt thép co theo. Như vậy nó đã gây ra một lực nén cho cốt thép. Ngược lại, cốt thép cản trở sự co của bê tông và gây ra một lực kéo trong bê tông. Nếu lực kéo này vượt quá giới hạn chịu kéo của bê tông thì bê tông sẽ bị nứt. Đó là vết nứt do co ngót. Lượng cốt thép trong bê tông càng nhiều lực kéo này càng lớn và quá nhiều sẽ có hại.

3.2.2. Ứng suất do ngoại lực gây ra

Trong cấu kiện chịu kéo hoặc trong vùng kéo của cấu kiện chịu uốn, chịu nén lệch tâm. Khi bê tông bị nứt, phần nội lực do bê tông chịu được truyền sang cốt thép và cốt thép chịu toàn bộ lực kéo.

3.2.3. Sự phân bố lại ứng suất do từ biến

Khi chịu tải trọng tác dụng lâu dài bê tông bị từ biến. Cốt thép cản trở từ biến của bê tông. Do vậy trong cấu kiện chịu nén, từ biến làm ứng suất trong cốt thép tăng lên, còn ứng suất trong bê tông giảm xuống. Đó là hiện tượng phân phối lại ứng suất có lợi.

3.3. Sự phá hoại BTCT

3.3.1. Sự phá hoại do tải trọng

Với kết cấu chịu kéo, lực kéo hoàn toàn do cốt thép chịu nên nó xem như bị phá hoại khi ứng suất trong cốt thép đạt tới giới hạn chảy.

Với cột chịu nén, sự phá hoại bắt đầu khi ứng suất trong bê tông đạt đến cường độ chịu nén của bê tông.

Trong cấu kiện chịu uốn, sự phá hoại có thể xảy ra từ vùng kéo khi ứng suất trong cốt thép đạt tới giới hạn chảy hoặc từ vùng nén khi ứng suất trong bê tông đạt tới R_n .

3.3.2. Sự hư hỏng do tác động của môi trường

Môi trường có thể gây hư hỏng cho BTCT bởi tác động cơ học, hoá học hoặc sinh học.

Do cơ học: Bê tông bị bào mòn do mưa, do dòng chảy. Những công trình chịu lạnh, sự đóng và tan băng liên tiếp có thể gây hư hỏng bê tông.

Hiện tượng rong, rêu, hà... là những loại sinh vật ở sông, biển phá hoại bề mặt bê tông.

Bê tông bị xâm thực khi nó làm việc trong môi trường axit, muối... hoặc nước có độ pH nhỏ.

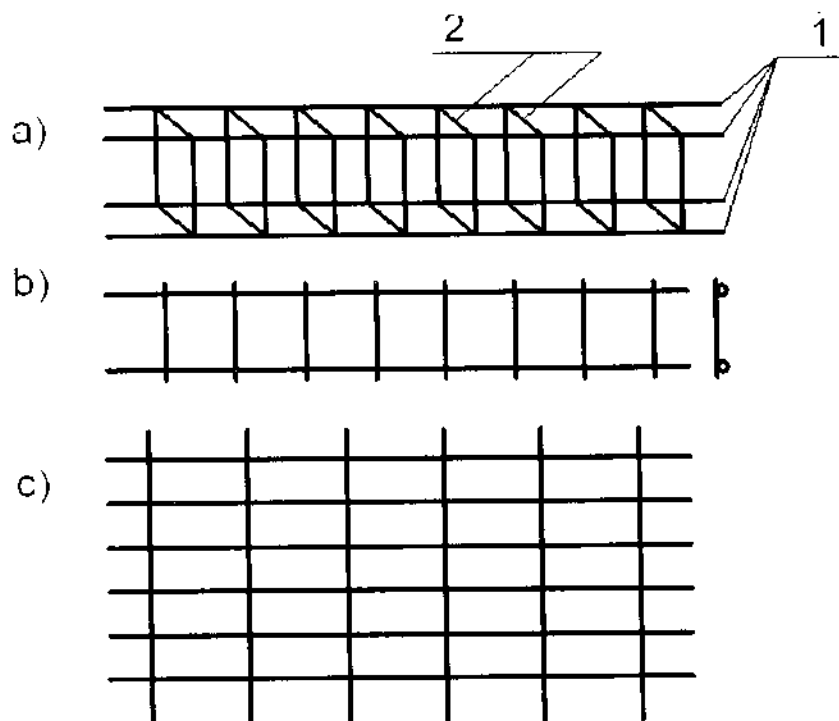
Cốt thép có thể bị xâm thực do tác dụng hoá học hay điện phân của môi trường. Khi cốt thép bị gỉ có thể làm nứt hoặc phá vỡ lớp bê tông bảo vệ khiến nó càng chịu ảnh hưởng nhiều hơn của môi trường.

Khi thiết kế cũng như khi thi công cần lưu ý tới môi trường sử dụng để có biện pháp lựa chọn thành phần và biện pháp thi công thích hợp, nhằm hạn chế tác hại của môi trường tới bê tông cốt thép.

III. CẤU TẠO CỐT THÉP

1. Khung và lưới thép

Cốt thép trong bê tông được liên kết với nhau thành khung hoặc lưới (Hình 6.10). Khung dùng trong dầm, cột; lưới dùng trong bản.



Hình 6-10: Khung và lưới cốt thép

a. Khung buộc, b. Khung hàn, c. Lưới

1. Cốt dọc, 2. Cốt đai

Khung và lưới có thể được liên kết hàn hoặc liên kết buộc; khi đó chúng được gọi là khung hàn, lưới hàn hoặc khung buộc, lưới buộc.

Khung, lưới hàn được tạo ra bằng cách dùng máy hàn hàn tại các điểm tiếp xúc giữa các cốt thép. Kiểu liên kết này thường được dùng trong nhà máy sản xuất các cấu kiện bê tông lắp ghép.

Người ta dùng dây thép đường kính $0,8 \div 1\text{mm}$ để buộc các vị trí cốt thép tiếp xúc với nhau để tạo ra khung và lưới buộc. Kiểu này được sử dụng rộng rãi trong thực tế.

2. Cốt thép chịu lực và cốt thép cấu tạo

Theo vai trò của cốt thép trong tính toán mà phân thành cốt chịu lực và cốt cấu tạo:

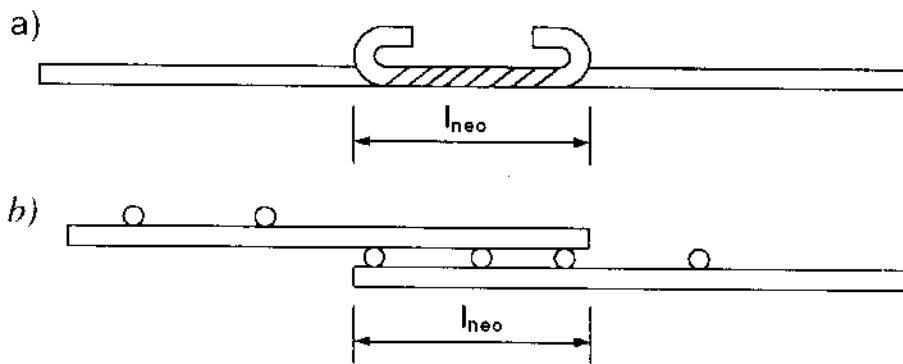
- Cốt chịu lực để chịu các ứng lực phát sinh do tải trọng tác dụng. Chúng được xác định theo tính toán đồng thời cũng phải đảm bảo các yêu cầu cấu tạo quy định.

- Cốt cấu tạo để liên kết các cốt thép tạo thành khung hoặc lưới, để chống lại lực co ngót khi bê tông đông kết, chống ứng suất phát sinh do nhiệt độ thay đổi, để giảm ứng suất cục bộ do lực tập trung,... Loại cốt này không phải tính toán mà lấy theo quy định cấu tạo

3. Nối cốt thép

3.1. Nối buộc

Đặt cốt thép chồng lên nhau một đoạn dài l_{neo} (xác định theo công thức I.2), dùng sợi dây thép buộc chúng lại (Hình 6-11). Kiểu nối này chỉ dùng cho cốt thép có $\phi < 32\text{mm}$.



Hình 6-11: Nối chồng

a. Nối thanh chịu kéo, b. Nối lưới hàn trơn tròn

3.2. Nối hàn

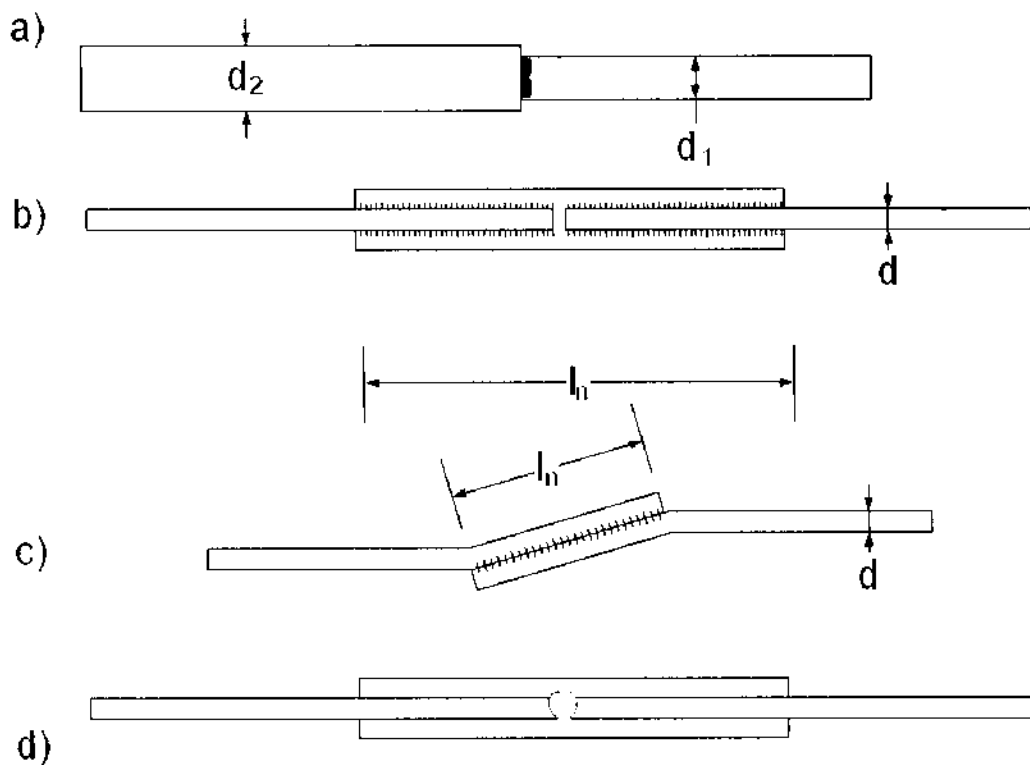
Nối hàn thường được dùng cho cốt thép có $\phi \geq 32\text{mm}$. Khi hàn phải tùy theo loại thép, loại đường kính mà chọn kiểu hàn và phương pháp hàn thích hợp. Trên hình 6-12 mô tả các kiểu liên kết hàn cốt thép.

Hình 6.12a là kiểu hàn đối đầu tiếp xúc để nối các thanh có $d > 10\text{mm}$ và tỉ số

$$\frac{d_1}{d_2} = 0,85$$

- Hình 6.12b: Hàn nối hai thanh dùng 2 thanh kẹp.
- Hình 6.12c: Hàn chồng hai thanh cốt thép.
- Hình 6.12d: Hàn hồ quang đối đầu hai thanh, được dùng khi $d \geq 20\text{mm}$.
- Hàn hồ quang thường được dùng cho các cốt thép cán nóng.

$$d_1 \geq \begin{cases} 0,85d_2 \\ 10\text{mm} \end{cases}$$



Hình 6-12: Nối hàn cốt thép

4. Neo cốt thép

Để cốt thép không bị kéo tuột khỏi bê tông và phát huy hết khả năng chịu lực, trong khung và lưới buộc, các thanh chịu kéo bằng thép tròn trơn phải uốn móc ở hai đầu (Hình 6.13a). Đường kính móc bằng $2,5d$, nếu bê tông dùng cốt liệu rỗng đường kính móc là $5d$.

Nếu là cốt thép có gờ hoặc cốt trơn trong khung và lưới hàn hoặc cốt thép trong cấu kiện hoàn toàn chịu nén không cần móc neo, chiều dài đoạn thép đưa vào gối tựa là (Hình 6.13b,c) chiều dài đoạn neo của các thanh thép tại vị trí mà nó giữ vai trò chịu lực phải đảm bảo (Hình 6.13d)

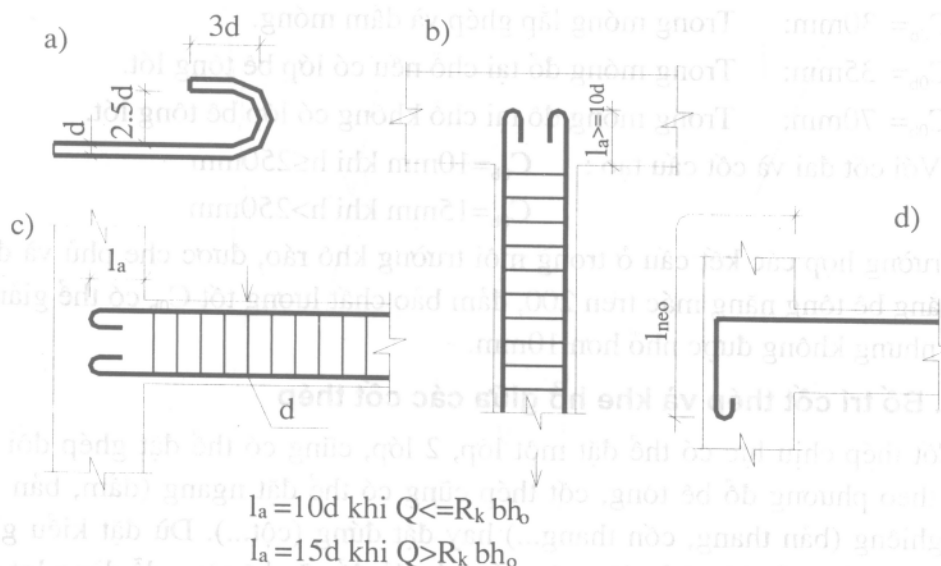
$$l_{\text{neo}} = \left(m_{\text{neo}} \cdot \frac{R_a}{R_n} + \lambda \right) d \quad (6.1)$$

Trong đó:

d : đường kính cốt thép.

λ, m_{neo} : các hệ số tra phụ lục 13

R_a, R_n : cường độ chịu nén của cốt thép và bê tông. l_{neo} tính theo (6.1) được lấy không nhỏ hơn các trị số trong phụ lục 13



Hình 6-13: Neo và móc cốt thép

Chiều dài đoạn thép đưa vào gối l_a lấy theo hình 6.13b,c

5. Lớp bê tông bảo vệ cốt thép

Lớp bê tông bảo vệ cốt thép được tính từ mép ngoài của bê tông đến mép ngoài gần nhất của cốt thép được bảo vệ. Cả cốt dọc và cốt đai đều cần một lớp bê tông đủ dày để bảo vệ chúng tránh được ảnh hưởng của môi trường. Lớp bê tông bảo vệ càng dày tính chất bảo vệ càng cao nhưng trong một số trường hợp lại làm giảm khả năng làm việc của tiết diện. Bởi vậy, với cấu kiện chịu uốn, cấu kiện nén lệch tâm, lớp bê tông bảo vệ nên lấy càng gần hoặc bằng giá trị nhỏ nhất theo quy định càng tốt.

Gọi C_b , C_b' là lớp bảo vệ cho cốt thép dọc chịu lực ở biên dưới và biên trên của tiết diện, C_2 là lớp bảo vệ cho cốt đai và cốt cấu tạo (cốt dọc thi công) thì C_b và C_2 không được nhỏ hơn đường kính cốt thép cần bảo vệ; đồng thời cũng không được nhỏ hơn trị số C_{0b} theo quy định sau:

- Với cốt dọc chịu lực:

- $C_{0b} = 10\text{mm}$: Trong bản và vỏ có chiều dày dưới 100mm.
- $C_{0b} = 15\text{mm}$: Trong bản và vỏ dày trên 100mm hoặc trong các dầm có chiều cao tiết diện h dưới 250mm.
- $C_{0b} = 20\text{mm}$: Khi dầm và cột có $h \geq 250\text{ mm}$.
- $C_{0b} = 30\text{mm}$: Trong móng lắp ghép và dầm móng.
- $C_{0b} = 35\text{mm}$: Trong móng đổ tại chỗ nếu có lớp bê tông lót.
- $C_{0b} = 70\text{mm}$: Trong móng đổ tại chỗ không có lớp bê tông lót.

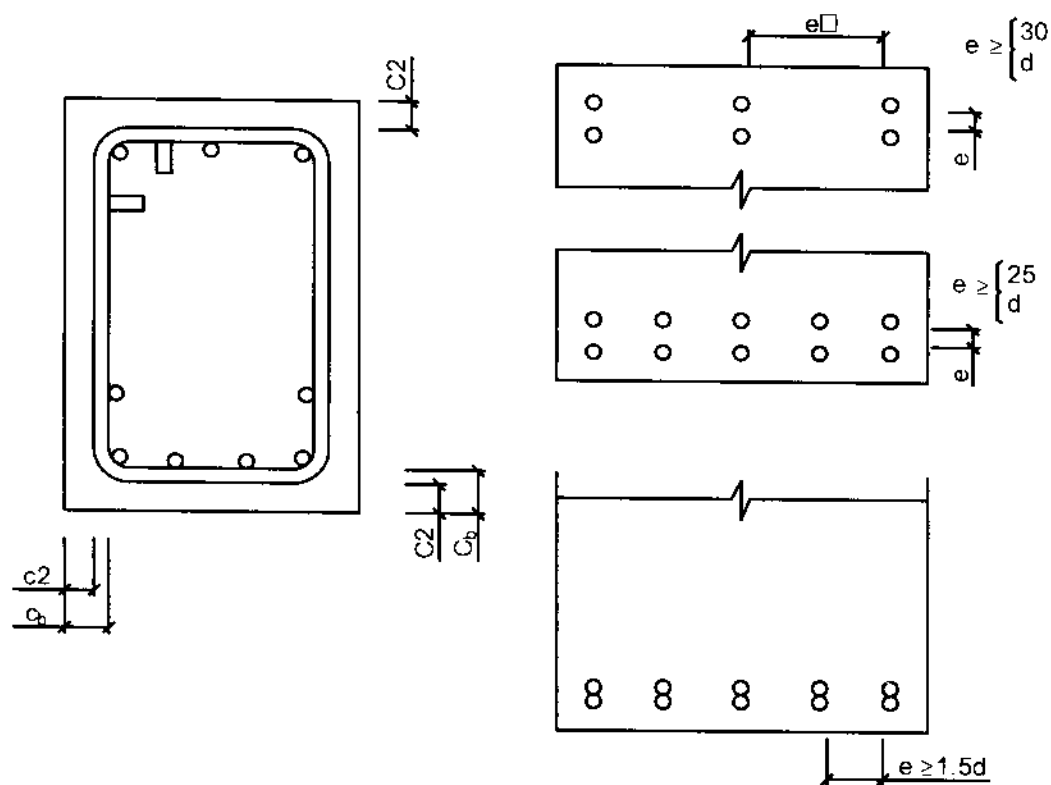
- Với cốt đai và cốt cấu tạo : $C_{0b} = 10\text{mm}$ khi $h \leq 250\text{mm}$
 $C_{0b} = 15\text{mm}$ khi $h > 250\text{mm}$

Trường hợp các kết cấu ở trong môi trường khô ráo, được che phủ và được đúc bằng bê tông nặng mác trên 200, đảm bảo chất lượng tốt C_{0b} có thể giảm đi 5mm nhưng không được nhỏ hơn 10mm.

6. Bố trí cốt thép và khe hở giữa các cốt thép

Cốt thép chịu lực có thể đặt một lớp, 2 lớp, cũng có thể đặt ghép đôi liên nhau theo phương dọc bê tông, cốt thép cũng có thể đặt ngang (dầm, bản sàn) đặt nghiêng (bản thang, cốn thang...) hay đặt đứng (cột...). Dù đặt kiểu gì thì cũng phải đảm bảo khe hở giữa các cốt thép đủ để vữa bê tông dễ dàng lọt qua, đồng thời đảm bảo xung quanh mỗi cốt thép có lớp bê tông đủ dày để thỏa mãn điều kiện về lực dính. Các khoảng cách này được ký hiệu và giá trị quy định trên hình 6-14.

Trên hình 6.14 là quy định cho trường hợp dầm đổ bê tông có cốt thép đặt ngang. Khi cốt thép đặt nghiêng lấy theo quy định cốt thép đặt ngang. Khi cốt thép đặt đứng thì $e \geq 50\text{mm}$. Còn d là đường kính cốt dọc lớn nhất của mỗi vùng.



Hình 6-14: Lớp bảo vệ cốt thép và khoảng cách cốt thép

Chương 7

CẤU KIỆN CHỊU UỐN (TÍNH TOÁN THEO CƯỜNG ĐỘ)

Mục tiêu: Học xong chương này học sinh phải:

- Nắm được cấu tạo cốt thép trong cấu kiện chịu uốn.
- Tính toán được cốt chịu mômen khi đặt cốt đơn và tính được cốt đai.
- Thể hiện được dầm BTCT trên bản vẽ. Qua đó xác định được hình dáng, kích thước các thanh cốt thép.

Trọng tâm:

Tính toán cốt thép và thể hiện chúng trên hình vẽ. Qua hình vẽ khai triển được hình dáng và kích thước các thanh cốt thép.

I. YÊU CẦU CẤU TẠO

Nội lực xuất hiện trong cấu kiện chịu uốn gồm mômen uốn và lực cắt. Ta gặp cấu kiện chịu uốn trong bất kỳ ngôi nhà nào. Đó là các dầm, các xà ngang của khung, bản sàn, cầu thang... Theo hình dáng, cấu kiện chịu uốn được chia làm 2 loại: bản và dầm.

1. Cấu tạo của bản dầm

Bản là kết cấu phẳng có chiều dày khá nhỏ so với chiều dài và chiều rộng. Chiều dài và chiều rộng sàn thường từ 2 đến 4m. Do yêu cầu sử dụng, yêu cầu mỹ quan hoặc cấu tạo mà chúng có thể lớn hoặc nhỏ hơn. Chiều dày sàn thay đổi tùy thuộc vào kích thước ô bản và tải trọng trên bản. Thông thường chiều dày bản từ 6 đến 12cm. Tùy trường hợp mà nó có thể dày hoặc mỏng hơn.

Cốt thép trong bản dầm gồm cốt chịu lực, cốt phân bố và cốt cấu tạo thường dùng thép C-I, cũng có khi dùng thép C-II (Hình 7.1). Cốt chịu lực đặt trong vùng chịu kéo của bê tông do mômen uốn gây ra. Trong các bản thông

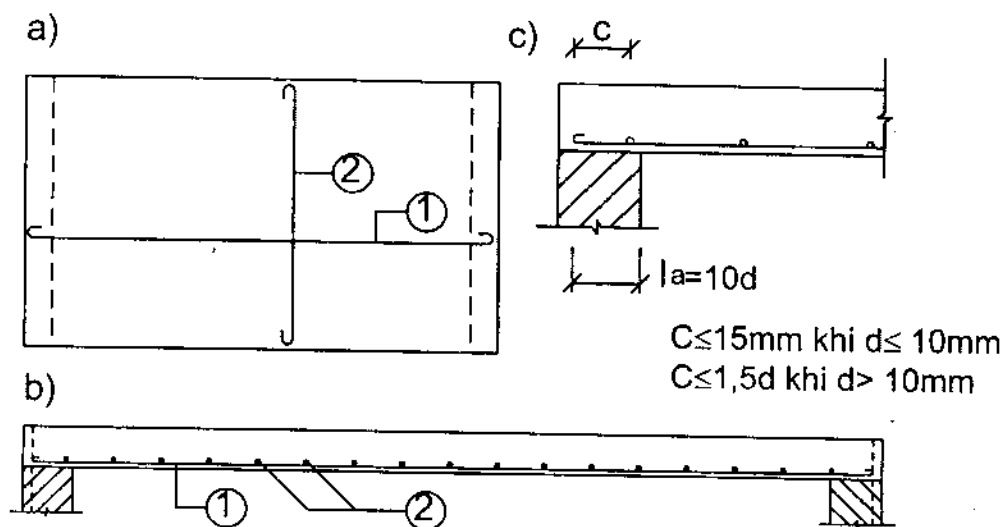
thường, đường kính cốt chịu lực từ $5 \div 12\text{mm}$. Số lượng được thể hiện qua đường kính và khoảng cách hai cốt thép liên tiếp. Khoảng cách giữa hai cốt thép liên nhau trong vùng có mômen lớn không vượt quá:

- 20cm khi chiều dày bản $h < 15\text{cm}$
- $1,5h$ khi chiều dày bản $h \geq 15\text{cm}$

Để dễ đổ bê tông, khoảng cách cốt thép không được dưới 7cm .

Cốt phân bố đặt vuông góc với cốt chịu lực. Nhiệm vụ của chúng là giữ vị trí cho cốt chịu lực và cốt cấu tạo khi đổ bê tông, phân phối ảnh hưởng của lực cục bộ cho các cốt chịu lực lân cận, chịu ứng suất do co ngót và do nhiệt độ gây ra. Đường kính cốt phân bố từ 4 đến 8mm . Khoảng cách giữa chúng thường từ $250 \div 300\text{mm}$ và không quá 350mm , đồng thời phải đảm bảo số lượng không dưới 10% số lượng cốt dọc tại tiết diện có mômen uốn lớn nhất. Cốt chịu lực và cốt phân bố đặt vuông góc nhau tạo thành lưới buộc hoặc lưới hàn. Trong lưới này, cốt chịu lực được đặt gần mép bê tông hơn.

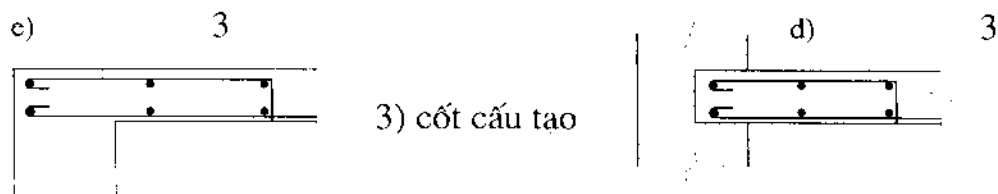
Cốt cấu tạo đặt ở các gối khớp có cản trở một phần chuyển vị xoay mà trong tính toán bỏ qua như cạnh biên của bản chèn trong khối xây, cạnh biên của bản đổ liền dầm có cấu tạo khớp (hình 7.1d,e) thép này đặt theo cấu tạo $\varnothing 6$, khoảng cách $a = 200\text{mm}$.



Hình 7-1: Sơ đồ bố trí cốt thép trong bản

a. Mặt bằng, b. Mặt cắt, c. Cấu tạo gối tựa

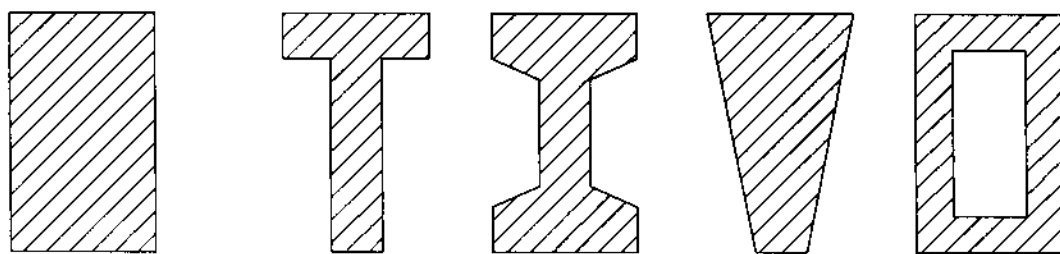
1. Cốt chịu lực, 2. Cốt phân bố



Thép chịu lực được đưa sâu vào trong gối tựa một đoạn $l_a \geq 10d$ (d: đường kính cốt thép). Trong phạm vi gối tựa phải có cốt phân bố (Hình 7.1 c)

2. Cấu tạo dầm

Dầm là cấu kiện có các cạnh của tiết diện nhỏ hơn nhiều so với nhịp của nó. Tiết diện ngang của dầm có thể là chữ nhật, chữ T, chữ I, hình thang, hình hộp... (Hình 7.2). Tiết diện thường gặp là tiết diện chữ nhật và chữ T.



Hình 7-2: Các dạng tiết diện dầm

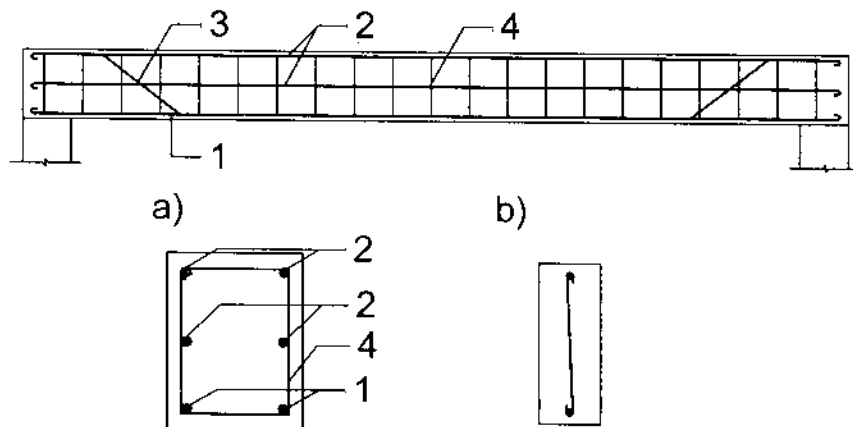
Gọi cạnh nằm theo phương mặt phẳng uốn (h) là chiều cao của tiết diện, b là chiều rộng của tiết diện, l là nhịp dầm thì h thường được chọn theo biểu thức: $h = \left(\frac{1}{8} \div \frac{1}{20} \right) l$. Tỷ số $\frac{h}{b}$ chọn từ 2 ÷ 4, khi chọn b và h cần phải xem xét đến yêu cầu kiến trúc. Để tiện thống nhất ván khuôn b và h được điều chỉnh theo quy định như sau:

h : chọn theo bội số của 5cm khi $h \leq 600$ mm.

chọn theo bội số của 10cm khi $h > 600$ mm.

Chọn b theo bội số của 5cm và cũng có thể chọn 120;140;180mm. Khi kết hợp với khối xây b có thể chọn 110; 220mm.

Cốt thép trong dầm được liên kết với nhau tạo thành khung buộc hoặc khung hàn. Chúng bao gồm ba hoặc bốn loại: cốt dọc chịu lực, cốt dọc cấu tạo (cốt dọc thi công), cốt đai và cốt xiên (Hình 7.3). Cốt xiên thường ít gặp.



Hình 7-3: Các loại thép trong dầm
a. Cốt đai hai nhánh, b. Cốt đai một nhánh
1. Cốt dọc chịu lực, 2. Cốt cấu tạo, 3. Cốt đai

Cốt dọc chịu lực đặt ở vùng kéo của dầm, cũng có trường hợp nó được đặt cả ở vùng nén. Diện tích tiết diện ngang của chúng được xác định theo tính toán từ trị số của mômen uốn. Đường kính cốt chịu lực thường từ $10 \div 30\text{mm}$. Số thanh trên tiết diện phụ thuộc vào diện tích cốt thép yêu cầu và chiều rộng b của tiết diện. Nếu chiều rộng $b \geq 150\text{mm}$ thì ít nhất phải có 2 thanh cốt dọc. Khi $b < 150\text{mm}$ có thể đặt một thanh cốt dọc. Cốt dọc chịu lực có thể đặt một lớp hay nhiều lớp và phải đảm bảo nguyên tắc cấu tạo đã trình bày ở chương 6.

Cốt dọc cấu tạo gồm 2 loại:

- **Cốt giá:** Có nhiệm vụ cùng với cốt dọc chịu lực và cốt đai tạo khung cốt thép cho dầm, đồng thời chịu các ứng suất do co ngót hoặc nhiệt độ. Nó được đặt ở miền bê tông chịu nén khi trong dầm chỉ phải tính cốt dọc chịu kéo. Đường kính cốt giá từ $10 \div 12\text{mm}$.

- **Cốt dọc phụ:** Đặt thêm vào hai mặt bên của tiết diện dầm khi $h > 700\text{mm}$. Cốt thép này có tác dụng giữ cho khung cốt thép khỏi bị xô lệch khi đổ bê tông, ngoài ra nó cũng có tác dụng khác như cốt giá.

Tổng diện tích cốt dọc cấu tạo không được nhỏ hơn 0,1% diện tích của sườn dầm.

Cốt xiên và cốt đai để chịu lực cắt Q . Cốt đai liên kết cốt thép vùng nén và vùng kéo của dầm đảm bảo cho tiết diện chịu được mômen, đồng thời cùng với các loại cốt dọc tạo khuôn cho dầm. Cốt đai thường dùng $\phi 6 \div \phi 10$. Nếu chiều

cao $h < 800\text{mm}$ nên dùng $\phi 6$, nếu dùng $h \geq 800\text{ mm}$ nên dùng $\phi 8$ hoặc lớn hơn. Cốt xiên có góc nghiêng α thường là 45° . Khi $h > 800\text{mm}$ lấy $\alpha = 60^\circ$. Với dầm thấp và bản lấy $\alpha = 30^\circ$. Khoảng cách và diện tích cốt đai, cốt xiên xác định theo tính toán. Cốt đai thường có hai nhánh, nhưng cũng có thể có một hoặc nhiều nhánh (Hình 7-3).

II. SỰ LÀM VIỆC CỦA CẤU KIỆN CHỊU UỐN

Khi thí nghiệm uốn một dầm đơn giản với tải trọng q tăng dần người ta thấy khi tải trọng còn nhỏ, dầm còn nguyên vẹn. Khi tải trọng đủ lớn sẽ thấy xuất hiện các vết nứt thẳng góc tại khu vực có mômen lớn, các vết nứt nghiêng tại khu vực có lực cắt lớn (Hình 7-4). Nếu tải trọng tăng nữa sẽ dẫn đến dầm bị phá hoại tại tiết diện có khe nứt thẳng góc hoặc tại tiết diện có khe nứt nghiêng.

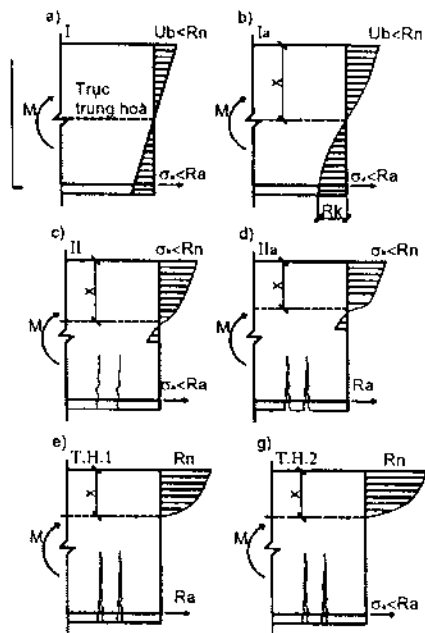


Hình 7-4: Các dạng khe nứt trong dầm đơn

Tính toán theo điều kiện cường độ là tính toán để đảm bảo cho dầm không bị phá hoại trên tiết diện thẳng góc và không bị phá hoại trên tiết diện nghiêng hay còn được gọi là tính toán điều kiện cường độ trên tiết diện thẳng góc và trên tiết diện nghiêng.

Quan sát sự phát triển của ứng suất và biến dạng trên tiết diện thẳng góc của dầm trong quá trình thí nghiệm người ta chia nó làm 3 giai đoạn:

Giai đoạn 1: Khi mômen còn nhỏ (thời gian mới đặt tải), vật liệu được xem như làm việc trong giai đoạn đàn hồi, quan hệ giữa biến dạng và ứng suất là quan hệ bậc nhất, sơ đồ ứng suất pháp có dạng hình tam giác (Hình 7.5a). Mômen tăng đến giá trị làm cho ứng suất kéo lớn nhất trong bê tông đạt tới cường độ chịu kéo của bê



Hình 7-5: Các giai đoạn trạng thái ứng suất biến dạng trên tiết diện thẳng góc

tông thì bê tông chuẩn bị nứt. Trong dầm biến dạng dẻo đã xuất hiện, sơ đồ ứng suất pháp chuyển sang dạng đường cong. Người ta gọi trạng thái ứng suất, biến dạng này là trạng thái Ia (Hình 7.5b). Muốn cho dầm không bị nứt, ứng suất pháp trên tiết diện thẳng góc không được vượt quá giai đoạn Ia

Giai đoạn 2: Khi mô men tăng lên, miền bê tông chịu kéo bị nứt, khe nứt phát triển dần lên phía trên. Tại vị trí có khe nứt, ứng suất kéo hoàn toàn do cốt thép chịu (Hình 7.5c).

- Nếu lượng cốt thép chịu kéo vừa đủ, khi mô men tăng ứng suất trong cốt thép có thể đạt tới giới hạn R_n (Hình 7.5d). Người ta gọi đây là trạng thái IIa.

Giai đoạn 3: Là giai đoạn phá hoại, mô men tiếp tục tăng, khe nứt phát triển dần lên phía trên, vùng bê tông chịu nén bị thu hẹp lại, ứng suất nén trong vùng nén tăng lên, trong khi đó ứng suất trong cốt thép không tăng nữa.

Khi ứng suất nén trong bê tông đạt tới cường độ chịu nén R_n của bê tông thì dầm bị phá hoại (Hình 7.5e). Sự phá hoại xảy ra khi ứng suất trong cốt thép đạt tới giới hạn R_n và ứng suất trong bê tông đạt đến giới hạn chịu nén R_n gọi là sự phá hoại dẻo. Trường hợp phá hoại này gọi là trường hợp phá hoại thứ nhất.

Nếu lượng cốt thép đặt vào quá nhiều, ứng suất trong cốt thép chưa đạt đến giới hạn chảy mà ứng suất trong bê tông đã đạt tới giới hạn chịu nén R_n , sự phá hoại dầm bắt đầu từ miền bê tông chịu nén. Trường hợp này là phá hoại giòn và được gọi là trường hợp phá hoại thứ hai (Hình 7.5g). Để dẫn đến trường hợp phá hoại giòn, sơ đồ ứng suất không qua trạng thái IIa.

Trường hợp phá hoại thứ hai rất bất lợi nên phải hết sức tránh vì nó chưa tận dụng hết khả năng chịu lực của cốt thép và khi bị phá hoại, biến dạng của kết cấu còn nhỏ nên khó để phòng.

Khi chuyển từ giai đoạn này sang giai đoạn khác, vị trí trục trung hoà tịnh tiến dần lên phía trên cùng sự phát triển của khe nứt.

III. TÍNH TOÁN ĐIỀU KIỆN CƯỜNG ĐỘ TRÊN TIẾT DIỆN THẲNG GÓC

TIẾT DIỆN CHỮ NHẬT

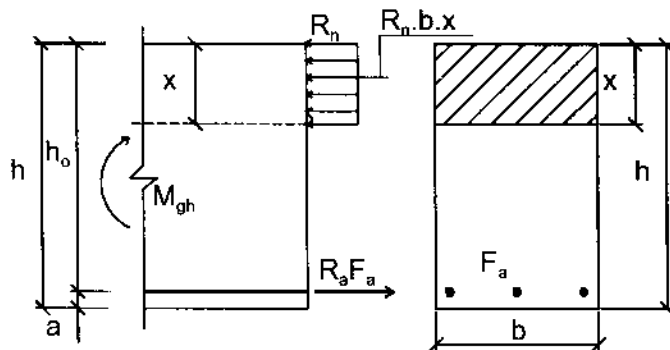
Để chống lại sự phá hoại, trên tiết diện thẳng góc theo vết nứt thẳng góc người ta đặt cốt dọc chịu lực. Có 2 trường hợp đặt cốt dọc chịu lực:

- Đặt cốt đơn: Là trường hợp cốt dọc chịu lực chỉ đặt trong vùng kéo, có diện tích là F_a .

- Đặt cốt kép: Khi cốt dọc chịu lực được đặt cả ở miền chịu kéo (F_a) và cả miền chịu nén (diện tích F_a').

1. Trường hợp đặt cốt đơn

1.1. Sơ đồ ứng suất - Phương trình cân bằng



Hình 7-6: Sơ đồ ứng suất của tiết diện có cốt đơn

Lấy trường hợp phá hoại thứ nhất làm cơ sở.

Một cách gần đúng, coi ứng suất trong bê tông vùng nén có dạng phân bố đều, ta được sơ đồ ứng suất dùng để tính toán trường hợp chữ nhật cốt đơn.

Theo sơ đồ này, ứng suất trong cốt thép đạt tới cường độ chịu kéo tính toán R_a , ứng suất trong bê tông vùng nén đạt tới cường độ chịu nén tính toán R_n ; bê tông vùng kéo không tính đến vì đã coi như bị nứt. Mô men trên tiết diện đạt giá trị lớn nhất gọi là mômen giới hạn (M_{gh}).

Trên hình 7.6 là sơ đồ một hệ lực phẳng song song cân bằng nên có 2 phương trình cân bằng tĩnh học:

- Tổng hình chiếu của các lực lên phương trục dầm (Z) bằng không, ta có:

$$R_a F_a = R_n b x \quad (a)$$

- Tổng mô men của các lực lấy với trục đi qua trọng tâm của cốt chịu kéo và vuông góc với mặt phẳng uốn bằng không, ta có:

$$M_{gh} = R_n b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) \quad (b)$$

Điều kiện cường độ khi tính theo trạng thái giới hạn là điều kiện đảm bảo cho tiết diện không vượt quá giới hạn về cường độ. Nghĩa là:

$$M \leq M_{gh}.$$

Từ (b) ta có:

$$M \leq R_n b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) \quad (1)$$

Kết hợp (a) và (1) ta có:

$$M \leq R_a F_a \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) \quad (2)$$

(1) và (2) là các điều kiện để tính cấu kiện chịu uốn có tiết diện chữ nhật, cốt đơn theo điều kiện cường độ và được gọi là điều kiện chịu lực của cấu kiện chịu uốn.

Trong các công thức trên:

M: Mô men uốn lớn nhất do tải trọng tính toán gây ra.

R_n : Cường độ chịu nén tính toán của bê tông.

R_a : Cường độ chịu kéo tính toán của cốt thép.

x: Chiều cao vùng bê tông chịu nén.

b: Chiều rộng của tiết diện.

h: Chiều cao của tiết diện.

h_0 : Chiều cao làm việc của tiết diện $h_0 = h - a$.

a: Khoảng cách từ mép bê tông chịu kéo của tiết diện đến trọng tâm cốt thép chịu kéo.

F_a : Diện tích tiết diện ngang của cốt thép chịu kéo tại tiết diện đang xét.

Thực nghiệm cho thấy, trường hợp phá hoại dẻo xảy ra khi chiều cao vùng bê tông chịu nén x thỏa mãn điều kiện:

$$x \leq \alpha_0 h_0 \quad (3)$$

Giá trị α_0 phụ thuộc mác bê tông và giá trị R_a của cốt thép. Nó biến thiên trong khoảng 0,3 ÷ 0,62 và được lấy theo phụ lục 17.

Một trong các đặc điểm của hiện tượng phá hoại giòn là nó xảy ra khi biến dạng còn nhỏ hoặc xảy ra một cách đột ngột. Nếu lượng thép quá nhiều sự phá hoại xảy ra khi biến dạng còn nhỏ. Nếu lượng thép quá ít, xảy ra phá hoại đột ngột, bởi vậy cần phải khống chế cả lượng thép nhiều nhất và lượng thép ít nhất trong bê tông.

Thay (a) vào (3) ta có:

$$F_a = \frac{R_n b x}{R_a} \leq \frac{\alpha_0 R_n b h_0}{R_a} = F_{a_{\max}}$$

Gọi $\mu = \frac{F_a}{bh_0} 100\%$ là hàm lượng cốt thép, thì hàm lượng cốt thép lớn nhất

của tiết diện là: $\mu_{\max} = \alpha_0 \frac{R_n}{R_a} 100\%$

Và hàm lượng cốt thép hợp lí trên tiết diện là:

$$\mu_{\min} \leq \mu \leq \mu_{\max}$$

$\mu_{\min}$: hàm lượng cốt thép nhỏ nhất (tối thiểu) thường được lấy bằng 0,1%

Vậy ta có điều kiện hạn chế của trường hợp tiết diện chữ nhật cốt đơn là:

$$x \leq \alpha_0 h_0 \text{ và } \mu_{\min} \leq \mu \leq \mu_{\max}$$

1.2. Công thức cơ bản - Điều kiện sử dụng

1.2.1. Công thức cơ bản

Để tiện cho việc tính toán người ta lập sẵn các bảng tra bằng cách đổi biến số như sau:

Đặt $\alpha = \frac{x}{h_0}$. Thay α vào (a) và (b) ta được:

$$R_a F_a = \alpha R_n b h_0 \quad (7.1)$$

$$M_{gh} = R_n b h_0 \alpha (1 - 0.5\alpha)$$

Đặt $A = \alpha (1 - 0.5\alpha)$ và $\gamma = 1 - 0.5\alpha$. Rồi thay chúng vào (1) và (2) ta được:

$$M \leq A R_n b h_0^2 \quad (7.2)$$

Và

$$M \leq \gamma R_a F_a h_0 \quad (7.3)$$

(7.1), (7.2) và (7.3) là các công thức cơ bản dùng để tính toán tiết diện.

Trong đó: α , A , γ là các hệ số được tra trong phụ lục 21.

1.2.2. Điều kiện hạn chế

- Từ (3) ta có: $\alpha \leq \alpha_0$ khi đó $A \leq A_0$
- Hàm lượng cốt thép: $\mu_{\min} \leq \mu \leq \mu_{\max}$

1.3. Các trường hợp tính toán

1.3.1. Bài toán thiết kế cốt thép

Biết M , kích thước tiết diện $b \times h$, mác bê tông và nhóm cốt thép. Yêu cầu thiết kế cốt thép F_a .

Từ mác bê tông và nhóm thép tra bảng được R_n , R_a , α_0 và A_0 .

Tính $h_0 = h - a$. Trong đó a được giả thiết như sau:

$A = 1,5 \div 2$ cm với bản có chiều dày $6 \div 12$ cm

$A = 3 \div 6$ cm (hoặc hơn nữa) với dầm:

Giả thiết $a = 3 \div 4$ cm cho cốt thép đặt một lớp và $5 \div 6$ cm cho cốt thép đặt hai lớp.

Từ 7.2 cho $M = M_{gh}$ ta có:

$$A = \frac{M}{R_n b h_0^2} \quad (7.4)$$

Nếu $A \leq A_0$: Điều kiện hạn chế thoả mãn.

Từ A tra phụ lục 21 ra α . Diện tích cốt thép F_a được tính từ (7.1):

$$F_a = \frac{\alpha R_n b h_0}{R_a} \quad (7.5)$$

Cũng có thể từ A tra ra γ rồi thay vào (7.3) để tính F_a .

Có F_a , dựa vào phụ lục 22 chọn thép và bố trí thép sao cho đảm bảo điều kiện chịu lực và điều kiện cấu tạo xét ở mục 1 và ở chương 6.

Chọn thép là chọn số lượng thanh và đường kính các thanh thép sao cho lượng thép chênh lệch so với tính toán thoả mãn quy định:

$$-3\% \leq \Delta F_a \leq 5\%$$

Trong đó $\Delta F_a \geq -3\%$ là bắt buộc, còn $\Delta F_a \leq 5\%$ chỉ để tiết kiệm thép và đảm bảo $\mu \leq \mu_{\max}$

ΔF_a được tính theo công thức:

$$\Delta F_a = \frac{F_{ach} - F_{at}}{F_{at}} 100\%$$

Với F_{ach} : diện tích cốt thép chọn.

F_{at} : diện tích cốt thép tính toán được.

Lượng thép hợp lí nhất là có hàm lượng $\mu\%$ trong khoảng:

- Với bản: $\mu = (0.3 \div 0.6)\%$

- Với dầm: $\mu = (0.6 \div 1.2)\%$

Chọn và bố trí thép xong cần kiểm tra lại giá trị thực tế của a . Nếu nó sai lệch nhiều so với giả thiết thì phải giả thiết lại a_{gt} và tính toán lại từ h_0 .

Nếu $A > A_0$ thì phải tăng kích thước tiết diện, tăng mức bê tông để đảm bảo $A \leq A_0$ hoặc phải đặt cốt thép vào vùng bê tông chịu nén để tăng khả năng chịu lực cho vùng nén, đây là bài toán cốt kép sẽ xét ở phần sau.

1.3.2. Bài toán chọn kích thước tiết diện

Biết M , mức bê tông và nhóm cốt thép. Yêu cầu tính b , h và F_a .

Để tính được F_a phải biết α , đây là bài toán 4 ẩn số trong khi ta chỉ có 2 phương trình độc lập là (7.1) và (7.2) hoặc (7.3). Để tính được ta phải giả thiết 2 ẩn. Dựa vào kinh nghiệm, vào cấu tạo và vào yêu cầu kiến trúc để chọn b ; còn α giả thiết trong khoảng $0,1 \div 0,25$ với bản, trong khoảng $0,3 \div 0,4$ với dầm.

Có α tra bảng ra A . Từ (7.2) tính được:

$$h_0 \geq \frac{1}{\sqrt{A}} \sqrt{\frac{M}{R_n b}} \quad (7.6)$$

Chiều cao tiết diện $h = h_0 + a$ phải được chọn phù hợp với các quy định cấu tạo. Nếu kết quả tính toán h bất hợp lý phải chọn lại b và α để tính lại.

Có h , quay trở về bài toán 1 để thiết kế cốt thép F_a

1.3.3. Bài toán xác định khả năng chịu lực

Biết kích thước tiết diện, F_a , mức bê tông và nhóm thép. Yêu cầu tính khả năng chịu lực của tiết diện M_{gh} .

Từ (7.1) có:

$$\alpha = \frac{R_a F_a}{R_n b h_0} \quad (7.7)$$

Nếu $\alpha \leq \alpha_0$: Điều kiện hạn chế thoả mãn. Từ α tra ra A . Thay A vào (7.2) được

$$M_{gh} = A R_n b h_0^2 \quad (7.8)$$

Tiết diện có khả năng chịu mômen M_{gh} lớn nhất là tiết diện có $\alpha = \alpha_0$ tức $A = A_0$. Khi đó:

$$M_{gh} = A_0 R_n b h_0^2 \quad (7.9)$$

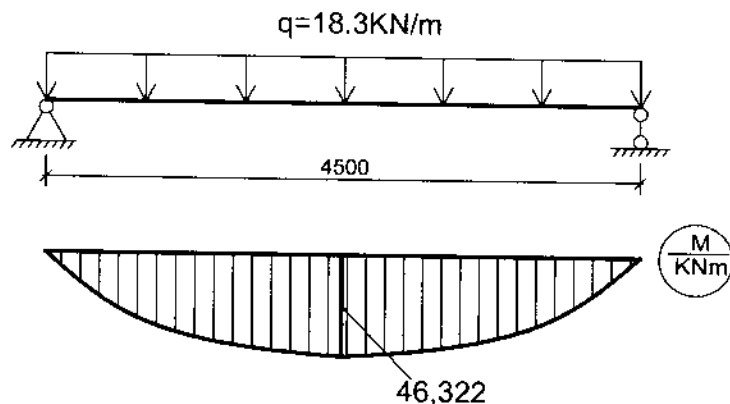
Nếu $\alpha > \alpha_0$: Tức là lượng thép F_a quá nhiều và điều kiện hạn chế không được thoả mãn, tiết diện bị phá hoại từ vùng nén.

1.5. Ví dụ tính toán

1.5.1. Ví dụ 7.1

Thiết kế cốt dọc chịu lực cho dầm sau. Biết dầm có tiết diện chữ nhật $b \times h = 20 \times 40 \text{ cm}^2$. Vật liệu dùng là bê tông M200, thép nhóm CI.

Bài giải:



Bước 1: Xác định số liệu tính:

$$h_0 = h - a = 40 - 3 = 37 \text{ cm}$$

Bê tông mác 200: tra phụ lục 15 được $R_n = 0,9 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$

Thép C-I tra phụ lục 18 được $R_a = 20 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$

$$M = \frac{ql^2}{8} = \frac{18,3 \cdot 4,5^2}{8} = 46,323 \text{ kNm} = 4632,2 \text{ kNcm}$$

Từ mác bê tông 200 và $R_a < 30 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$ tra phụ lục 17 được $\alpha_0 = 0,62$

$\alpha_0 = 0,62$ tra phụ lục 21 có $A_0 = 0,428$

Bước 2: Xác định cốt thép :

Theo (7.4) ta có:

$$A = \frac{M}{R_n b h_0^2} = \frac{4632,2}{0,9 \cdot 20 \cdot 37^2} = 0,188$$

$A = 0,188 < A_0 = 0,428$ thỏa mãn điều kiện đặt cốt đơn.

Từ A tra phụ lục 21 ra $\alpha = 0,21$

Từ (7.5)

$$F_a = \frac{\alpha R_n b h_0}{R_a} = \frac{0,21 \cdot 0,9 \cdot 20 \cdot 37}{20} = 6,993 \text{ cm}^2$$

Theo phụ lục 22 chọn thép:

Phương án 1: Dùng $2\phi 16 + 2\phi 14$ có $F_{ach} = 7,1 \text{ cm}^2$

Phương án 2: Dùng $2\phi 18 + 1\phi 16$ có $F_{ach} = 7,1 \text{ cm}^2$

Chọn $2\phi 10$ làm cốt dọc cấu tạo.

Cả hai phương án đều đặt cốt thép một lớp.

Bước 3: Kiểm tra các điều kiện cấu tạo:

Chọn $C_b = 2\text{cm}$.

Xác định khoảng cách a (theo phương án 2):

$$a = C_b + \frac{\phi_{\max}}{2} = 2 + \frac{1,8}{2} = 2,9\text{cm}$$

- Kiểm tra theo điều kiện $h_0 \geq h_{0\text{gt}}$

$h_0 = h - a = 40 - 2,9 = 37,1\text{cm} > h_{0\text{gt}} = 37\text{cm}$. Điều kiện kiểm tra đảm bảo.

- Kiểm tra điều kiện $e \geq e_{ct}$ ta kiểm tra với phương án 1 vì nó có e nhỏ:

$$e_{ct} \geq \begin{cases} \phi_{\max} \\ 2,5\text{cm} \end{cases} \rightarrow e_{ct} = 2,5\text{cm}$$

$$e = \frac{b - \left(2c_b + \sum_{i=1}^n \phi_i \right)}{n-1} = \frac{20 - (2.2 + 2.1,6 + 2.1,4)}{4-1} = 3,3\text{cm}$$

$e = 3,3 \text{ cm} > e_{ct}$. Khoảng cách cốt thép đảm bảo.

- Kiểm tra hàm lượng cốt thép $\mu_{\min} \leq \mu \leq \mu_{\max}$

$$\mu = \frac{F_{ach}}{bh_0} \cdot 100\% = \frac{7,1}{20.37} \cdot 100\% = 0,96\%$$

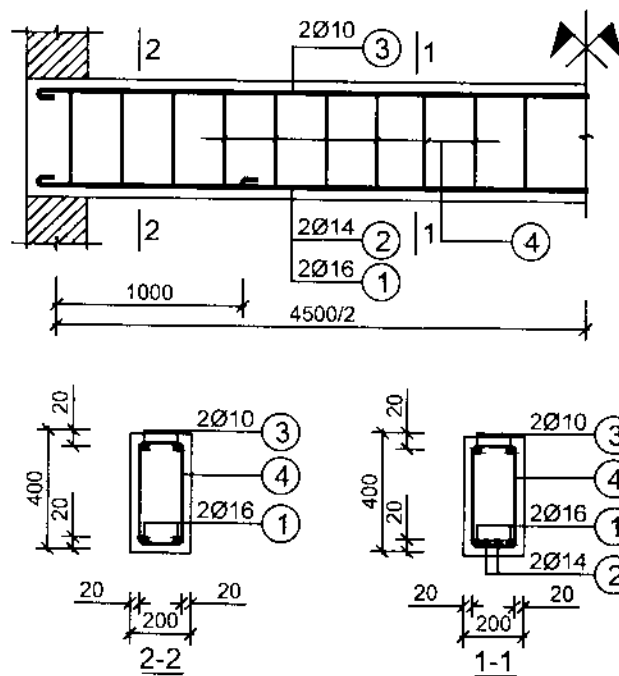
$$\mu_{\max} = \alpha_0 \frac{R_n}{R_a} \cdot 100\% = 0,62 \cdot \frac{90}{2000} \cdot 100\% \approx 2,8\%$$

$$\mu_{\min} = 0,1\%$$

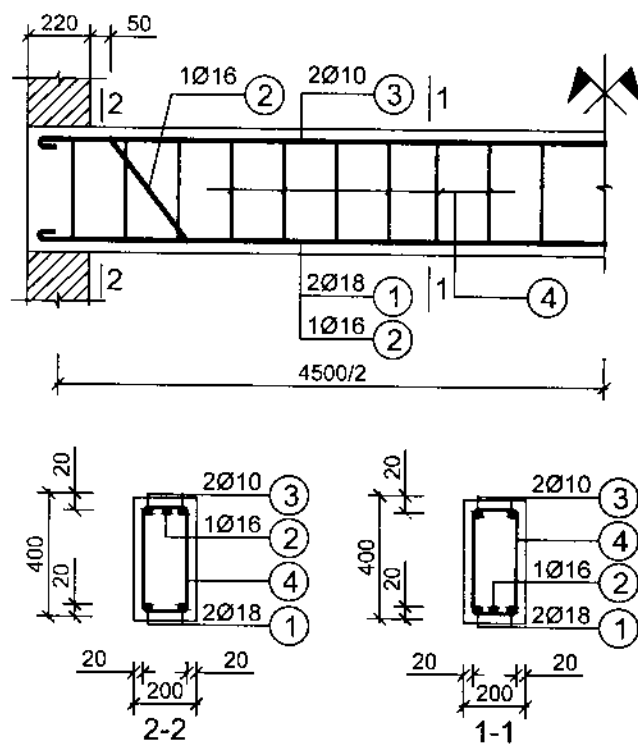
$$0,1\% < \mu = 0,96\% < 2,8\%$$

Cốt thép đảm thiết kế đạt yêu cầu và được thể hiện qua hình vẽ sau:

Bố trí thép theo phương án 1:



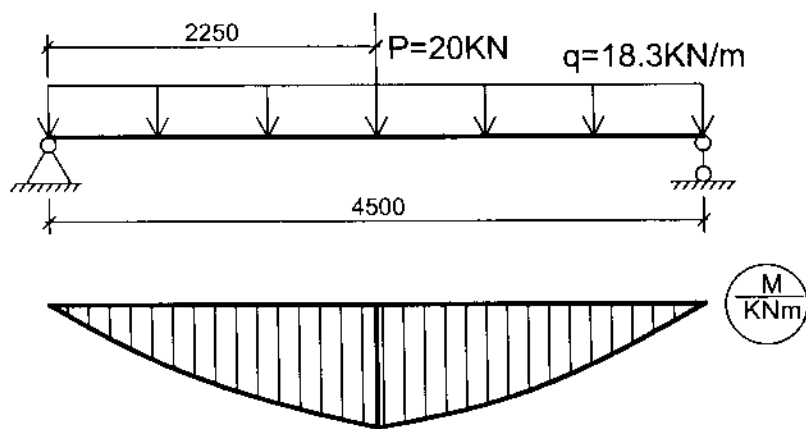
Bố trí thép theo phương án 2:



1.5.2. Ví dụ 7.2

Xác định tiết diện cho dầm như hình vẽ. Biết dầm có tiết diện chữ nhật $b \times h$ và dùng bê tông M200.

Bài giải:



Bước 1: Xác định số liệu tính:

- Giả thiết chọn $a = 3\text{ cm} \rightarrow h = h_0 + a$

Bê tông mác 200 có $R_n = 90\text{ daN/cm}^2$

Là dầm chọn $\alpha = 0,35 \rightarrow A = 0,289$

Chọn $b = 20\text{ cm}$.

$$M_{\max} = \frac{ql^2}{8} + \frac{Pl}{4} = \frac{18,3 \cdot 4,5^2}{8} + \frac{20 \cdot 4,5}{4} = 68,822\text{ KNm} = 6882,2 \cdot 10^2\text{ daNcm}$$

Bước 2: Xác định tiết diện:

$$h_0 = \frac{1}{\sqrt{A}} \sqrt{\frac{M_{\max}}{R_n b}} = \frac{1}{\sqrt{0,289}} \sqrt{\frac{6882,2 \cdot 10^2}{90 \cdot 20}} = 36,4\text{ cm}$$

$$h = 36,4 + 3 = 39,4\text{ cm}$$

Chọn $h = 45\text{ cm}$, kiểm tra kích thước theo quy định cấu tạo của tiết diện:
Dầm là dầm chính nên:

$$\frac{1}{8} < \frac{h}{l} = \frac{45}{450} = \frac{1}{10} < \frac{1}{12}$$

Vậy tiết diện dầm là $20 \times 45\text{ cm}^2$ là đảm bảo.

Chú ý: Mục tiêu của bài toán kết cấu BTCT là phải xác định được cốt thép. Kích thước $b \times h$ trong bài toán trên chỉ là tiết diện sơ bộ, không phải là duy

nhất. Thực tế sử dụng chiều cao dầm càng nhỏ (trong phạm vi quy định) chiều cao thông thủy của nhà càng tăng. Ta có thể chọn $h = 40\text{cm}$.

1.5.3. Ví dụ 7.3

Cho một dầm như hình vẽ. Biết dầm có tiết diện chữ nhật $b \times h = 20 \times 40(\text{cm}^2)$. Dầm dùng bê tông mác 200, thép nhóm C-I. Tại biên dưới của tiết diện đã đặt 4φ16. Kiểm tra khả năng chịu mômen của tiết diện.

Bài giải:

Bước 1: Số liệu tính: 4φ16 tra bảng có $F_a = 8,04\text{cm}^2$.

$$\text{Chọn } c_b = 2\text{cm}, a = c_b + \frac{\phi}{2} = 2 + \frac{1,8}{2} = 2,9\text{cm}$$

Để tiện tính toán lấy $a = 3\text{cm}$

$$h_0 = h - a = 40 - 3 = 37\text{cm}.$$

$$\text{Bê tông mác 200 có } R_n = 90 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Thép C-I có } R_a = 2000 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

Bê tông M200 và $R_a < 3000 (\text{daN}/\text{cm}^2)$, tra bảng có $\alpha_0 = 0,62$.

$$M_{\max} = q l^2 / 8 = 30.4,5^2 / 8 = 75,938\text{kNm} \approx 76\text{kNm} = 760000\text{daNcm}$$

Bước 2: Kiểm tra khả năng chịu lực của dầm

Theo 7.7 có:

$$\alpha = \frac{R_a F_a}{R_n b h_0} = \frac{2000.8,04}{90.20.37} = 0,241 < \alpha_0 = 0,62$$

$$\alpha = 0,241 \text{ tra bảng được } A \approx 0,211$$

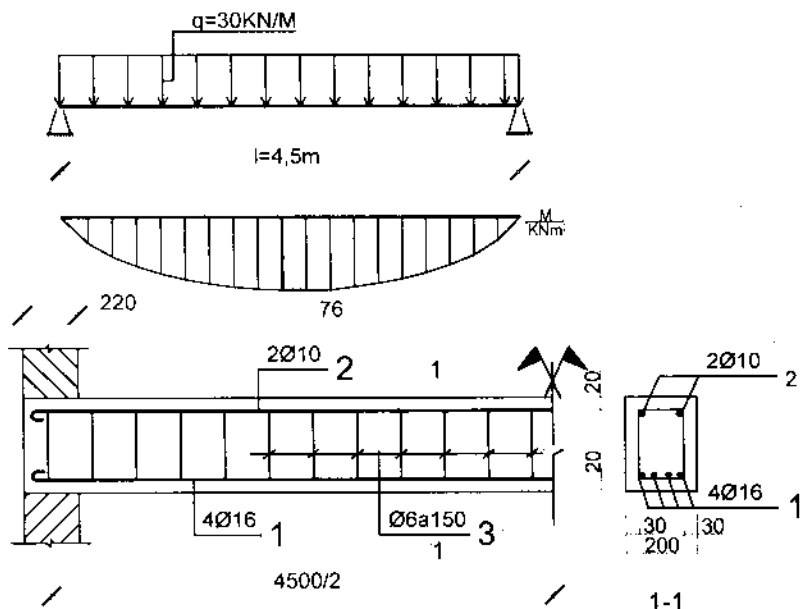
Dùng (7.8)

$$M_{gh} = A. R_n. b. h_0^2 = 0,211.90.20.37^2 = 519946,2\text{daNcm} \approx 52\text{kNm}$$

Kiểm tra khả năng chịu lực:

$$M_{gh} = 52\text{kNm} < M_{\max} = 76\text{kNm}$$

Vậy dầm không đủ khả năng chịu lực.

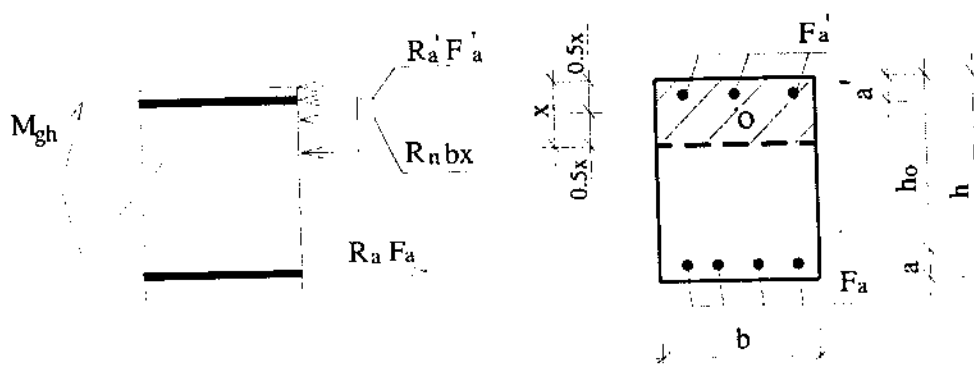


2. Trường hợp đặt cốt kép

Khi tính cốt thép đơn, nếu $A > A_0$ tức là điều kiện hạn chế (3) không được thoả mãn. Để tránh phải tăng kích thước tiết diện và tăng mác bê tông ta đặt cốt thép dọc chịu lực F_a' vào vùng bê tông chịu nén. Trên tiết diện cốt dọc chịu lực đặt cả ở miền chịu kéo, cả ở miền chịu nén được gọi là trường hợp đặt cốt kép.

Vì lý do kinh tế nên khi $A_0 > 0,5$ thì nên tăng kích thước tiết diện để $A_0 \leq 0,5$ hãy tính cốt thép chịu nén F_a' .

2.1. Sơ đồ ứng suất - phương trình cân bằng



Hình 7-7: Sơ đồ ứng suất của tiết diện đặt cốt kép

Cũng như trường hợp đặt cốt đơn, lấy sơ đồ ứng suất III.1 làm cơ sở và coi ứng suất trong bê tông vùng nén là hình chữ nhật, ta có sơ đồ ứng suất tính toán cho trường hợp cốt kép như hình 7.7

Trên hình 7.7 cho thấy, ứng suất trong cốt thép chịu kéo F_a đạt đến cường độ chịu kéo R_a . Ứng suất trong cốt thép chịu nén F_a' đạt đến cường độ chịu nén R_a' . Ứng suất trong bê tông chịu nén đạt đến cường độ chịu nén R_n . Chiều cao vùng bê tông chịu nén là x . Diện tích cốt dọc chịu nén là F_a' .

2.2. Công thức cơ bản - Điều kiện sử dụng

2.2.1. Công thức cơ bản

Lập các phương trình cân bằng tĩnh học:

$\Sigma Z = 0$ ta có:

$$R_a F_a = R_n b x + R_a' F_a' \quad (c)$$

$\Sigma M_{1-1} = 0$ ta có:

$$M_{gh} = R_n b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + R_a' F_a' (h_0 - a') \quad (d)$$

Điều kiện cường độ:

$$M \leq M_{gh} \quad (4)$$

Có dạng:

$$M \leq R_n b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + R_a' F_a' (h_0 - a')$$

Nếu đặt $\alpha = \frac{x}{h_0}$ và $A' = \alpha (1 - 0,5\alpha)$ thì (c) và (d) có dạng:

$$R_a F_a = \alpha R_n b h_0 + R_a' F_a' \quad (7.9)$$

$$M \leq A'_0 R_n b h_0^2 + R_a' F_a' (h_0 - a') \quad (7.10)$$

Trong đó: a' là khoảng cách từ mép chịu nén của tiết diện đến trọng tâm cốt thép F_a' .

α , A' là các hệ số tra phụ lục 21 với A' có ý nghĩa như hệ số A trong trường hợp cốt đơn. Các ký hiệu khác như trường hợp cốt đơn.

2.2.2. Điều kiện sử dụng

$$x \leq \alpha_0 h_0 \text{ thì } \alpha \leq \alpha_0 \text{ hoặc } A' \leq A_0 \quad (5)$$

$$x \geq 2a' \text{ hay } \alpha \geq \frac{2a'}{h_0} \quad (6)$$

2.3. Các trường hợp tính toán

2.3.1. Bài toán tính F_a và F_a' khi biết M, b, h, R_n, R_a, R_a'

Trước tiên phải giả thiết a, a' và kiểm tra điều kiện cần thiết phải đặt cốt kép:

$$A_0 < A = \frac{M}{R_n b h_0^2} \leq 0,5 \quad (7.11)$$

Bài toán có 3 ẩn số là F_n, F_a' và A' vì vậy để tính được F_a' phải biết A' .

Vùng bê tông chịu nén có khả năng chịu lực lớn nhất khi x có giá trị tối đa. Vậy ta chọn $\alpha = \alpha_0$ nghĩa là $A' = A_0$. Thay vào 7.10 và cho $M = M_{gh}$ ta được:

$$F_a' = \frac{M - A_0 R_n b h_0^2}{R_a' (h - a')} \quad (7.12)$$

Thay F_a' và α_0 vào 7.9 sẽ có:

$$F_a = \frac{\alpha_0 R_n b h_0}{R_a} + \frac{R_a'}{R_a} F_a' \quad (7.13)$$

Có F_a' và F_a chọn và bố trí thép cho vùng nén, vùng kéo như với trường hợp cốt đơn.

2.3.2. Bài toán tính F_a khi biết $M, b, h, F_a', R_a, R_a', R_n$

Dựa vào F_a' xác định a'

Từ 7.10 ta có:

$$A' = \frac{M - R_a' F_a' (h_0 - a')}{R_n b h_0^2} \quad (7.14)$$

- Nếu $A' > A_0$ nghĩa là F_a' còn quá ít, chưa đủ điều kiện chịu lực cho vùng nén. Lúc này xem như F_a' chưa biết để trở về bài toán một.

- Nếu $A' \leq A_0$:

Từ A' tra bảng ra α :

+ Khi $\alpha > \frac{2a'}{h_0}$: Thay α vào (7.9) tính được:

$$F_a = \frac{\alpha R_n b h_0}{R_a} + \frac{R_a'}{R_a} F_a' \quad (7.15)$$

+ Khi $\alpha = \frac{2a'}{h_0}$ tức là $x = 2a'$. Để công thức tính đơn giản, ta lập phương trình cân bằng mô men đối với trọng tâm cốt thép F_a' và được:

$$M_{gh} = R_a F_a (h_0 - a') \quad (7.16)$$

Từ 7.16, cho $M = M_{gh}$ ta có:

$$F_a = \frac{M}{R_a (h_0 - a')} \quad (7.17)$$

+ Khi $\alpha < \frac{2a'}{h_0}$: lấy $\alpha = \frac{2a'}{h_0}$ và tính F_a theo công thức 7.17.

Có F_a chọn thép cho vùng kéo.

2.3.3. Bài toán xác định khả năng chịu lực của tiết diện

Biết $b, h, R_n, R_a', F_a',$ tính M_{gh}

Từ 7.9 ta có:

$$\alpha = \frac{R_a F_a - R_a' F_a'}{R_n b h_0} \quad (7.18)$$

- Nếu $\alpha \geq \alpha_0$ lấy $\alpha = \alpha_0$ và $A' = A_0$. Thay vào biểu thức (7.10) tính được:

$$M_{gh} = A_0 R_n b h_0^2 + R_a' F_a' (h_0 - a') \quad (7.19)$$

- Nếu $\alpha < \alpha_0$ và $\alpha > \frac{2a'}{h_0}$: Từ α tra bảng ra A' . Thay A' vào (7.10) sẽ có:

$$M_{gh} = A' R_n b h_0^2 + R_a' F_a' (h_0 - a') \quad (7.20)$$

- Nếu $\alpha < \alpha_0$ và $\alpha \leq \frac{2a'}{h_0}$; dùng (7.16) ta được:

$$M_{gh} = R_a F_a (h_0 - a') \quad (7.21)$$

2.4. Điều kiện của bài toán cốt kép

$$A_0 < A = \frac{M}{R_n b h_0^2} \leq 0,5$$

$$A'_0 = \frac{M - R_a' F_a' (h_0 - a')}{R_n b h_0^2} \leq A_0 \quad (7.22)$$

2.5. Ví dụ tính toán

2.5.1. Ví dụ 7.4

Một dầm bê tông cốt thép tiết diện 20×40 (cm²), chịu mômen uốn tính toán $M = 112$ KNm, giả thiết $a = 4,5$ cm, $a' = 3$ cm. Dầm dùng bê tông mác 200, thép loại C-II. Yêu cầu thiết kế cốt dọc cho dầm.

Bài giải:

Bước 1: Số liệu tính toán:

$$h_0 = h - a = 40 - 4,5 = 35,5 \text{ cm}$$

$$\text{Bê tông mác 200 có } R_n = 90 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Thép C-II có } R_a = R_a' = 2600 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

Từ mác bê tông và R_a của cốt thép tra bảng được $\alpha_0 = 0,62$ và $A_0 = 0,428$

$$M = 112 \text{KNm} = 112 \cdot 10^4 \text{daNcm.}$$

Bước 2: Thiết kế cốt thép:

Kiểm tra trường hợp tính: Dựa vào (7.11)

$$A_0 = 0,428 < A = \frac{M}{R_n b h_0^2} = \frac{112 \cdot 10^4}{90 \cdot 20 \cdot 35,5^2} = 0,494 < 0,5$$

Thoả mãn bài toán đặt cốt kép.

Đây là bài toán 1 của trường hợp cốt kép, ta phải chọn trước α và A'

Chọn $\alpha = \alpha_0 = 0,62$. Khi đó $A' = A_0 = 0,428$.

Theo (7.12) ta tính được:

$$F_a' = \frac{M - A_0 R_n b h_0^2}{R_a' (h_0 - a')} = \frac{112 \cdot 10^4 - 0,428 \cdot 90 \cdot 20 \cdot 35,5^2}{2600 (35,5 - 3)} = 1,765 \text{cm}^2$$

Theo 7.13:

$$F_a = \frac{\alpha_0 R_n b h_0}{R_a} + \frac{R_a'}{R_a} F_a' = \frac{0,62 \cdot 90 \cdot 20 \cdot 35,5}{2600} + \frac{2600}{2600} \cdot 1,765 = 17 \text{cm}^2$$

Chọn cốt thép cho:

- Vùng nén: Chọn $2\Phi 12$ có $F_{ach} = 2,26 \text{cm}^2$, $\Delta F_a \approx 38\%$ nhưng là cách chọn tốt nhất.

- Vùng kéo: Chọn $2\Phi 28 + 1\Phi 25$ có $F_{ach} = 17,23 \text{cm}^2$

$$-3\% < \Delta F_a = \frac{17,23 - 17}{17} 100\% = 1,35\% < 5\%$$

Lượng thép chọn là hợp lý.

Chọn $C_b = 3 \text{ cm}$ để kiểm tra các điều kiện cấu tạo:

$$e = \frac{200 - (2.30 + 2.28 + 25)}{3 - 1} = 29,5mm$$

$$e_{ct} \geq \begin{cases} \phi_{max} = 28mm \\ 25mm \end{cases}$$

$e = 29,5mm > e_{ct} = 28mm$ vậy khoảng cách e đảm bảo 2

Kiểm tra a và a'

$$a = C_b + \frac{\phi_{max}}{2} = 3 + \frac{2,8}{2} = 4,4cm \rightarrow h_0 = 40 - 4,4 = 35,6cm$$

$$a = 4,4cm < a_{gt} = 4,5cm.$$

Vậy a đảm bảo.

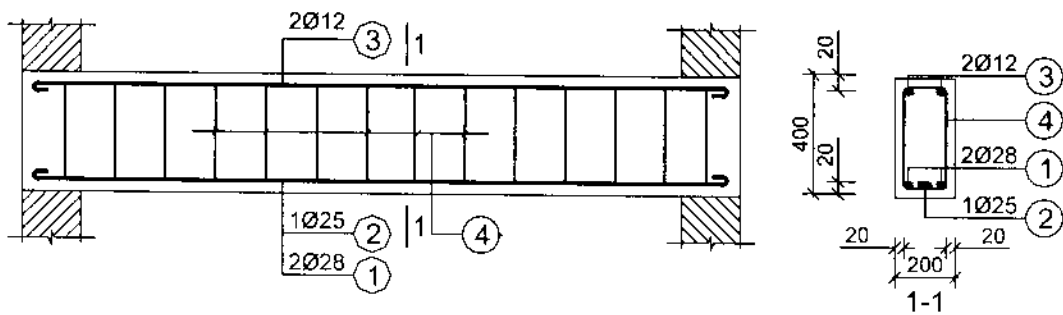
$$a' = C'_b + \frac{\Phi'_{max}}{2} = 2 + \frac{1,2}{2} = 2,6cm$$

$$a' = 2,6cm < a'_{gt} = 3cm$$

Vậy a' đảm bảo.

Đảm bảo yêu cầu cấu tạo.

Vậy cốt thép thiết kế đạt yêu cầu. Thép trong dầm được bố trí như hình vẽ.



2.5.2. Ví dụ 7.5

Cho một dầm bê tông cốt thép tiết diện $20 \times 50(cm^2)$, mômen uốn tại vị trí bất lợi $M = 160 KNm$. Giả thiết $a = 5cm$. Dầm dùng bê tông mác 200, thép nhóm A-II. Miền chịu nén đã có $2\Phi 12$ với $a' = 3cm$.

Yêu cầu thiết kế cốt dọc chịu kéo cho dầm.

Bài giải:

Bước 1: Số liệu tính toán:

$$h_0 = h - a = 50 - 5 = 45 \text{ cm.}$$

$$\text{Bê tông mác 200 có } R_n = 90 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Thép nhóm A-II có } R_a = R_a' = 2800 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Bê tông mác 200, } R_n < 3000 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \rightarrow \text{Tra phụ lục 17 được } \alpha_0 = 0,62 \text{ có } A_0 = 0,428.$$

$$\text{Vùng nén có } 2\Phi 12: \text{Tra phụ lục 22 ta được } F_a' = 2,26 \text{ cm}^2.$$

$$M = 160 \text{ KNm} = 160 \cdot 10^4 \text{ daNcm.}$$

Bước 2: Kiểm tra điều kiện tính.

$$0,428 < A = \frac{M}{R_n b h_0^2} = \frac{160 \cdot 10^4}{90 \cdot 20 \cdot 45^2} = 0,439 < 0,5$$

Thoả mãn trường hợp cốt kép.

Kiểm tra lượng thép F_a' . Theo (7.14) có:

$$A' = \frac{M - R_a' F_a' (h_0 - a')}{R_a b h_0^2} = \frac{160 \cdot 10^4 - 2800 \cdot 2,26 (45 - 3)}{90 \cdot 20 \cdot 45^2} = 0,366$$

$$A' = 0,366 < A_0 = 0,428$$

Diện tích F_a' đã đủ.

Bước 3: Thiết kế cốt thép.

$$A = 0,366 \text{ tra phụ lục 21 được } \alpha = 0,48$$

$$\frac{2a'}{h_0} = \frac{2 \cdot 3}{45} = 0,133 < \alpha = 0,48$$

Dùng (7.13) để tính F_a :

$$F_a = \frac{\alpha R_n b h_0}{R_a} + \frac{R_a'}{R_a} F_a' = \frac{0,48 \cdot 90 \cdot 20 \cdot 45}{2800} + \frac{2800}{2800} \cdot 2,26 = 16,146 \text{ cm}^2$$

$$\text{Theo phụ lục 22 chọn } 2\Phi 25 + 1\Phi 28 \text{ có } F_{ach} = 15,987 \text{ cm}^2$$

- $3\% < \Delta F_a = -1\%$: Lượng cốt thép chênh lệch trong phạm vi cho phép.

Bước 4: Kiểm tra điều kiện cấu tạo.

$$\text{Chọn } C_b = 30 \text{ mm vì } \Phi_{\max} = 25 \text{ mm.}$$

Kiểm tra a và a' :

$$a = c_b + \frac{\Phi_{\max}}{3} = 30 + \frac{28}{2} = 44\text{mm} = 4,4\text{cm} < a_{gt} = 5\text{cm}$$

Vậy a đảm bảo quy định

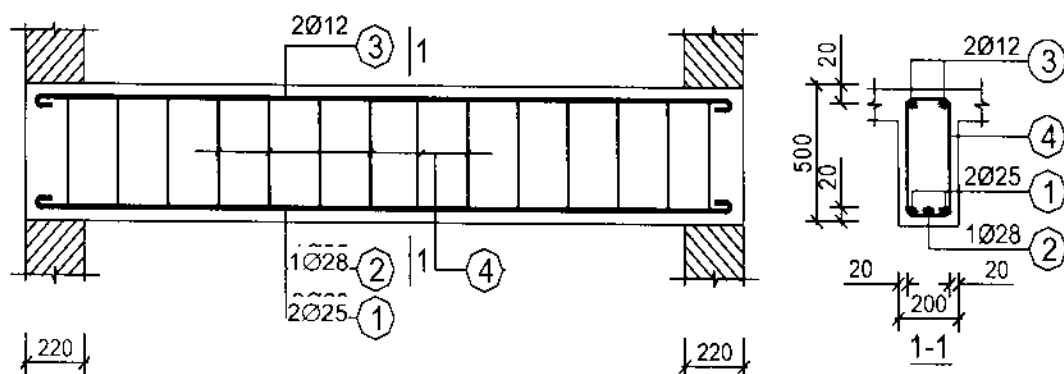
$$C'_b = a' - \frac{\Phi_{\max}}{2} = 3 - \frac{1,2}{2} = 2,4\text{cm} > c'_b \geq 2\text{cm}. \text{ Vậy } a' \text{ phù hợp cấu tạo.}$$

Kiểm tra c:

$$e = \frac{200 - (2.30 + 2.25 + 28)}{3 - 1} = 31\text{mm}$$

$e = 31\text{mm} > e_{ct} \geq 28\text{mm}$, khoảng cách e đảm bảo.

Vậy cốt thép thiết kế đạt yêu cầu và được thể hiện qua hình vẽ.



2.5.3. Ví dụ 7.6

Cho dầm bê tông cốt thép tiết diện chữ nhật $b \times h = 25 \times 50(\text{cm}^2)$, tại miền chịu kéo có $4\Phi 22$, miền chịu nén có $2\Phi 16$. Dầm dùng bê tông mác 200, thép dọc nhóm A-II. Xác định khả năng chịu mômen cho dầm biết $c_b = 2,5\text{cm}$ và $c'_b = 2\text{cm}$

Bài giải

Bước 1: Số liệu tính.

Vùng kéo và vùng nén đều có cốt thép chịu lực nên là trường hợp đặt cốt kép.

$$h_0 = h - a = 50 - (2,5 + \frac{2,2}{2}) = 46,4\text{ cm}$$

$$a' = c'_b + \frac{\phi'}{2} = 2 + \frac{1,6}{2} = 2,8 \approx 3\text{cm}$$

$$\text{Bê tông mác 200 có } R_n = 90 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

Thép A - II có $R_a = R_a' = 2800 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$

Từ mác bê tông và R_a tra bảng có $\alpha_0 = 0,62$ và $A_0 = 0,428$.

$F_a = F_{4\Phi22}$ tra bảng được $F_a = 15,2\text{cm}^2$.

$F_a' = F_{2\Phi16}$ tra bảng được $F_a' = 4,02\text{cm}^2$.

Bước 2: Xác định khả năng chịu lực của tiết diện.

Đây là bài toán 3 của trường hợp đặt cốt kép. Trước tiên phải tính hệ số α .

Theo 7.18 thì:

$$\alpha = \frac{R_a F_a - R_a' F_a'}{R_n b h_0} = \frac{2800(15,2 - 4,02)}{90.25.46,4} = 0,300$$

$\alpha = 0,3 < \alpha_0 = 0,62$: thỏa mãn điều kiện bài toán cốt kép.

$$\alpha = 0,3 > \frac{2a'}{h_0} = \frac{2.3}{46,4} = 0,13$$

Từ $\alpha = 0,3$ tra phụ lục 21 được $A' = 0,255$

$$M_{gh} = A_0' R_n b h_0^2 + R_a' F_a' (h_0 - a')$$

$$= 0,255.90.25.46,4^2 + 2800.4,02(46,4 - 3)$$

$$= 1723771 \text{ daNcm} \approx 172,4 \text{ KNm}$$

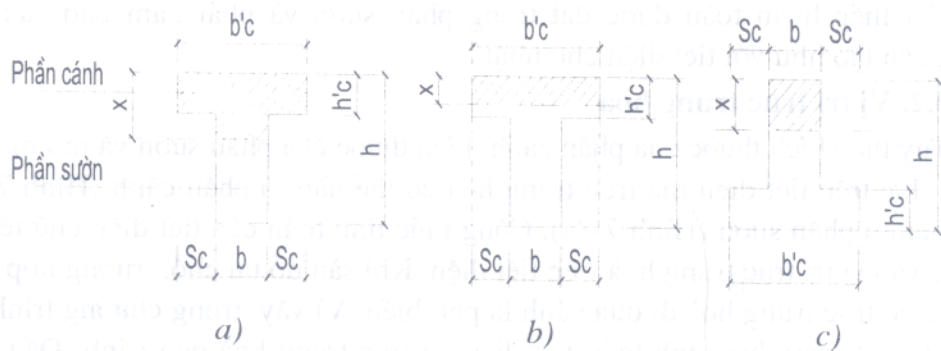
$$M_{gh} = 172,4 \text{ KNm}$$

TIẾT DIỆN CHỮ TÊ CỐT ĐƠN

3. Đặc điểm của tiết diện

3.1. Đặc điểm cấu tạo

Tiết diện chữ tê gồm phần cánh $b'_c \times h'_c$ và phần sườn $b \times h$ (H.7-8a). Cánh có thể nằm ở vùng nén (H.7-8b), cũng có thể nằm ở vùng kéo (H.7-8c). Khi cánh ở vùng nén, diện tích vùng bê tông chịu nén được tăng thêm so với tiết diện chữ nhật nên tiết kiệm vật liệu hơn tiết diện chữ nhật $b \times h$. Khi cánh ở vùng kéo, vì bê tông chịu kéo kém, không tính đến bê tông chịu kéo nên nó chỉ có giá trị như tiết diện chữ nhật $b \times h$. Vậy tiết diện chữ tê được tính là chữ tê khi có cánh ở vùng nén. Theo hình 7- 8 thì $b'_c = b + 2S_c$.



Hình 7-8: Tiết diện chữ T

Để cánh cùng tham gia chịu lực với sườn, độ vươn S_c của cánh không được vượt quá quy định. Độ vươn của cánh S_c phụ thuộc dầm, đó là dầm đỡ riêng rẽ hay dầm đỡ toàn khối với bản sàn.

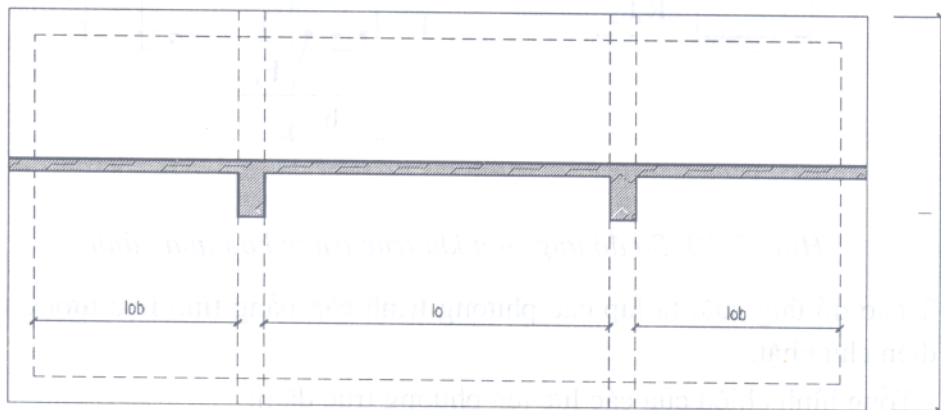
* Dầm đỡ liên sàn (Hình 7-9)

$$S_c \leq \begin{cases} \bullet l/6 \\ \bullet l_0/2 \\ \bullet 9h'_c \text{ khi } h'_c \geq 0,1h \text{ hoặc } 6h'_c \text{ khi } h'_c < 0,1h \end{cases}$$

* Dầm đỡ độc lập:

$$S_c \leq \begin{cases} \bullet l/6 \\ \bullet 6h_c \text{ khi } h_c \geq 0,1h \\ \bullet 3h_c \text{ khi } 0,05h \leq h_c < 0,1h \end{cases}$$

$$S_c = 0 \quad \text{khi } h_c < 0,05h$$



Hình 7-9: Khoảng cách l_0 và l để tính S_c

Cốt thép hoàn toàn được đặt trong phần sườn và phải đảm bảo các quy định, cấu tạo như với tiết diện chữ nhật.

3.2. Vị trí trục trung hoà

Tuỳ theo kích thước của phần cánh, kích thước của phần sườn và mô men do ngoại lực trên tiết diện mà trục trung hoà có thể nằm ở phần cánh (Hình 7-8b) hay nằm ở phần sườn (Hình 7-8a). Công thức tính toán của tiết diện chữ T phụ thuộc vào vị trí trục trung hoà trên tiết diện. Khi sàn đổ tại chỗ, trường hợp dầm chữ T có trục trung hoà đi qua cánh là phổ biến. Vì vậy, trong chương trình chỉ giới thiệu trường hợp tính toán tiết diện có trục trung hoà qua cánh. Dấu hiệu nhận biết trục trung hoà qua cánh là:

$$M \leq M_c \text{ hoặc } R_a F_a \leq R_n b'_c h'_c$$

Với M và F_a : là mô men và diện tích cốt thép tại tiết diện đang xét.

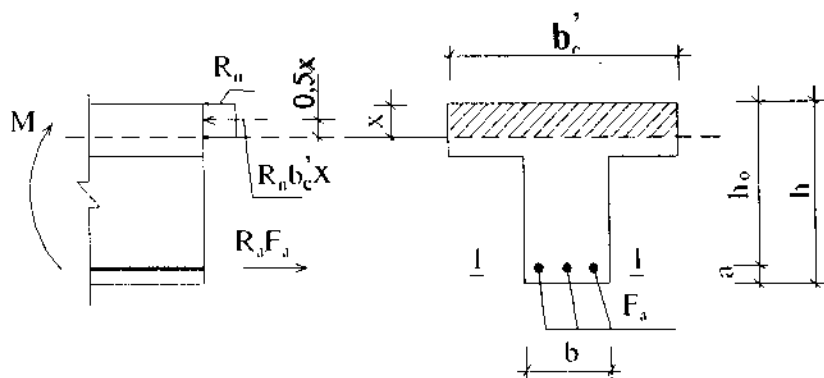
M_c : mômen giới hạn của phần cánh.

$$M_c = R_n b'_c h'_c (h_0 - 0,5h'_c)$$

4. Tính toán tiết diện chữ T có trục trung hoà đi qua cánh

4.1. Sơ đồ ứng suất

Công thức cơ bản (Hình 7-10)



Hình 7-10: Sơ đồ ứng suất khi trục trung hoà qua cánh

Từ sơ đồ ứng suất ta lập các phương trình cân bằng tĩnh học tương tự như tiết diện chữ nhật.

- Tổng hình chiếu của các lực lên phương trục dầm:

$$\sum Z = 0 \text{ ta có: } R_a F_a = R_n b'_c x \quad (1)$$

- Tổng mô men của các lực lấy với trọng tâm cốt thép F_a

$$\sum M_{1-1} = 0 \text{ ta có: } M = R_n \cdot b' \cdot c \cdot x (h_0 - 0,5x) \quad (2)$$

Điều kiện sử dụng của (1) và (2) là $x \leq \alpha_0 h_0$

Đặt $x = \alpha h_0$; thay vào (1) và (2):

$$A = \alpha (1 - 0,5\alpha)$$

Khi đó (1) và (2) có dạng:

$$R_a F_a = \alpha \cdot R_n \cdot b' \cdot c \cdot h_0 \quad (7-1a)$$

$$M = A \cdot R_n \cdot b \cdot h_0^2 \quad (7-2a)$$

Nhìn vào hai công thức trên ta thấy, nếu thay b'_c vào công thức (7-1) và (7-2) sẽ được (7-1a) và (7-2a). Vì vậy, người ta nói khi tiết diện chữ T có trục trung hoà đi qua cánh được tính như tiết diện chữ nhật có kích thước $b'_c \times h$

4.2. Các trường hợp tính toán

Khi tính toán tiết diện chữ T cũng có bài toán thiết kế cốt dọc chịu lực và bài toán xác định khả năng chịu lực của tiết diện (M_{gh}) như trường hợp tiết diện chữ nhật cốt đơn, ta vẫn sử dụng các công thức của tiết diện chữ nhật cốt đơn nhưng phải thay b bằng b'_c .

4.3. Ví dụ 7-7

Một dầm bê tông cốt thép tiết diện chữ T, kích thước tiết diện $b = 25\text{cm}$, $h = 50\text{cm}$, $b'_c = 150\text{cm}$, $h'_c = 7\text{cm}$. Mômen uốn lớn nhất trong dầm $M = 160\text{kNm}$. Dầm dùng bê tông mác 200, thép nhóm C-II. Giả thiết $a = 4\text{cm}$. Thiết kế cốt dọc cho dầm.

Bài giải

- Bước 1: Xác định số liệu tính:

$$h_{0gt} = h - a_{gt} = 50 - 4 = 46\text{cm}$$

Bê tông mác 200 có $R_n = 0,9\text{kN/cm}^2$

Thép nhóm C-II có $R_a = 26\text{kN/cm}^2$

Bê tông mác 200 và $R_a < 30\text{kN/cm}^2$ có $\alpha_0 = 0,62$ và $A_0 = 0,428$

$$M = 160\text{kNm} = 160.10^2\text{kNcm}.$$

Tiết diện T có $M > 0$.

Vậy cánh ở vùng nén, tính toán theo tiết diện chữ T.

$$M_c = R_n \cdot b' \cdot c \cdot h'_c \cdot (h_0 - 0,5h'_c) = 0,9 \cdot 150 \cdot 7 \cdot (46 - 0,5 \cdot 7)$$

$$= 40162,5\text{kNcm} = 401,625.10^2\text{kNcm} > M = 160.10^2\text{kNcm}.$$

Vậy trục trung hoà đi qua cánh, ta tính với tiết diện chữ nhật $b'_c \times h$.

Bước 2: Thiết kế cốt thép:

$$A = \frac{M}{R_n \cdot b'_c \cdot h_0^2} = \frac{160.10^2}{0,9.150.46^2} = 0,056 < A_0$$

Thoả mãn trường hợp đặt cốt đơn.

$A_0 = 0,056$ có $\alpha \approx 0,06$.

$$F_a = \frac{\alpha \cdot R_n \cdot b'_c \cdot h_0}{R_a} = \frac{0,06 \cdot 0,9 \cdot 150 \cdot 46}{26} = 14,33 \text{ cm}^2$$

Chọn 3 ϕ 25 có $F_{ach} = 14,73 \text{ cm}^2$.

$-3\% < \Delta F_a = 2,8\% < 5\%$, đảm bảo.

Bước 3: Kiểm tra các điều kiện cấu tạo:

* Chọn $C_b = 2,5 \text{ cm}$

$a = C_b + 0,5\phi = 2,5 + 0,5 \cdot 2,5 = 3,75 \text{ cm}$.

$h_0 = h - a = 50 - 3,75 = 46,25 > h_{0\text{gt}}$. Vậy chiều cao h_0 đảm bảo.

* $e \geq e_{ct}$

$$e = \frac{25 - (2 \cdot 2,5 + 3 \cdot 2,5)}{3 - 1} = 6,25 \text{ cm} > e_{ct} = 2,5 \text{ cm}$$

Khe hở giữa các thanh thép đảm bảo cấu tạo.

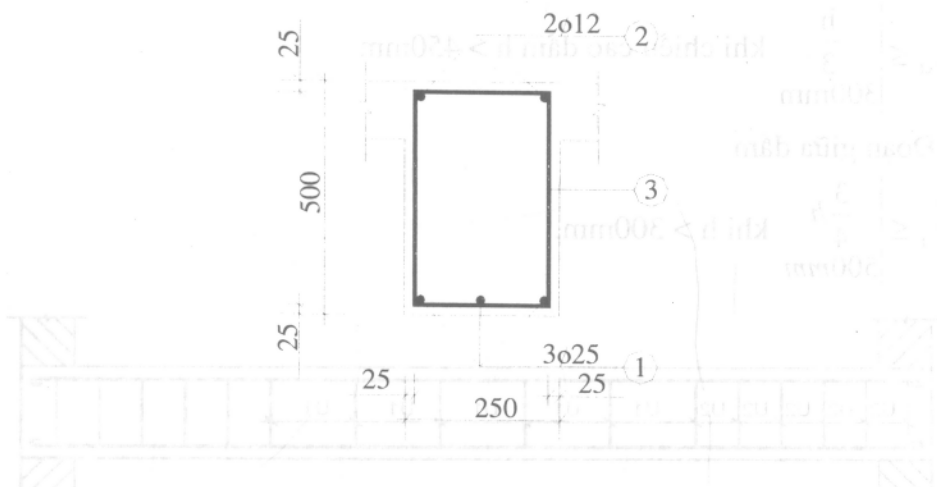
$$\mu = \frac{F_{ach}}{b \cdot h_0} \cdot 100\% = \frac{14,73}{25 \cdot 46,25} \cdot 100 \approx 1,3\%$$

$$\mu_{\max} = \alpha_0 \cdot \frac{R_n}{R_a} \cdot 100\% = 0,62 \cdot \frac{0,9}{26} \cdot 100 \approx 2,1\%$$

$0,1\% < \mu = 1,3\% < 2,1\%$. Hàm lượng cốt thép đảm bảo.

Vậy cốt thép thiết kế đạt yêu cầu.

Chọn thép dọc cấu tạo là 2 ϕ 12. Cốt thép trong tiết diện được bố trí như hình vẽ sau:



IV. TÍNH TOÁN ĐIỀU KIỆN CƯỜNG ĐỘ TRÊN TIẾT DIỆN NGHIÊNG

Trong cấu kiện chịu uốn, vết nứt nghiêng do lực cắt gây ra. Thí nghiệm cho thấy vết nứt nghiêng xuất hiện tại vị trí có lực cắt lớn. Để chống lại vết nứt này chính là cốt đai, cốt xiên và bê tông. Vì vậy, tính toán điều kiện cường độ trên tiết diện nghiêng là tính cốt đai và cốt xiên (tính toán cốt ngang).

1. Cấu tạo cốt ngang

1.1. Cốt đai

Cốt đai thường dùng thép nhóm C-I, đường kính không nhỏ hơn 5mm. Thường dùng là $\phi 6$, $\phi 8$ và có thể là $\phi 10$. Với chiều cao dầm $h < 800\text{mm}$ nên dùng $\phi 6$, với $h \geq 800\text{mm}$ nên dùng $\phi 8$ hoặc lớn hơn. Số nhánh của cốt đai là 1 khi chỉ có một thanh cốt dọc chịu lực, là 2 khi có từ 2 thanh cốt dọc chịu lực trở lên. Khi chiều rộng b lớn có thể dùng đai 3 hoặc 4 nhánh. Cốt đai được bó sát với các cốt dọc ngoài cùng để liên kết cốt dọc ở vùng kéo với vùng nén đồng thời tạo khuôn cho dầm. Do vậy, cốt đai được chạy quanh chu vi tiết diện thành hình chữ nhật. Trường hợp dầm đổ toàn khối với bản phẳng mặt trên, để dễ đổ bê tông có thể dùng đai hở mặt trên.

Khoảng cách u giữa các thanh cốt đai ngoài đảm bảo chịu lực (theo tính toán) còn phải thoả mãn yêu cầu cấu tạo như sau:

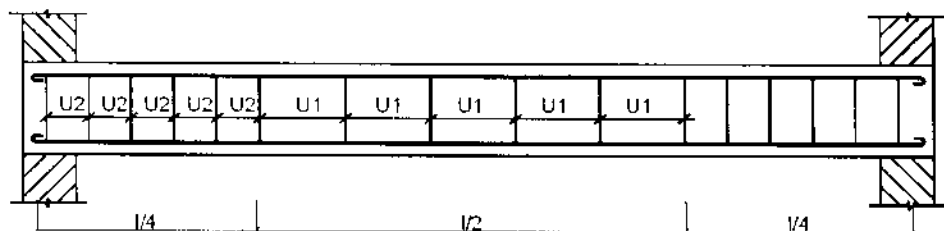
- Đoạn dầm gần gối tựa (có lực cắt lớn)

$$u_{ct} \leq \begin{cases} \frac{h}{2} & \text{khi chiều cao dầm } h \leq 450\text{mm} \\ 150\text{mm} & \end{cases}$$

$$u_{ct} \leq \begin{cases} \frac{h}{3} & \text{khi chiều cao dầm } h > 450\text{mm} \\ 300\text{mm} \end{cases}$$

- Đoạn giữa dầm

$$u_{ct} \leq \begin{cases} \frac{3}{4}h & \text{khi } h > 300\text{mm.} \\ 500\text{mm} \end{cases}$$



Hình 7-11: Bố trí cốt đai trong dầm

- Khi $h \leq 300\text{mm}$ không cần đặt cốt đai khi bê tông đủ chịu lực cắt.

- Khi $h < 150\text{mm}$ mà riêng bê tông đã đủ chịu lực cắt thì trên dầm không cần đặt cốt đai.

Đoạn đầu dầm được lấy bằng 1/4 của nhịp dầm với dầm chịu tải trọng phân bố đều; lấy bằng khoảng cách từ gối tựa đến lực tập trung gần nhất nhưng cũng không nhỏ hơn 1/4 của nhịp.

Việc bố trí cốt đai không đều trên nhịp dầm chỉ nên dùng khi cần tiết kiệm thép.

1.2. Cốt xiên

Cốt xiên thường được uốn từ cốt dọc nên đường kính và nhóm thép theo yêu cầu của cốt dọc. Góc nghiêng α của cốt xiên với phương của trục dầm thường lấy là:

$\alpha = 45^\circ$ khi chiều cao dầm $h \leq 800\text{mm}$.

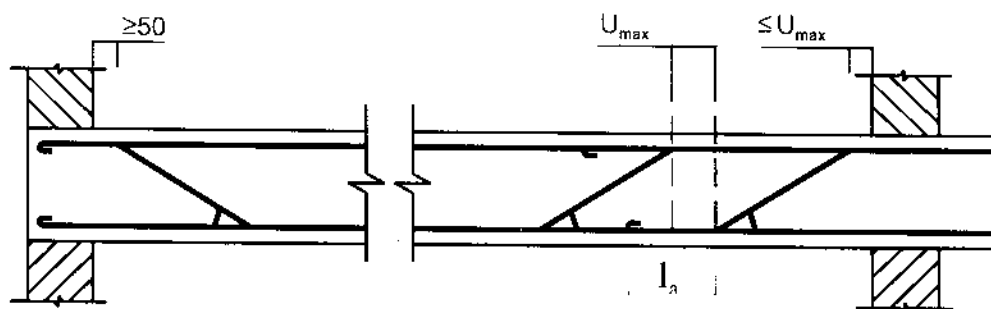
$\alpha = 60^\circ$ khi chiều cao dầm $h > 800\text{mm}$.

Trong dầm thấp có thể $\alpha = 30^\circ$ như với bản. Thanh cốt dọc được uốn làm cốt xiên phải đảm bảo nằm trong mặt phẳng thẳng đứng.

Không được uốn 2 thanh nằm ở hai góc cốt đai. Tại một tiết diện không được uốn quá 50% diện tích cốt dọc.

Khoảng cách từ mép gối tựa tự do đến khởi điểm bê cốt xiên đầu tiên không nhỏ hơn 50mm.

Khi uốn cốt dọc lên làm cốt xiên để chịu lực cắt tại các gối giữa của dầm liên tục thì khoảng cách từ mép các gối tựa đó đến khởi điểm của lớp cốt xiên đầu tiên không được lớn hơn U_{max} . Khoảng cách từ điểm kết thúc của lớp trước đến khởi điểm của lớp cốt xiên sau không vượt quá U_{max} . (U_{max} là khoảng cách tối đa giữa các cốt đai). Các thanh cốt xiên phải được kéo dài khỏi điểm kết thúc một đoạn $l_a \geq 20d$ nếu nó thuộc vùng kéo và $l_a \geq 10d$ nếu nó thuộc vùng nén (Hình 7.10.a)



Hình 7-12

Tại một tiết diện cốt xiên phải đảm bảo đối xứng qua trục thẳng đứng đi qua trọng tâm của tiết diện.

2. Điều kiện tính toán cốt ngang

Khi tính toán tiết diện chịu lực cắt nếu gặp trường hợp:

$$* Q \leq k_1 R_k b h_0$$

Nghĩa là riêng bê tông đã đủ khả năng chịu lực cắt, không cần tính toán mà chỉ cần đặt cốt đai, cốt xiên theo cấu tạo.

$$* Q > k_0 R_n b h_0$$

Lúc này tiết diện nghiêng sẽ bị phá hoại theo ứng suất chính, không được phép tính và phải tăng kích thước tiết diện, tăng mức bê tông để đảm bảo:

$$Q \leq k_0 R_n b h_0$$

Người ta nói điều kiện cần và đủ để tính cốt ngang (cốt chịu lực cắt) là:

$$k_1 R_k b h_0 < Q \leq K_0 R_n b h_0 \quad (7.32)$$

Bất đẳng thức bên trái là điều kiện cần, bên phải là điều kiện đủ.

Trong đó:

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

R_n, R_k : Cường độ chịu nén và chịu kéo tính toán của bê tông.

b, h_0 : Chiều rộng và chiều cao làm việc của tiết diện thẳng góc tại điểm đầu của khe nứt nghiêng. Nếu là tiết diện chữ T, I thì b là chiều rộng sườn.

k_j : Hệ số lấy bằng 0,6 với dầm và 0,8 với bản.

k_0 : Hệ số phụ thuộc mức bê tông:

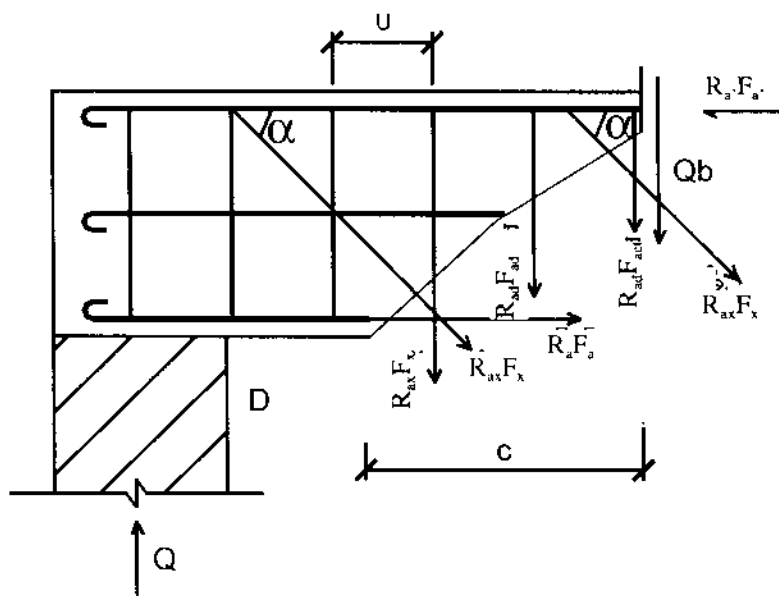
- Bê tông mác ≤ 400 , $k_0 = 0,35$
- Bê tông mác 500, $k_0 = 0,3$
- Bê tông mác 600, $k_0 = 0,25$

3. Sơ đồ ứng suất - Công thức cơ bản

3.1. Sơ đồ ứng suất

Hình 7.10 thể hiện sơ đồ ứng suất trên tiết diện nghiêng tại gần gối tựa đầu dầm. Trên tiết diện, các vật liệu đều đạt tới giá trị giới hạn về cường độ của chúng

- Cốt đai đạt giá trị R_{ad}
- Cốt xiên đạt giá trị R_{ax}
- Bê tông đạt giá trị R_k



Hình 7.13: Sơ đồ ứng suất trên tiết diện nghiêng

3.2. Điều kiện cường độ trên tiết diện nghiêng

Từ sơ đồ ứng suất ta có phương trình cân bằng tổng hình chiếu của tất cả các lực lên phương đứng:

$\sum y = 0$ ta có:

$$Q = Q_b + \sum R_{ad} F_{ad} + \sum R_{ax} F_x \sin \alpha \quad (h)$$

Từ (h) ta có điều kiện chịu lực trên tiết diện nghiêng:

$$Q \leq Q_b + \sum R_{ad} F_{ad} + \sum R_{ax} F_x \sin \alpha \quad (8)$$

Trong (h) và (8):

Q : Lực cắt tính toán tại tiết diện đi qua điểm đầu của khe nứt nghiêng (điểm Đ).

R_{ad}, R_{ax} : Cường độ chịu kéo tính toán do cắt của cốt đai và cốt xiên tra trong phụ lục 18 và phụ lục 19.

F_d, F_x : Diện tích của một thanh cốt đai và của một lớp cốt xiên trên tiết diện nghiêng:

$$F_d = n_d \cdot f_d$$

n_d : Số nhánh của một thanh cốt đai.

f_d : Diện tích tiết diện ngang của nhánh cốt đai.

α : Góc nghiêng của cốt xiên với phương của trục dầm.

$\sum R_{ad} \cdot F_d$: Khả năng chịu lực cắt của các cốt đai trên tiết diện nghiêng.

$\sum R_{ax} F_x \sin \alpha$: Khả năng chịu lực cắt của các lớp cốt xiên trên tiết diện nghiêng.

Q_b : Khả năng chịu lực cắt của bê tông vùng nén tại tiết diện nghiêng.

$$Q_b = \frac{2R_k b h_0^2}{c}$$

Với c là hình chiếu của mặt cắt nghiêng lên phương trục dầm.

3.3. Công thức cơ bản

Trong điều kiện (8), vẽ trái đặc trưng cho tác dụng của tải trọng, vẽ phải đặc trưng cho sức chống đỡ lại tải trọng của tiết diện nghiêng. Ta xét vị trí bất lợi là vị trí có Q lớn nhất nhưng lại có khả năng chịu lực nhỏ nhất. Xác định vị

trí và giá trị của lực cắt lớn nhất là nhiệm vụ của bài toán xác định nội lực. Ở đây ta tìm mặt cắt nghiêng có khả năng chịu lực nhỏ nhất chính là mặt cắt nghiêng nguy hiểm nhất.

Nếu gọi hình chiếu của mặt cắt nghiêng lên phương trục dầm là c . Điều kiện (8) có dạng:

$$\theta \leq \frac{2R_k b h_0^2}{C} + \frac{C}{u} R_{ad} n_d f_d + \sum R_{ax} F_x \sin \alpha = Q_{td}$$

Đặt $\frac{R_{ad} n f_d}{u} = q_d$ ta có:

$$Q_{td} = \frac{2R_k b h_0^2}{C} + q_d C + \sum R_{ax} F_x \sin \alpha \quad (*)$$

Q_{td} là một hàm số của C . Khảo sát hàm số trên sẽ thấy Q_{td} nhỏ nhất khi đạo hàm bậc nhất của Q_{td} bằng không. Giá trị của C khi hàm số đạt cực tiểu là hình chiếu của mặt cắt nghiêng nguy hiểm nhất ký hiệu là C_0 , ta có:

$$\frac{dQ_{td}}{dC} = -\frac{2R_k b h_0^2}{C^2} + q_d = 0 \text{ giải phương trình sẽ được:}$$

$$C_0 = \sqrt{\frac{2R_k b h_0^2}{q_d}} \text{ Thay } C_0 \text{ vào } (*) \text{ sẽ được:}$$

$$Q_{td} = \sqrt{8R_k b h_0^2 q_d} + \sum R_{ax} F_x \sin \alpha. \text{ Lúc này (8) có thể viết:}$$

$$Q \leq \sqrt{8R_k b h_0^2 q_d} + \sum R_{ax} F_x \sin \alpha \quad (7.23)$$

(7.23) là công thức cơ bản để tính cốt ngang.

Trong đó $\sqrt{8R_k b h_0^2 q_d}$ được kí hiệu là $[Q_{db}]$

$$[Q_{db}] = \sqrt{8R_k b h_0^2 q_d} \quad (7.24)$$

$[Q_{db}]$: Khả năng chịu lực cắt của cốt đai và bê tông tại mặt cắt nguy hiểm.

4. Các trường hợp tính toán

4.1. Bài toán 1

Thiết kế cốt đai khi không bố trí cốt xiên ($F_x=0$)

Khi $F_x = 0$, (7.23) có dạng:

$$Q < \sqrt{8R_k b h_0^2 q_d} = [Q_{db}]$$

Cho tiết diện làm việc với khả năng lớn nhất là $Q = Q_{db}$

$$Q = \sqrt{8R_k b h_0^2 q_d} \quad (7.23a)$$

Từ (7.23a) ta có:

$$q_d = \frac{Q^2}{8R_k b h_0^2} \quad (7.25)$$

Có q_d ta tính được u theo công thức:

$$u = \frac{R_{ad} n_d f_d}{q_d} \quad (7.26)$$

hoặc thay $q_d = \frac{R_{ad} n_d f_d}{u}$ vào (7-25) ta có:

$$\begin{aligned} \frac{R_{ad} n_d f_d}{u} &= \frac{Q^2}{8R_k b h_0^2} \\ u_u &= R_{ad} n_d f_d \cdot \frac{8.R_k b h_0^2}{Q^2} \end{aligned} \quad (7.27)$$

Trong các công thức trên:

q_d : Khả năng chịu lực của cốt đai trên một đơn vị chiều dài.

u_u : Khoảng cách tính toán giữa các thanh cốt đai.

Sau khi xác định được khoảng cách tính toán (u_u) phải chọn u sao cho:

$$U \leq \begin{cases} U_u \\ U_{ct} \\ U_{max} \end{cases}$$

Trong đó:

$$u_{max} = \frac{1,5R_k b h_0^2}{Q} \quad (7.28)$$

Để tiện thi công, u nên lấy là số nguyên của cm.

4.2. Bài toán 2

Thiết kế cốt đai khi đã biết cốt xiên

Trên dầm nếu đoạn nào bê tông và cốt đai không đủ chịu lực cắt thì phải đặt thêm cốt xiên. Nghĩa là:

$Q > [Q_{db}]$. Đây chính là điều kiện để đặt cốt xiên.

Trên đoạn C_0 có thể có một hoặc nhiều lớp cốt xiên. Xét trường hợp đơn giản nhất, trên C_0 chỉ có một lớp cốt xiên. Nếu vậy (7.23) có dạng:

$$Q \leq Q_{db} + R_{ax} F_x \sin \alpha \quad (7.29)$$

Trước hết ta xác định khả năng chịu lực cắt của cốt xiên $[\theta_x]$. Đây chính là phần lực cắt do cốt xiên đã chịu.

$$[\theta_x] = R_{ax} F_x \sin \alpha \quad (7.30)$$

$$Q_{db} = Q - [\theta_x] \quad (7.31)$$

Trong (7.31)

Q_{db} : Là phần lực cắt còn lại mà bê tông và cốt đai phải chịu

Có Q_{db} ta quay trở lại bài toán một với Q_{db} đóng vai trò là Q .

4.3. Tính cốt treo

Tại vị trí dầm phụ kê lên dầm chính (có lực cục bộ) phải gia cố thêm cốt đai (hình 7-14a) hoặc cốt xiên (hình 7-14b) cho dầm chính gọi là cốt treo.

Diện tích cốt treo được tính:

$$F_{tr} \geq \frac{P_1}{R_a} \quad (7.32)$$

R_a : Cường độ chịu kéo tính toán của thép làm cốt treo.

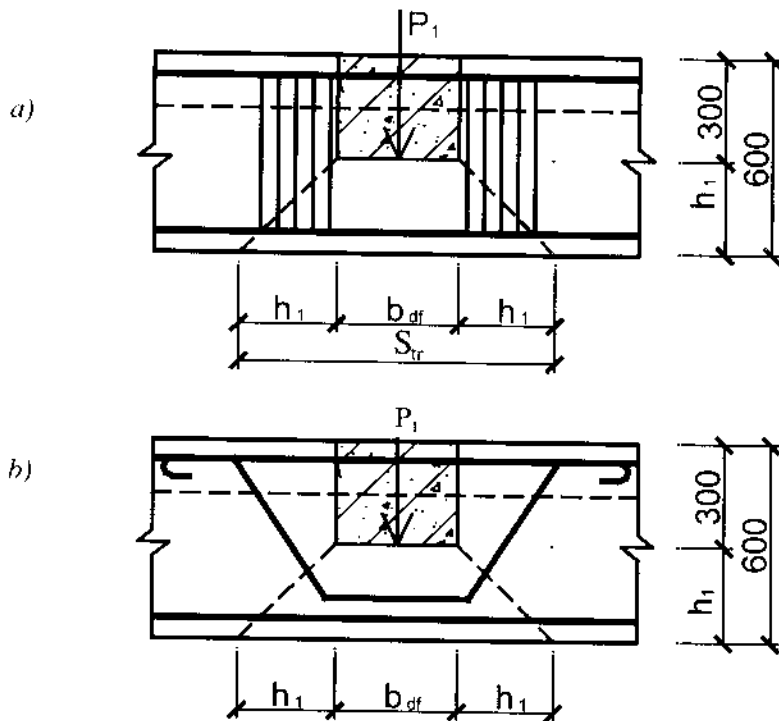
P_1 : Lực tập trung từ dầm phụ truyền vào dầm chính.

Thông thường dùng đai treo để tiện thi công. Số thanh cốt treo (m) là:

$$M \geq \frac{F_{tr}}{n_d f_d} \quad (7.33)$$

n và f_d : Số nhánh và diện tích tiết diện ngang của 1 nhánh đai.

Cốt treo được bố trí sát hai bên mép dầm phụ và chỉ đặt trong đoạn h_1 (hình 7-14)



Hình 7-14

$$S_{tr} = b_{df} + 2h_1$$

Khoảng cách giữa các thanh cốt đai treo (U_{tr}) được tính như sau:

$$u_{tr} = \frac{h_1}{m_1 - 1} \quad (7.34)$$

m_1 là số cốt treo ở một phía của dầm phụ.

$$m_1 = \frac{m}{2} \quad (7.35)$$

Nếu u_{tr} quá nhỏ thì phải dùng cốt xiên có dạng cốt vai bò lật ngược (hình 7-14b).

5. Ví dụ tính toán

5.1. Ví dụ 7.8

Cho một dầm đơn bê tông cốt thép có tiết diện chữ nhật $b \times h = 20 \times 40(\text{cm}^2)$.

Giả thiết $a = 3\text{cm}$, nhịp dầm $l = 4\text{m}$, chịu tải trọng phân bố đều $q = 45 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$.

Dầm dùng bê tông mác 200. Thép dọc A-II, thép đai A - I. Yêu cầu thiết kế cốt dọc và cốt đai cho dầm khi không bê cốt xiên.

Bài giải

Bước 1: Số liệu tính

$$h_0 = h - a = 40 - 3 = 37\text{cm}$$

$$\text{Bê tông mác 200 } R_n = 90 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}; R_k = 7,5 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Thép A - II có } R_a = 2800 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2};$$

$$\text{Thép A - I có } R_{ad} = 1800 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

Từ mác bê tông 200 và thép có cường độ $R_a = 2800 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$ tra được $\alpha_0 = 0.62$ và $A_0 = 0.428$.

$$M_{\max} = \frac{ql^2}{8} = \frac{45.4^2}{8} = 90\text{KNm} = 90.10^4 \text{ daNcm}$$

$$Q_{\max} = \frac{q.l}{2} = \frac{45.4}{2} = 90\text{kN} = 9000 \text{ daN}$$

Từ bê tông mác 200 tra được $k_0 = 0,35$; dầm có $k_1 = 0.6$

Bước 2: Thiết kế cốt dọc:

$$A = \frac{M_{\max}}{R_n b h_0^2} = \frac{90.10^4}{90.20.37^2} = 0,365 < 0,42 \rightarrow \text{Đây là bài toán cốt đơn.}$$

$A = 0,365$ tra bảng được $\alpha = 0,48$.

$$F_a = \frac{\alpha R_n b h_0}{R_a} = \frac{0,48.90.20.37}{2800} = 11,42\text{cm}^2$$

Chọn $2\phi 20 + 2\phi 18$ có $F_{ach} = 11,37\text{cm}^2$.

$-3\% < \Delta F_a = -0,44\%$: đảm bảo yêu cầu.

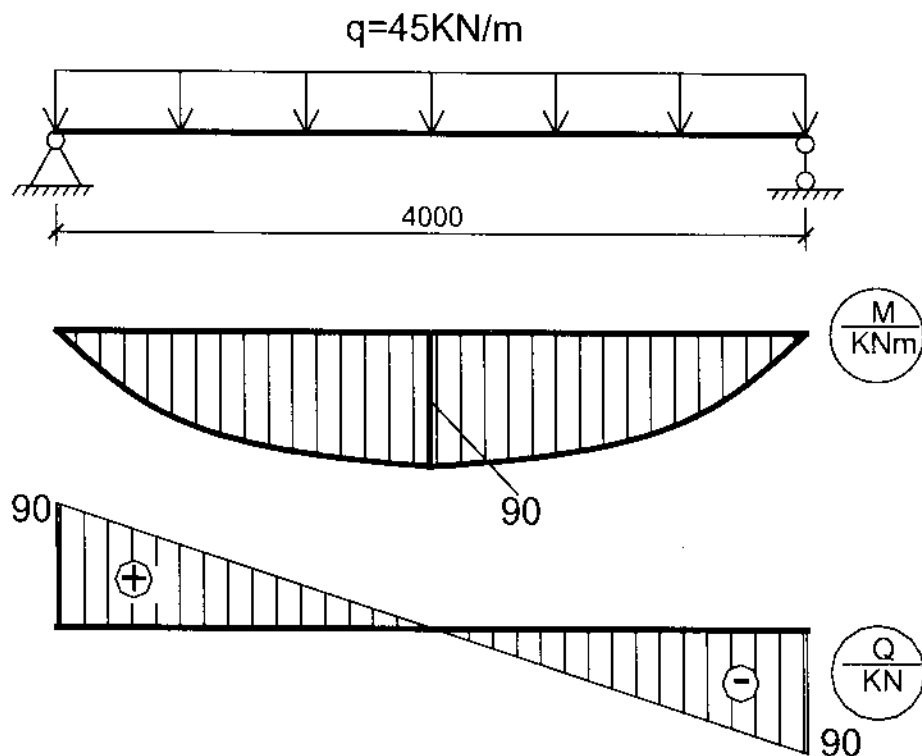
Bước 3: Thiết kế cốt ngang:

Kiểm tra điều kiện tính:

$$k_1 R_k b h_0 = 0,6.7,5.20.37 = 3330\text{daN}$$

$$k_0 R_n b h_0 = 0,35.90.20.37 = 23310\text{daN}$$

$$3330\text{daN} < Q_{\max} = 9000\text{daN} < 23310\text{daN}$$



Thoả mãn điều kiện tính cốt ngang. Chọn đai $\phi 6$, $n = 2$.

Thiết kế cốt đai: Đây là bài toán 1, áp dụng (7.25) tính được:

$$q_d = \frac{Q^2}{8R_k b h_0^2} = \frac{9000^2}{8 \cdot 7,5 \cdot 20 \cdot 37^2} = 49,3 \frac{\text{daN}}{\text{cm}}$$

Theo (7.26) ta có:

$$u_{tt} = \frac{R_{ad} \cdot n \cdot f_d}{q_d} = \frac{1800 \cdot 2 \cdot 0,283}{49,3} = 20,66 \text{ cm}$$

Theo (7.28).

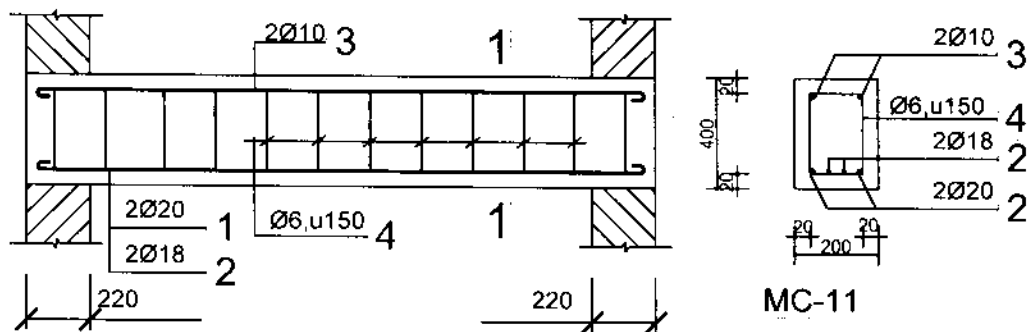
$$u_{\max} = \frac{1,5 R_k b h_0^2}{Q} = \frac{1,5 \cdot 7,5 \cdot 20 \cdot 37^2}{9000} = 34,2 \text{ cm}$$

$h = 400 \text{ mm} < 450 \text{ mm}$ nên:

$$u_{ct} \leq \begin{cases} h/2 = 400/2 = 200 \\ 150 \text{ mm} \end{cases}$$

Chọn $u=150 \text{ mm}$. Vậy đai $\phi 6$, $u150$, 2 nhánh.

Dầm thiết kế đạt yêu cầu. Cốt thép dầm được thể hiện như hình vẽ sau:



5.2. Ví dụ 7.9

Cũng bài toán trên, nhưng bỏ 2Ø18 lên làm cốt xiên ở gần gối tựa.

Yêu cầu thiết kế cốt đai khi cốt xiên uốn như hình vẽ (trang sau)

Bài giải

Bước 1: Số liệu tính:

Chọn $C_1 = 2\text{cm}$ vì $\phi_{\max} = 20\text{mm}$; $h_0 = h - a = 40 - (2 + \frac{2}{2}) = 37\text{cm}$

Các số liệu R_a , R_k , R_n , R_{ad} , α_0 , A_0 , $Q_{\max}$: như ví dụ 7.8

Cốt xiên AII tra phụ lục 19 : $R_{ax} = 2200 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$

$F_x = F_{2\phi 18} = 5,09\text{cm}^2$; $h = 400\text{mm} < 800\text{mm}$ chọn $\alpha = 45^\circ$.

Bước 2: Thiết kế cốt đai:

Kiểm tra điều kiện tính: Theo ví dụ 7.8: thỏa mãn

Thiết kế cốt đai: Đây là bài toán 2. Theo 7.30 có:

$$[Q_x] = R_{ax} F_x \sin \alpha = 2200 \cdot 5,09 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 7918,18 \text{ daN}$$

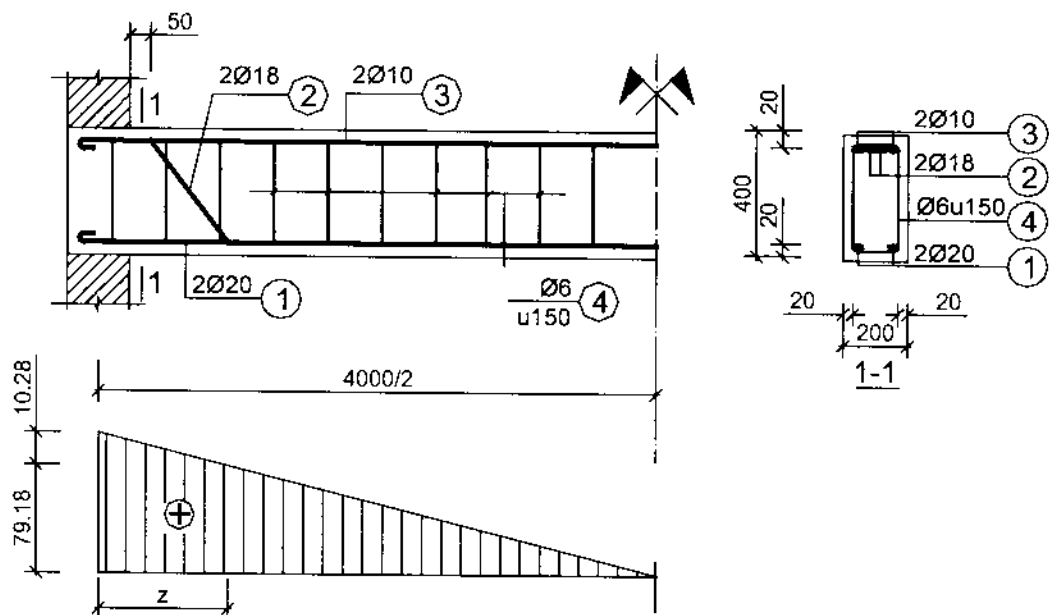
Từ 7.31 có:

$$Q_{db} = Q_{\max} - [Q_x] = 9000 - 7918,18 = 1081,82 \text{ daN}$$

Lúc này trở về bài toán 1 với lực cắt lựa chọn để tính toán:

- Vị trí 1: Tại tiết diện có $Q_{\max}$ nhưng lại có cốt xiên nên cốt đai và bê tông phải chịu lực cắt Q_{db1} vừa tính ở trên.

- Vị trí 2: Xa gối tựa hơn, có lực cắt nhỏ hơn tại vị trí 1 nhưng toàn bộ lực cắt này do bê tông và cốt đai chịu. Gọi lực cắt này là Q_{db2} , khoảng cách z là khoảng cách từ vị trí 2 đến vị trí 1 thì theo hình vẽ: $Q_{db2} = Q_{\max} - q \cdot z$



$$Z = 110 + 50 + (400 - 2.20) = 520\text{mm} = 0.52\text{m}$$

$$Q_{db2} = 90 - 45 \cdot 0,52 = 66,6\text{kN} = 6660\text{daN}$$

$Q_{db2} > Q_{db1}$: Ta dùng Q_{db2} để thiết kế cốt đai.

Kiểm tra điều kiện tính:

Sử dụng kết quả ở ví dụ 7.8 ta có:

$$k_1 b h_0 = 3330\text{daN} < Q_{db2} = 6660\text{daN} < k_0 R_n b h_0 = 23310\text{daN}$$

Thoả mãn điều kiện tính cốt đai.

Chọn đai $\phi 6$ vì $h = 400\text{mm} < 800\text{mm}$

Số nhánh $n_d = 2$ vì có 4 thanh cốt dọc chịu lực $\phi 6$ tra phụ lục 22, có $f_d = 0,283\text{cm}^2$.

$$q_d = \frac{Q_{db2}}{8R_k b h_0^2} = \frac{6660^2}{8.7.5.20.37^2} = 27 \frac{\text{daN}}{\text{cm}}$$

$$u_{tt} = \frac{R_{ad} \cdot n \cdot f_d}{q_d} = \frac{1800.2.0,283}{27} = 37,73\text{cm}$$

Trong ví dụ 7.8 đã cho ta kết quả u_{max} , u_{ct}

Chọn $u = 150\text{mm}$

Cốt đai $\phi 6$, u150 bố trí đều suốt dọc dầm.

Cốt dọc cầu tạo chọn 2Ø10.

5.3. Ví dụ 7.10

Cho dầm bê tông cốt thép tiết diện chữ nhật $b = 20\text{cm}$; $h = 40\text{cm}$, tại biên dưới đã có $2\phi 20 + 2\phi 18$, lớp bê tông bảo vệ $c_b = 2\text{cm}$. Lực cắt lớn nhất tại hai gối tựa đầu dầm $Q = 150\text{kN}$. Dầm dùng bê tông mác 200, thép dọc A-II, thép đai A-I. Trên dầm đã bố trí cốt đai $\phi 6$, $n = 2$, $u150$. Chạy suốt dọc dầm.

Thiết kế cốt xiên cho dầm.

Bài giải

Bước 1: Số liệu tính:

$$h = h - a = h - \left(a + \frac{\phi_{\max}}{2}\right) = 40 - \left(2 + \frac{2}{2}\right) = 37\text{cm}$$

$$\text{Bê tông mác 200: tra được } R_n = 90 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \text{ và } R_k = 7,5 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}.$$

$$\text{Thép A-II tra bảng được } R_{ax} = 2200 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Thép A-I tra bảng được } R_{ad} = 1800 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Đai } \phi 6 \text{ có } f_d = 0,283\text{cm}^2.$$

$$Q = 150\text{KN} = 150.10^2\text{daN}$$

$$\text{Kết cấu dầm nên } k_1 = 0,6.$$

$$\text{Bê tông mác 200 } (<400) \text{ } k_0 = 0,35$$

$$h = 400\text{mm} < 800\text{mm: góc } \alpha \text{ của cốt xiên là } 45^\circ \text{ với } \sin 45^\circ = 0,707$$

Bước 2: Thiết kế cốt xiên:

Kiểm tra điều kiện đặt cốt xiên:

$$Q > [Q_{db}] = \sqrt{R_k b h_0^2 q_d}$$

Từ 7-27 ta có:

$$q_d = \frac{R_{ad} \cdot n_d \cdot f_d}{u} = \frac{1800 \cdot 2 \cdot 0,283}{15} = 67,92 \frac{\text{daN}}{\text{cm}}$$

$$[Q_{db}] = \sqrt{8 \cdot 7,5 \cdot 20 \cdot 37^2 \cdot 67,92} = 10563\text{daN} = 105,63\text{KN}$$

$$Q = 150\text{KN} > [Q_{db}] = 105,63\text{KN}$$

Thoả mãn điều kiện đặt cốt xiên

Lực cắt do cốt xiên chịu:

$$Q_x = Q - [Q_{db}] = 150 - 105,63 = 44,37 \text{ kN} = 4437 \text{ daN}$$

Diện tích cốt xiên cần thiết:

$$F_x = \frac{Q_x}{R_{ax} \sin \alpha} = \frac{4437}{2200 \cdot 0,707} = 2,8 \text{ cm}^2$$

Ta kết hợp với cốt dọc đã bố trí sẵn nên uốn 2φ18 (có $F_a = 5,09 \text{ cm}^2 = F_x$ lên làm cốt xiên và ta có cốt thép trong dầm như hình vẽ ở ví dụ 7.9.

5.4. Ví dụ 7.11

Cho một dầm bê tông cốt thép có chiều cao tiết diện $h = 600 \text{ mm}$, chịu tải trọng do dầm phụ truyền vào $P_1 = 130 \text{ kN}$. Dầm phụ có chiều rộng là 200 mm , chiều cao $h = 300 \text{ mm}$. Thiết kế cốt treo.

Bài giải

Chọn cốt treo loại A-I ta có $R_a = 2300 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$

$$F_{tr} = \frac{P_1}{R_a} = \frac{1300}{2300} = 5,652 \text{ cm}^2$$

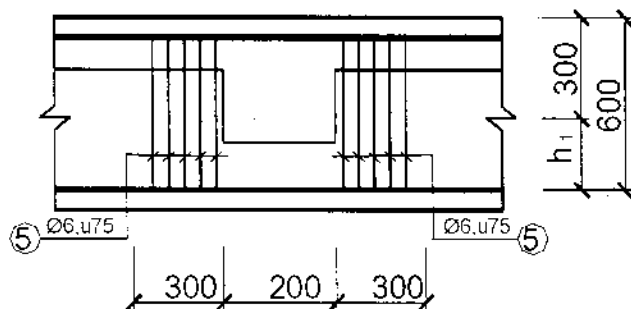
Dùng đai φ6, hai nhánh làm cốt treo, ta có số thanh cốt treo:

$$m = \frac{F_{tr}}{F_d} = \frac{5,652}{2 \cdot 0,283} = 9,99 \text{ thanh}$$

Chọn 10 thanh, mỗi bên dầm phụ 5 thanh.

Khoảng cách giữa các thanh cốt treo u_{tr}

$$u_{tr} = \frac{h_1}{5-1} = \frac{600 - 300}{4} = 75 \text{ mm}$$



Chương 8

CẤU KIỆN CHỊU NÉN

Mục tiêu: Sau khi học học sinh phải:

- Nhận biết được cột nén đúng tâm và cột nén lệch tâm.
- Biết được cơ sở lập các công thức tính toán cột nén đúng tâm
- Tính toán được tiết diện ngang của cột nén đúng tâm.
- Hiểu cách bố trí cốt thép trong cột

Trọng tâm

- Tính toán được tiết diện chữ nhật chịu nén đúng tâm.
- Bố trí cốt thép cho cột nén đúng tâm và lệch tâm.

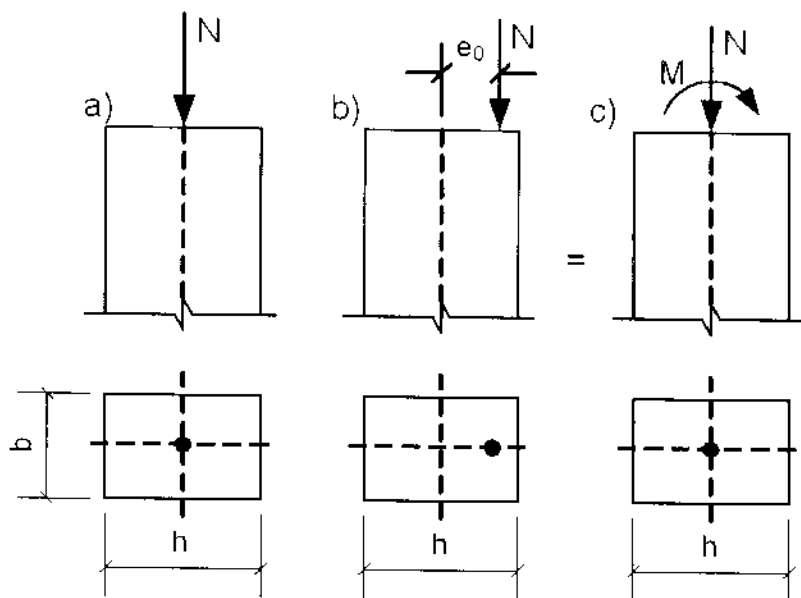
I. KHÁI NIỆM CHUNG

Cấu kiện chịu tác dụng của lực nén N song song với trục của nó gọi là cấu kiện chịu nén. Nếu lực nén trùng với trục cấu kiện ta có trường hợp nén đúng tâm (Hình 8.1.a). Nếu lực nén không trùng với trục ta có nén lệch tâm (Hình 8.1.b).

Lực nén đặt lệch tâm một đoạn e_0 tương đương với lực nén đặt đúng tâm và mômen $M = Ne_0$ (Hình 8-1c)

Cấu kiện chịu nén thường gặp là các cột độc lập hoặc cột khung của nhà, thanh nén của dầm...

Trong cấu kiện chịu nén lệch tâm, ngoài lực dọc và mô men còn có lực cắt. Nhưng lực cắt ít nguy hiểm nên chỉ trong những cột khung có lực cắt lớn mới phải tính toán kiểm tra.

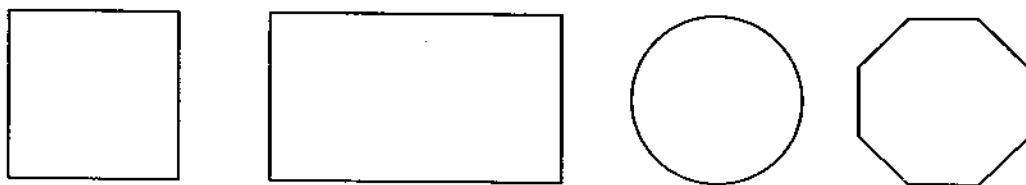


Hình 8-1

II. ĐẶC ĐIỂM CẤU TẠO

1. Cấu tạo tiết diện

Cấu kiện chịu nén đúng tâm thường dùng tiết diện vuông, tròn, chữ nhật hoặc đa giác đều (Hình 8.2)

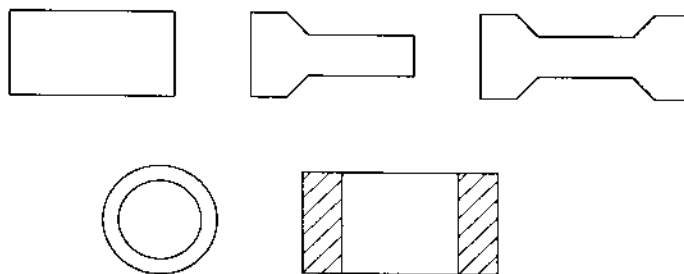


Hình 8-2

Với cấu kiện chịu nén lệch tâm, tiết diện thường dùng là chữ nhật, chữ I, chữ T, tiết diện hình vành khuyên hoặc tiết diện chữ nhật rỗng hai nhánh (Hình 8.3). Các tiết diện thường có cạnh dài đặt song song với mặt phẳng uốn.

Nếu gọi $b \times h$ là chiều rộng và chiều cao của tiết diện chữ nhật thì:

Thông thường: $\frac{h}{b} = 1,5 - 3$



Hình 8-3

Diện tích sơ bộ của tiết diện ngang được xác định theo công thức:

$$F_{sb} = \frac{k.N}{R_n}$$

Trong đó:

N : Lực nén tính toán tại tiết diện.

R_n : Cường độ chịu nén tính toán của bê tông.

k : Hệ số:

$k = 0,9-1,1$ Với cấu kiện nén đúng tâm

$k = 1,2-1,5$ Với cấu kiện chịu nén lệch tâm

Có F_{sb} , dựa vào tỉ số h/b để xác định tiết diện. Khi chọn phải chú ý đến kích thước tiết diện, điều kiện ổn định. Theo điều kiện ổn định độ mảnh được giới hạn như sau:

Với tiết diện bất kì:

$$\lambda = \frac{l_0}{r} \leq \lambda_0$$

Với tiết diện chữ nhật:

$$\lambda_b = \frac{l_0}{b} \leq \lambda_{0b}$$

Trong đó:

λ, λ_b : Độ mảnh của cấu kiện theo phương cần xét.

λ_0, λ_{0b} : Độ mảnh giới hạn cho các cấu kiện.

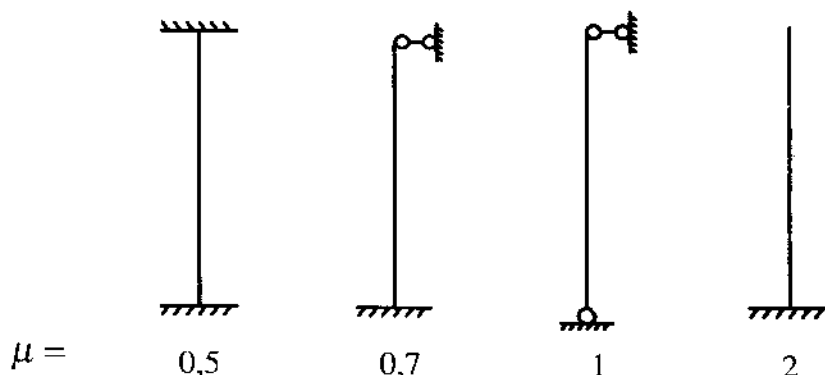
Với cột: $\lambda_0 = 120$; $\lambda_{0b} = 31$

Với các cấu kiện khác: $\lambda_0 = 200$; $\lambda_{0b} = 52$

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

Với l là khoảng cách giữa hai gối đỡ. Trong cột nhà nhiều tầng, nó là chiều cao cột ở mỗi tầng nhà và được gọi là chiều cao hình học của cột (cột một tầng) hoặc chiều cao hình học của đoạn cột.

μ : Hệ số liên kết phụ thuộc vào liên kết hai đầu của cấu kiện:



r : Bán kính quán tính của tiết diện theo phương đang xét.

b : Cạnh nhỏ của tiết diện chữ nhật.

2. Cấu tạo cốt thép

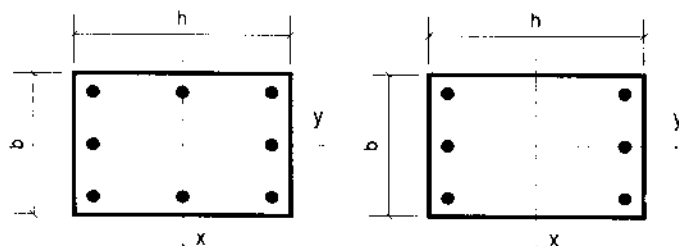
Cốt dọc chịu lực có đường kính từ 12 - 40mm. Khi cạnh tiết diện trên 20cm nên dùng đường kính nhỏ nhất là 16mm.

Trong cấu kiện chịu nén đúng tâm, cốt dọc được đặt đối xứng qua hai trục đối xứng x, y của tiết diện và được rải đều quanh chu vi tiết diện (Hình 8.4). Hàm lượng cốt thép μ tại một tiết diện không được nhỏ hơn $\mu_{\min}$ và không nên vượt quá 3%. Cốt dọc không cần có móc neo ở hai đầu.

$$\mu = \frac{F_{an}}{F} 100\%$$

Với F_{an} : diện tích cốt thép dọc chịu lực

F : diện tích tiết diện



Hình 8-4: Bố trí cốt thép trên tiết diện nén đúng tâm

Trong cấu kiện chịu nén lệch tâm, cốt dọc chịu lực được đặt trên các cạnh b của tiết diện và đặt đối xứng qua trục y của tiết diện (Hình 8.5).

Cốt thép đặt ở miền chịu kéo hoặc miền chịu nén ít có diện tích là F_a

Cốt thép đặt ở miền chịu nén hoặc chịu nén nhiều có diện tích là F_a' .

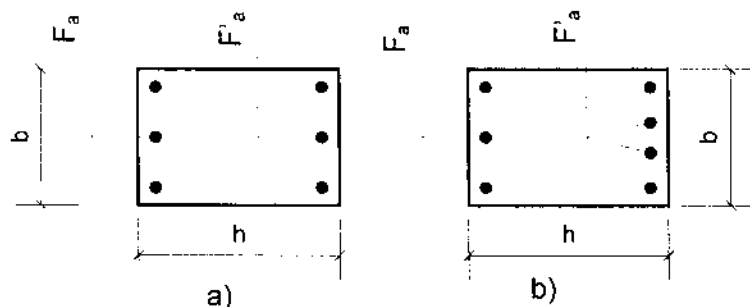
Khi bố trí $F_a = F_a'$; là cốt thép đặt đối xứng (Hình 8.5a)

Khi $F_a \neq F_a'$ là cốt thép đặt không đối xứng (Hình 8.5b)

Hàm lượng cốt thép phải đảm bảo không nhỏ hơn $\mu_{\min}$

$$\mu = \frac{F_a}{bh_0} 100\%; \quad \mu' = \frac{F_a'}{bh_0} 100\%$$

Và $\mu + \mu'$ không nên vượt quá 3,5%.



Hình 8-5: Bố trí cốt thép trên tiết diện nén lệch tâm

Trong cấu kiện chịu nén, khoảng cách giữa các thanh cốt dọc không vượt quá 400mm. Vì vậy, khi cạnh tiết diện lớn phải đặt thêm cốt dọc cấu tạo để đảm bảo khoảng cách (giữa các cốt dọc) quy định. Đường kính cốt dọc cấu tạo $\geq 12\text{mm}$ (Hình 8.6b)

Khi các cạnh tiết diện lớn hơn 400, số thanh cốt dọc trên mỗi cạnh lớn hơn 4, phải đảm bảo cách một thanh cốt dọc lại đến một thanh được nằm ở góc cốt đai (Hình 8.6a).

Cốt đai trong cấu kiện chịu nén để giữ ổn định cho cốt dọc chịu nén, giữ cho cốt dọc không bị xô lệch khi thi công và nó cũng có tác dụng chịu lực cắt. Chỉ khi nào lực cắt trong cấu kiện lớn mới phải tính toán cốt đai. Thường cốt đai được bố trí theo cấu tạo:

$$\text{Đường kính } \phi_d \geq \begin{cases} 5\text{mm} \\ 0,25\phi_{\max} \end{cases}$$

Thường dùng $\phi 6 - \phi 10$

$\phi_{\max}$: đường kính cốt dọc chịu nén lớn nhất.

Khoảng cách $u \leq 15\phi_{\min}$

Tại vị trí mỗi nối buộc cốt dọc $u \leq 10\phi_{\min}$

$\phi_{\min}$: đường kính cốt dọc nhỏ nhất.

Tùy theo cấu tạo cốt dọc mà cốt đai có thể chỉ cần một loại (đai chính) bao quanh toàn bộ cốt dọc hoặc có thêm đai phụ (Hình 8.6).

Quy định lấy $\mu_{\min}$

Cấu kiện chịu nén đúng tâm:

$\lambda \leq 17$ hoặc $\lambda_b \leq 5$ $\mu_{\min} = 0,1\%$

$17 < \lambda \leq 35$ hoặc $\lambda_b \leq 10$ $\mu_{\min} = 0,2\%$

$35 < \lambda \leq 83$ hoặc $\lambda_b \leq 24$ $\mu_{\min} = 0,4\%$

$83 < \lambda$ $\mu_{\min} = 0,5\%$

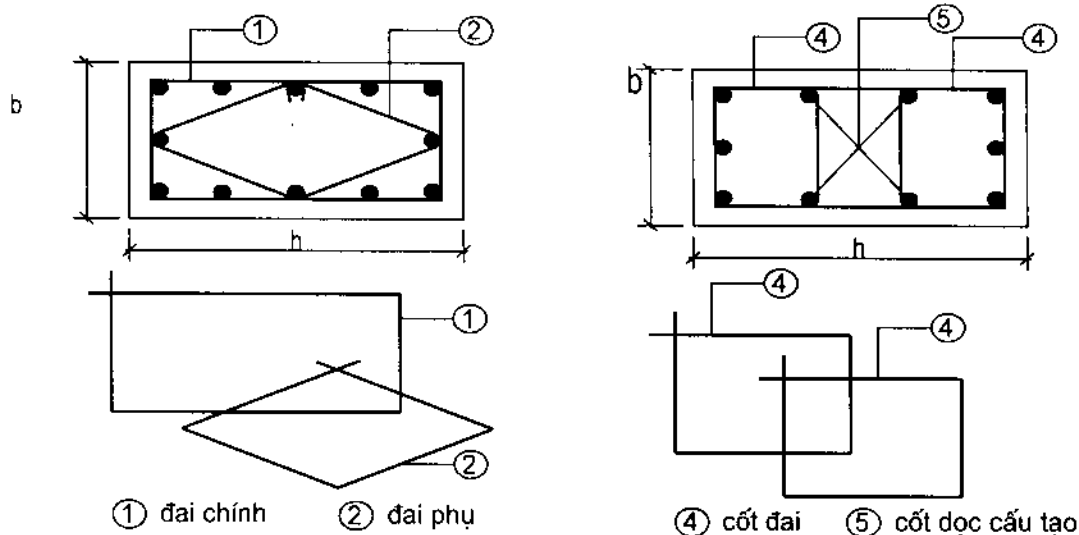
Cấu kiện chịu nén lệch tâm:

$\lambda \leq 17$ hoặc $\lambda_b \leq 5$ $\mu_{\min} = 0,05\%$

$17 < \lambda \leq 35$ hoặc $\lambda_b \leq 10$ $\mu_{\min} = 0,1\%$

$35 < \lambda \leq 83$ hoặc $\lambda_b \leq 24$ $\mu_{\min} = 0,2\%$

$83 < \lambda$ $\mu_{\min} = 0,25\%$



Hình 8-6: Hình dáng cốt đai

III. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU NÉN ĐÚNG TÂM

1. Công thức cơ bản

Xét đoạn cột trên hình 8.7 ta thấy, tiết diện của nó có khả năng chịu lực lớn nhất khi ứng suất trong bê tông đạt tới cường độ chịu nén tính toán của bê tông, ứng suất trong cốt thép đạt tới cường độ chịu nén tính toán của cốt thép.

Để an toàn theo tính toán giới hạn về cường độ thì:

$$N \leq R_n F_b + R'_a F'_a \quad (a)$$

Trong đó:

N : Lực nén do tải trọng tính toán gây ra.

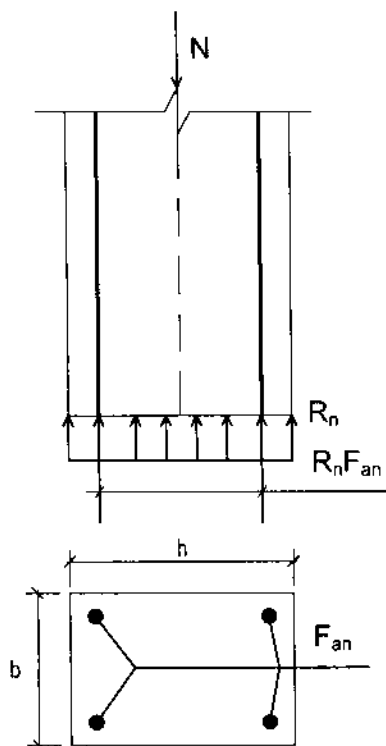
F_b : Diện tích làm việc của tiết diện bê tông

$F_b = F - F'_a$; Khi $\mu \leq 3\%$ thì lấy $F_b = F$ với F : diện tích tiết diện

R_n : Cường độ tính toán gốc của bê tông.

R'_a : Cường độ chịu nén tính toán của thép làm cốt dọc chịu lực.

F'_a : Tổng diện tích cốt dọc chịu lực.



Hình 8-7

Khi tính toán ta phải xét ảnh hưởng của uốn dọc đến đặc điểm làm việc của bê tông khi chịu nén và điều kiện (a) có dạng:

$$N < \varphi (m_b R_n F_b + R'_a F'_a) \quad (8.1)$$

Trong đó:

- φ : Hệ số uốn dọc, phụ thuộc λ_b , tra phụ lục 8
- m_b : Hệ số điều kiện làm việc của bê tông khi chịu nén
 $m_b = m_{b1} m_{b2}$
- m_{b1} : Hệ số phụ thuộc vào biện pháp thi công
 $m_{b1} = 0,85$ khi bê tông đổ đứng (cột đổ tại chỗ)
 $m_{b1} = 1$ khi bê tông đổ ngang (cột lắp ghép)
- m_{b2} : phụ thuộc vào kích thước tiết diện
 $m_{b2} = 0,85$ khi cạnh lớn của tiết diện dưới 30cm.
 $m_{b2} = 1$ khi cạnh lớn của tiết diện lớn hơn hoặc bằng 30cm

Các kí hiệu khác đã gặp trong mục (a).

2. Các trường hợp tính toán

2.1. Bài toán thiết kế cốt thép

Biết b , h , l_0 , N , R_n , R_{an} , m_b

Yêu cầu: Thiết kế cốt thép cho cột

Giải

$\lambda_b = \frac{l_0}{b}$ tra phụ lục 20 được φ .

Giả sử $F_b = F$. Ta có

$$F_{an} \geq \frac{\frac{N}{\varphi} - m_b R_n F}{R_a} \quad (8.2)$$

Tra phụ lục 22 chọn thép: số thanh, đường kính các thanh và có F_{ach}

Kiểm tra điều kiện:

$$\mu_{min} \leq \mu = \frac{F_{anch}}{F} 100\% \leq 3\%$$

$\mu \leq 3\%$ thì $F_b = F$ là đúng

$\mu > \mu_{min}$: nên giảm $b \times h$ để tính lại F_{an} hoặc phải lấy $\mu = \mu_{min}$

Chọn cốt đai theo cấu tạo.

2.2. Bài toán kiểm tra tiết diện

Biết $b, h, l_0, N, R_n, R_{an}, m_b, F_{an}$

Yêu cầu: Kiểm tra khả năng chịu lực của tiết diện.

Giải

Xác định $\lambda_{\max}$, tra phụ lục 20 được φ .

Xác định $\mu = \frac{F_{an}}{F} 100\%$ từ đó tính F_b

Gọi khả năng chịu lực của tiết diện là $[N_n]$ thì

$$[N_n] = \varphi (m_b R_n F_b + R'_a F'_a)$$

So sánh N với $[N_n]$

Nếu $N \leq [N_n]$: tiết diện đủ khả năng chịu lực.

Nếu $N > [N_n]$: tiết diện không đủ khả năng chịu lực.

3. Ví dụ

Ví dụ 8.1: Thiết kế cốt thép cho cột đổ tại chỗ có tiết diện vuông cạnh 25cm. Biết chiều cao tính toán $l_0 = 2,73\text{m}$. Cột dùng bê tông M200, thép nhóm C-II. Lực nén tính toán tại tiết diện nguy hiểm là $N = 798\text{KN}$.

Giải

Bước 1: Xác định số liệu tính:

$$\lambda = \frac{l_0}{b} = \frac{273}{25} = 10,92 \approx 11$$

$\lambda = 11$ bằng nội suy tra phụ lục 20 được $\varphi = 0,968$

$\lambda = 11$ có $\mu_{\min} = 0,4\%$.

Cột đổ tại chỗ có $m_{b1} = 0,85$

Cạnh tiết diện là $25\text{cm} < 30\text{cm}$, $m_{b2} = 0,85$

$$m_b = 0,85 \cdot 0,85$$

$$\text{Giả sử } F_b = F = 25^2 = 625\text{cm}^2.$$

Bê tông M.200 có $R_n = 90\text{ daN/cm}^2$.

Thép nhóm C-II có $R'_a = 2600\text{ daN/cm}^2$

Bước 2: Thiết kế cốt dọc chịu lực

Theo (8.2) có:

$$F_{an} \geq \frac{\frac{N}{\varphi} - m_b R_n F}{R'_a} = \frac{\frac{79800}{0,968} - 0,85^2 \cdot 90 \cdot 625}{2600} = 16,076 \text{ cm}^2$$

Theo phụ lục 22, chọn 8φ16 có $F_{anch} = 16,08 \text{ cm}^2$.

Kiểm tra hàm lượng cốt thép:

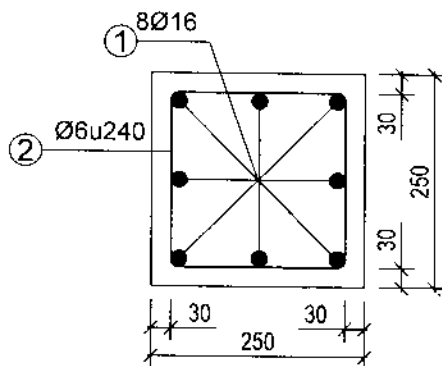
$$\mu = \frac{16,08}{25^2} 100\% = 2,6\%$$

$$\mu > \mu_{\min} = 0,4\%$$

$$\mu < 3\%$$

Vậy $F_b = F$ phù hợp với giả thiết.

Chọn đai φ6, $u = 15\phi_{\max} = 15 \times 16 = 240 \text{ mm}$



Ví dụ 8.2: Cho cột đổ tại chỗ chịu nén đúng tâm cao 3,9m. Chịu lực nén tính toán 800kN, biết cột được liên kết ngàm với móng, liên kết khớp với sàn. Tiết diện cột 22 x 30cm². Trong cột đã có 4φ18 + 4φ16 nhóm C-I làm cốt dọc chịu lực. Cột dùng bê tông M200. Kiểm tra khả năng chịu lực cho cột (bỏ qua trọng lượng bản thân) chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt dọc là 3cm.

Giải

Bước 1: Xác định số liệu tính

Bê tông M200 có $R_n = 90 \text{ daN/cm}^2$

Thép nhóm C-I có $R_a = 2000 \text{ daN/cm}^2$

$$F_{an} = F_{4\phi 18} + F_{4\phi 16} = 10,18 + 8,04 = 18,22 \text{ cm}^2$$

$$\mu = \frac{F_{an}}{F} 100\% = \frac{18,22}{22 \cdot 30} 100\% = 2,76\%$$

$$\mu < 3\%$$

Vậy $F_b = F$

Cột một đầu ngàm, một đầu khớp:

$$l_0 = 0,7l$$

$$\lambda_b = \frac{l_0}{b} = \frac{0,7 \cdot 390}{22} = 12,4$$

Lấy $\lambda_b = 12$ có $\varphi = 0,955$

$$\mu_{\min} = 0,4\%$$

Cột đổ tại chỗ, cạnh $h = 30\text{cm}$. Vậy $m_b = 0,85 \cdot 1 = 0,85$.

Bước 2: Kiểm tra khả năng chịu lực:

$$[N] = \varphi (m_b R_n F + R'_s F'_s)$$

$$= 0,955 (0,85 \cdot 90 \cdot 22 \cdot 30 + 2000 \cdot 18,22) = 83018,15 \text{ daN}$$

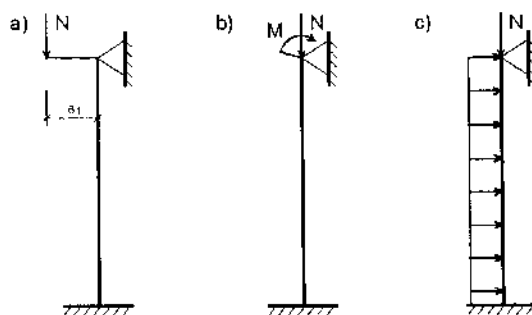
$$[N] = 83018,15 \text{ daN} > N = 80000 \text{ daN}$$

Vậy cột đủ khả năng chịu lực.

IV. CẤU KIỆN CHỊU NÉN LỆCH TÂM

1. Các trường hợp gây nén lệch tâm: Hình 8.8

Trong thực tế ta thấy cột chịu nén lệch tâm là do lực nén đặt lệch so với trục cột một đoạn e_1 (Hình 8.8a) hoặc chịu tác dụng của lực nén đặt đúng tâm và mômen tập trung (Hình 8.8b), hoặc ngoài lực nén đúng tâm cột còn chịu cả lực gây uốn (lực q trên hình 8.8.c).

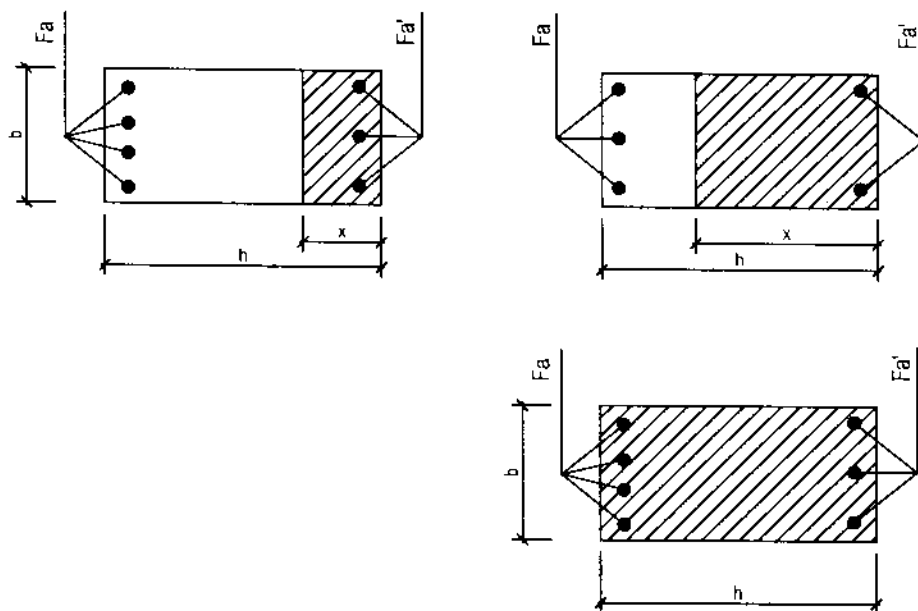


Hình 8.8. Các trường hợp nén lệch tâm

2. Sự làm việc của cấu kiện chịu nén lệch tâm - độ lệch tâm

Trên tiết diện của cấu kiện chịu nén lệch tâm thường tồn tại hai thành phần nội lực chính là lực nén N và mômen uốn M . Lực nén gây ứng suất nén phân

bố đều trên tiết diện. Mômen uốn gây ứng suất kéo trên một phần tiết diện, phần còn lại chịu ứng suất nén. Vậy ứng suất trên tiết diện phân bố không đều, nó có thể có hai dạng sau:



Hình 8.9

- Phân vùng ứng suất trên tiết diện.
- Trên tiết diện có phân vùng kéo, vùng nén (Hình 8.9a,b).
- Toàn bộ tiết diện chịu nén.

Khi đó sẽ có vùng chịu nén nhiều hơn và vùng chịu nén ít hơn (Hình 8.9c)

Chiều cao vùng chịu nén x càng lớn, tiết diện làm việc thiên về nén. Ngược lại, x càng nhỏ tiết diện làm việc càng thiên về uốn.

Đặc điểm này được đánh giá bằng trường hợp lệch tâm :

- Khi $x \leq \alpha_0 h_0$ là trường hợp lệch tâm lớn (lệch tâm nhiều).
- Khi $x > \alpha_0 h_0$ là lệch tâm bé (lệch tâm ít, lệch tâm nhỏ).

$\alpha_0 h_0$: ta đã quen thuộc trong cấu kiện chịu uốn. Trong thiết kế, không phải khi nào cũng xác định được chiều cao vùng nén x . Vì vậy, người ta đánh giá độ lệch tâm theo độ lệch tâm ban đầu e_0 của lực dọc:

$$e_0 = e_{0l} + e_{ng}$$

$$e_0 \geq e_{gh} \text{ ta có lệch tâm lớn.}$$

$e_0 < e_{gh}$ ta có lệch tâm bé.

Trong đó:

e_{0l} : độ lệch tâm ban đầu

$e_{0l} = \frac{M}{N}$; M, N: mômen uốn và lực dọc tại tiết diện đang xét.

e_{ng} : độ lệch tâm ngẫu nhiên do thi công không chính xác, do đặt thép không đối xứng.

e_{ng} được xác định theo thực tế. Nếu chưa có số liệu thực tế thì lấy theo quy định.

e_{gh} là độ lệch tâm giới hạn, được tính toán theo công thức thực nghiệm.

Ngoài yếu tố ngẫu nhiên, còn hai yếu tố khác cũng làm tăng độ lệch tâm ban đầu của lực dọc, đó là hiện tượng uốn dọc và từ biến. Ảnh hưởng này được xét qua hệ số $\eta \geq 1$. Độ lệch tâm dùng để tính toán gọi là độ lệch tâm cuối cùng có giá trị là ηe_0 .

Kĩ thuật thi công có ảnh hưởng đến từ biến của bê tông, do đó cần lưu ý hạn chế từ biến trong bê tông.

Chúng ta không đi vào phần tính toán, nhưng những khái niệm trên giúp ta hiểu được bản vẽ khi đọc các bản vẽ khung BTCT.

Phần năm

TÍNH TOÁN CÁC BỘ PHẬN THƯỜNG GẶP TRONG CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG DÂN DỤNG

Chương 9

DẦM VÀ BẢN ĐỒ TẠI CHỖ

Mục tiêu: Sau khi học xong chương này học sinh phải:

- Biết được sàn toàn khối.
- Phân biệt được sự làm việc của bản chịu lực một phương với bản chịu lực hai phương. Tính toán được bản đơn hình chữ nhật.
- Hiểu được cấu tạo cốt thép trong bản đơn, bản liên tục chịu lực một phương và chịu lực hai phương.
- Hiểu được cấu tạo thép trong dầm liên tục.

Trọng tâm:

Cấu tạo cốt thép trong bản, trong dầm liên tục.

I. XÁC ĐỊNH TẢI TRỌNG ĐƠN VỊ

1. Tải trọng tác dụng trên $1m^2$

Đây là loại tải trọng có phương vuông góc với bề mặt bản và phân bố đều theo diện tích mặt bản nên được gọi là tải trọng phân bố trên diện tích. Trong

tính toán, để đơn giản người ta thường dùng đơn vị tính diện tích tải trọng là 1m^2 . Tải trọng tác dụng trên 1m^2 bao gồm tĩnh tải, ký hiệu g_0 và hoạt tải p_0 .

- Tĩnh tải g_0 xác định theo cấu tạo của sàn trên bản vẽ kiến trúc.
- Hoạt tải p_0 tùy thuộc vào chức năng sử dụng của sàn lấy theo phụ lục 31.

Trong công trình có thể có nhiều loại phòng có chức năng sử dụng khác nhau như sàn các tầng nhà, sàn mái, sàn khu w.c, sàn ban công... nên cấu tạo của chúng có những điểm giống nhau và cũng có những điểm khác nhau. Để tiện thể hiện phần thuyết minh, phần xác định tải trọng thường được thể hiện theo dạng bảng (bảng 9.1)

Bảng 9-1: Tải trọng tác dụng trên diện tích

Cấu tạo sàn		γ				
Loại sàn	Các lớp	(daN/ m^3)	h_i (m)	$g_{itc}=\gamma_i h_i$ (daN/ m^2)	n	$g_i=n \cdot g_{itc}$ (daN/ m^2)
Sàn tầng 2	- Gạch lát	γ_1	h_1	g_{1tc}	n_1	g_1
	- Vữa lót	γ_2	h_2	g_{2tc}	n_2	g_2
	- BTCT	γ_3	h_3	g_{3tc}	n_3	g_3
	- Trát trần	γ_4	h_4	g_{4tc}	n_4	g_4
	$g_0=g_1+g_2+g_3+g_4$			g_{0tc}		g_0
	- Hoạt tải			p_{0tc}		p_0
	Tổng: $q_0=g_0+p_0$					q_0
Sàn mái	- 2 lớp gạch lá nem - BTCT					

2. Tải trọng tác dụng trên 1m

Là loại tải trọng phân bố dọc theo chiều dài của kết cấu. Nó dùng để tính dầm hoặc móng băng. Trong tính toán cũng được thể hiện dưới dạng bảng (bảng 9.2)

Bảng 9-2: Tải trọng tác dụng trên 1m

Kết cấu	γ (daN/ m^3)	b (m)	h (m)	$g_{tc}=\gamma \cdot b \cdot h$ (daN/m)	n	$g=n \cdot g_{tc}$ (daN/m)
Dầm D1	γ_b	b_1	h_1	g_{1tc}	n_1	g_1

Vữa trát D1 dày h_v	γ_v	$2(b_1+h_1)$	h_v	g_{2tc}	n_2	g_2
Tường dày δ_{kx}	γ_{kx}	δ_{kx}	h_{kx}	g_{3tc}	n_3	g_3
Trát tường dày δ_v	γ_v	$2\delta_v$	h_{kx}	g_{4tc}	n_2	g_4

Căn cứ vào bản vẽ kiến trúc, ta lựa chọn các loại tải trọng trong bảng 9.2. để xác định tổng tải trọng tác dụng lên dầm hoặc lên móng tính toán.

II. BẢN ĐƠN HÌNH CHỮ NHẬT

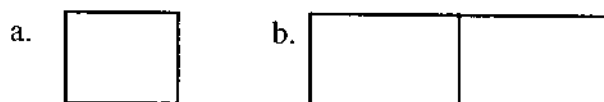
1. Khái niệm bản đơn - Bản liên tục

Bản là kết cấu phẳng có chiều dày nhỏ hơn nhiều so với hai kích thước còn lại. Chiều dày kí hiệu là h_b , cạnh lớn kí hiệu là l_d và cạnh nhỏ là l_n . Các cạnh l_d và l_n được liên kết với tường hoặc dầm. Tường và dầm là các gối tựa tuyến của bản. Sàn có gối tựa tuyến trên dầm là sàn sườn. Trong xây dựng còn gặp bản kê trực tiếp trên cột gọi là sàn nấm.

Sàn sườn có thể có một ô bản hoặc nhiều ô bản bố trí liên nhau hình 9-1. Hình dáng các ô bản có thể là chữ nhật, vuông, tam giác, hình thang... Trong phạm vi chương trình chỉ xét ô bản chữ nhật (hình vuông là hình chữ nhật $l_d/l_n = 1$).

Bản đơn là bản chỉ có một ô độc lập hoặc nhiều ô đổ cạnh nhau nhưng có cấu tạo cốt thép rời nhau khiến các ô làm việc độc lập.

Bản gồm nhiều ô đổ liên nhau, có cấu tạo cốt thép liên nhau khiến chúng làm việc cùng với nhau gọi là bản liên tục.



a. Bản đơn

b. Bản liên tục

Hình 9.1

2. Liên kết cạnh

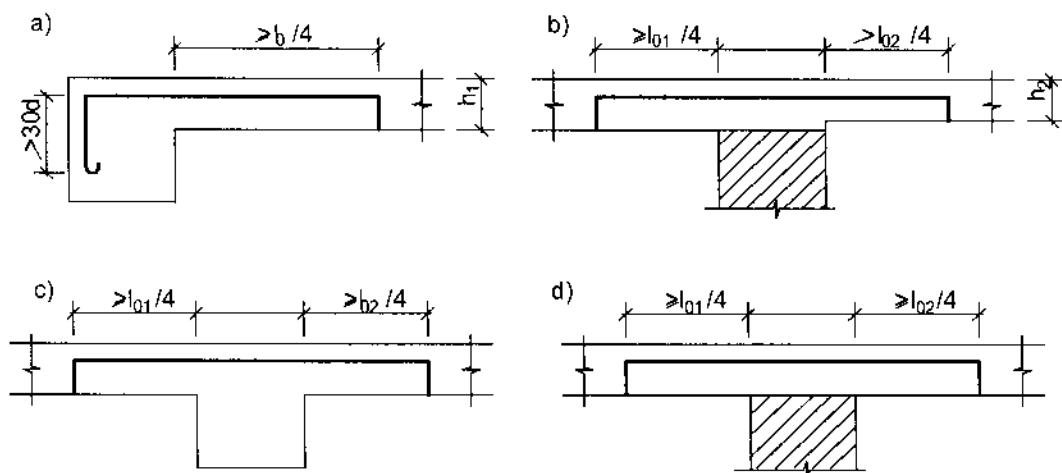
Liên kết của cạnh bản với các gối tựa có thể là khớp hoặc là ngàm.

2.1. Kí hiệu liên kết cạnh (Hình 9.2)

Liên kết ngàm		(a)
Liên kết khớp		(b)
Cạnh tự do		(c)

2.2. Cấu tạo liên kết cạnh

- Liên kết ngàm (Hình 9-3)



Hình 9.3

a. bản ngàm với dầm, (b), (c), (d): hai ô bản ngàm với nhau

Trên hình 9.3:

d: đường kính thanh neo.

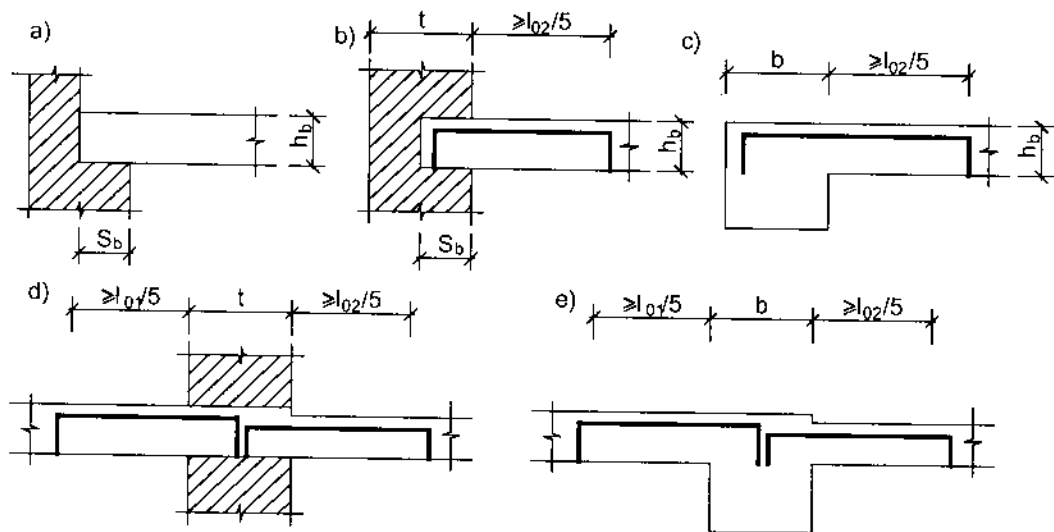
l_0, l_{01}, l_{02} : nhịp thông thủy của bản, lấy theo quy định ở phần sau.

- Liên kết khớp (Hình 9.4)

Trong hình 9.4 $S_b \geq h_b$ để tiện thi công thường lấy $S_b = 110\text{mm}$.

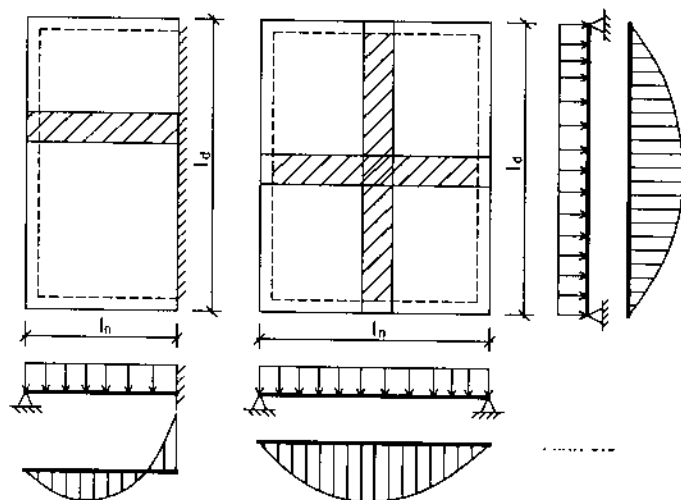
3. Sự làm việc của ô bản

Dưới tác dụng của tải trọng vuông góc với bề mặt. Tùy theo liên kết cạnh và cấu tạo của bản mà nó có thể bị uốn theo một phương hoặc hai phương.



Hình 9.4

a. bản kê tự do lên tường; b. bản chèn trong tường; c. cạnh biên của bản đỡ liên dầm; d, e. hai ô bản đỡ liên có cấu tạo cốt thép rời nhau



Hình 9.5

3.1. Bản bị uốn một phương (hình 9.5a)

Là loại bản khi chịu tải trọng mômen uốn chỉ xuất hiện trong mặt phẳng song song với một phương. Phương đó là phương chịu lực của ô bản. Tùy theo mặt phẳng chứa mômen mà bản có thể bị uốn theo phương cạnh ngắn hoặc bị uốn theo phương cạnh dài. Bản bị uốn một phương còn gọi là bản dầm.

3.2. Bản bị uốn hai phương (hình 9.5b)

Khi chịu tải trọng, nếu mômen uốn trong bản xuất hiện trên cả mặt phẳng song song với cạnh ngắn, cả mặt phẳng song song với cạnh dài của ô bản, vậy cả hai phương đều chịu lực và bản đó bị uốn theo cả hai phương. Bản bị uốn hai phương gọi là bản chịu lực hai phương hoặc bản kê bốn cạnh.

III. TÍNH BẢN ĐƠN CHỊU LỰC MỘT PHƯƠNG (BẢN DẦM)

1. Điều kiện nhận biết

1.1. Trường hợp một (hình 9.5a)

- Bốn cạnh có liên kết, tỉ số $\frac{l_d}{l_n} \geq 2$

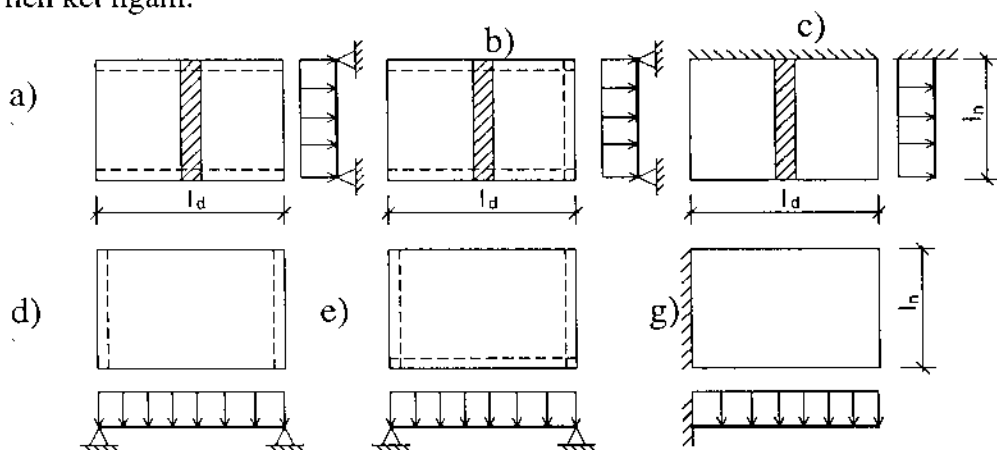
Trường hợp này bản chịu lực theo phương cạnh ngắn.

1.2. Trường hợp hai (hình 9.6)

- Liên kết không đủ ở bốn cạnh.
- Không phân biệt l_d/l_n là bao nhiêu.

Phương chịu lực tùy thuộc số cạnh có liên kết.

Qua hình 9.6 cho thấy, phương làm việc của ô bản là phương vuông góc với phương có số liên kết cạnh lớn hơn và nếu liên kết chỉ có ở một cạnh thì phải là liên kết ngàm.



Hình 9.6

*a, b, c: phương chịu lực là phương cạnh ngắn
d, e, g: phương chịu lực là phương cạnh dài*

2. Cấu tạo

2.1. Kích thước

Chiều dài (l_d) và chiều rộng (l_n) thường từ 2 đến 4m. Tùy yêu cầu sử dụng, yêu cầu mỹ quan hoặc yêu cầu kinh tế mà có thể chọn lớn hơn hoặc nhỏ hơn.

Chiều dày bản phụ thuộc vào kích thước ô bản và tải trọng tác dụng lên bản. Chiều dày bản h_b có thể chọn sơ bộ như sau:

$$h_b = \left(\frac{1}{35} - \frac{1}{40} \right) l$$

Với l : độ dài của nhịp theo phương chịu lực.

h_b được lấy tròn theo số nguyên của cm để tiện thi công.

Thường chọn $h_b = 6 - 12$ cm. Với sàn nhà ở $h_b \geq 6$ cm. Tùy theo yêu cầu sử dụng, giải pháp kết cấu và công nghệ thi công mà h_b có thể tăng lên hoặc giảm đi.

2.2. Cốt thép

Tùy theo tính chất của liên kết cạnh, trong bản có thể có hai hoặc ba loại cốt thép: hình 9.7 và hình 9.8

- Cốt chịu lực
- Cốt cấu tạo
- Cốt phân bố (cốt giá)

Các cốt thép này được liên kết với nhau thành lưới buộc hoặc hàn với nhau thành lưới hàn.

2.2.1. Cốt chịu lực

Cốt chịu lực trong bản để chịu ứng suất kéo do mômen gây ra, bởi vậy nó luôn được đặt ở miền bê tông chịu kéo và đặt dọc theo phương chịu lực. Cốt chịu lực phải đảm bảo yêu cầu chịu lực (theo tính toán) đồng thời phải đảm bảo yêu cầu cấu tạo theo quy định.

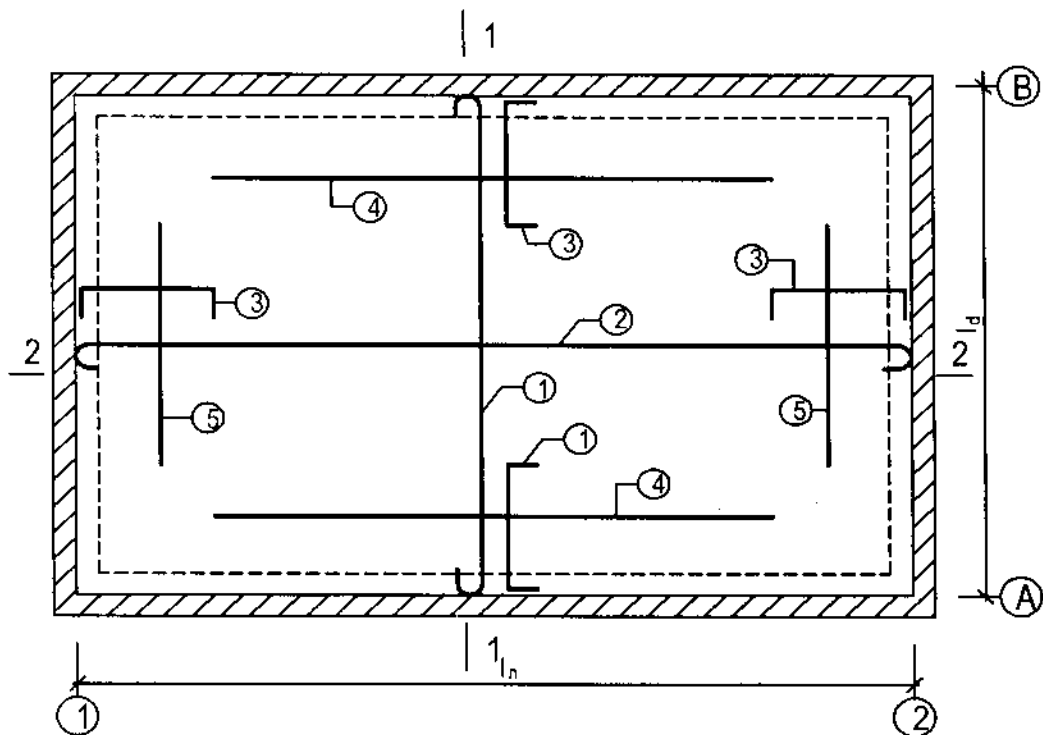
Để dễ gia công cốt thép trong bản thường dùng nhóm C-I hoặc A-I. Số lượng cốt thép thể hiện qua đường kính thanh, khoảng cách giữa các trục thanh liên kế nhau và chúng được xác định theo kết quả tính. Đường kính ϕ của cốt thép không nên lớn hơn $1/10$ chiều dày bản. Thường dùng $\phi 6 - 12$ mm. Khoảng cách a giữa các thanh không dưới 70mm và không quá 200mm khi chiều dày bản dưới 150mm không vượt quá $1,5h$ khi chiều dày bản từ 150mm trở lên. Tại một vị trí thường chọn một loại ϕ , cũng có thể chọn hai loại ϕ đặt xen kẽ với nhau. Hai loại lệch nhau 2mm.

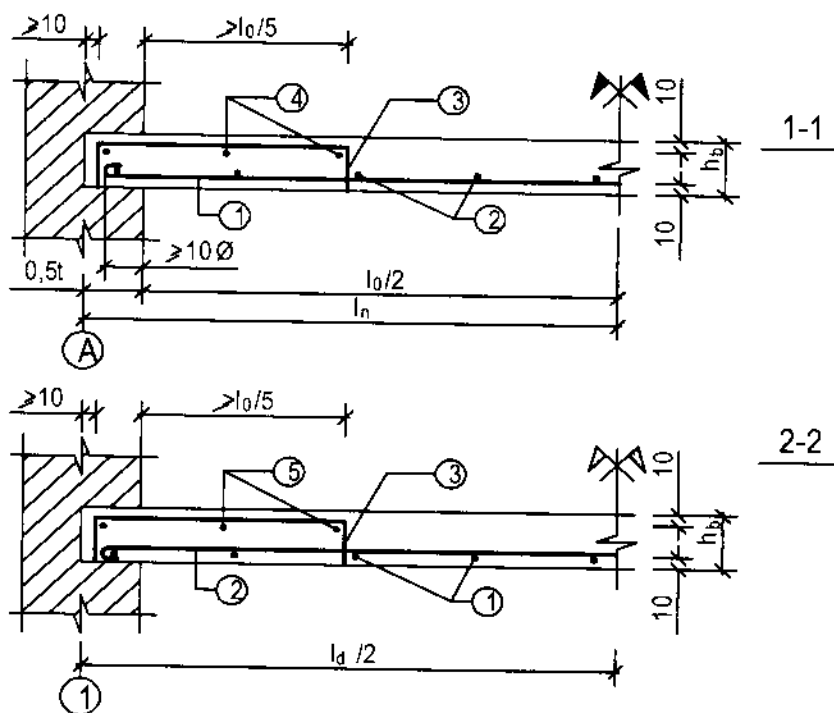
2.2.2. Cốt phân bố

Cốt phân bố đặt vuông góc với cốt chịu lực, gần trục trung hòa hơn và được liên kết với cốt chịu lực tạo thành lưới. Nhiệm vụ của chúng là giữ vị trí cho cốt chịu lực không bị dịch chuyển khi thi công, phân phối ảnh hưởng của lực cục bộ cho các cốt chịu lực lân cận, chịu ứng suất do bê tông co ngót và do nhiệt độ gây ra. Trong một số trường hợp, cốt phân bố ở biên dưới của bản còn chịu mômen dương theo phương cạnh dài mà trong tính toán ta bỏ qua. Đường kính từ 4 đến 8 mm, Khoảng cách giữa các thanh $a = 250$ đến 300 và không quá 350 mm. Trên cùng phạm vi, tổng diện tích cốt phân bố không nhỏ hơn 10% tổng diện tích cốt chịu lực.

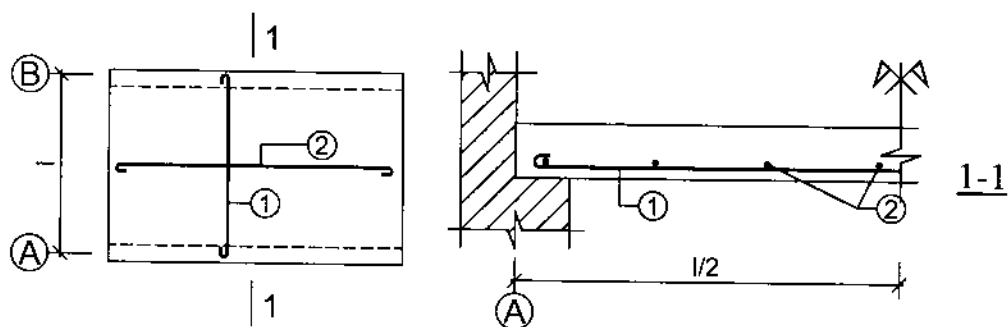
2.2.3. Cốt cấu tạo

Tại các cạnh biên của bản được chèn trong khối xây, hoặc liên kết khớp với dầm hay sườn viền phải đặt cốt cấu tạo để chịu mômen âm mà trong tính toán bỏ qua. Thép này không cần tính toán, lấy theo cấu tạo $\phi 6a200$.





Hình 9.7: Các cạnh bản chèn trong khối xây
1: cốt chịu lực; 2,4,5: cốt phân bố; 3: cốt cấu tạo



Hình 9.8: Bản có cạnh kê tự do trên khối xây
1: cốt chịu lực; 2: cốt phân bố

3. Trình tự tính toán

Cho ô bản chữ nhật có $\frac{l_d}{l_n} \geq 2$ chiều dày h_b , bốn cạnh bản được chèn trong tường 220.

3.1. Tải trọng tác dụng

Dựa vào bản vẽ kiến trúc để biết cấu tạo sàn và tính theo bảng 9.1 ta có:

$$q_0 = g_0 + p_0 \left(\frac{\text{daN}}{\text{m}^2} + \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$$

3.2. Tính và vẽ biểu đồ mômen

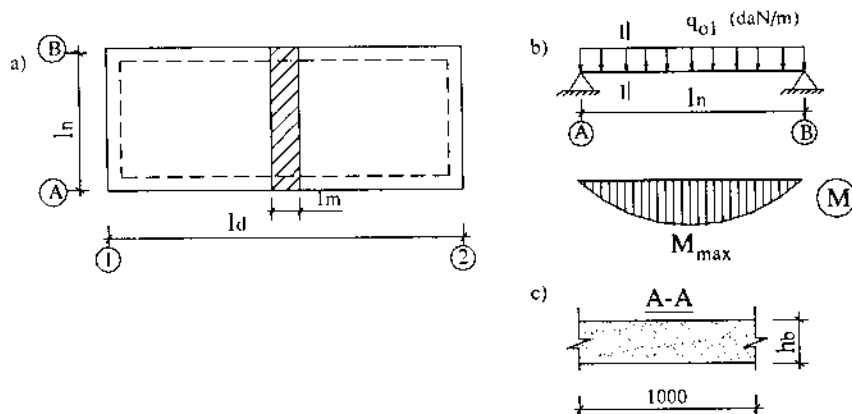
Theo mặt bằng, bốn cạnh bản được chèn trong tường, vậy bốn cạnh có liên kết khớp. Tỉ số $\frac{l_d}{l_n}$ lớn hơn hoặc bằng hai. Vậy bản chịu lực theo phương cạnh ngắn.

Với loại bản này dọc theo phương cạnh dài, sự làm việc của các vị trí hoàn toàn giống nhau. Để tiện tính toán ta cắt ra một băng rộng 1m để tính đại diện, khi đó tải trọng tác dụng lên băng này là:

$$q_{01} = q_0 \times 1 \text{ (m)} \left(\frac{\text{daN}}{\text{m}} + \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$$

Băng bản rộng 1m được tính như dầm có tiết diện chữ nhật $b = 1\text{m}$; chiều cao là h_b và ta có sơ đồ tính như hình 9.9c

Với sơ đồ tính (hình 9.9), dùng các phương pháp đã học trong phân sức bên vật liệu hoặc sử dụng bảng tính sẵn (phụ lục 24.) để tính và vẽ biểu đồ mômen cho bản (hình 9.9b).



Hình 9.9

3.3. Thiết kế cốt thép

Chọn mác bê tông và nhóm thép, giả thiết khoảng cách a dùng công thức của tiết diện chữ nhật để tính toán diện tích cốt thép cho dải bản 1m.

Giả thiết $a_{gt} = (1,5 + 2) \text{ cm}$

$$h_{0gt} = h - a_{gt}$$

$$A = \frac{M_{\max}}{R_n \cdot 100 \cdot h_0^2} \leq A_0 : \text{Trường hợp cốt đơn}$$

Từ A tra phụ lục 21 được α :

$$F_a = \frac{\alpha R_n \cdot 100 \cdot h_0}{R_a}$$

Trong các công thức trên: M (daNcm); R_a, R_n ($\frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$) hoặc M (kNcm); R_a, R_n (kN/cm²); h_0 (cm)

Có F_a tra phụ lục 23 chọn đường kính cốt thép và khoảng cách giữa các thanh sao cho thoả mãn yêu cầu chịu lực và yêu cầu cấu tạo.

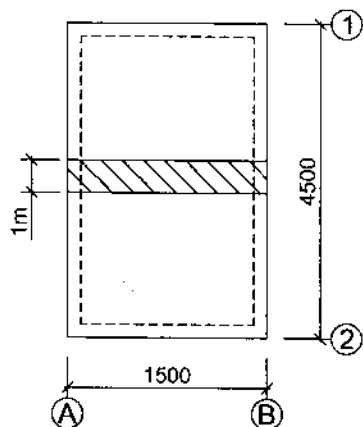
Việc chọn thép cũng phải đảm bảo các yêu cầu như trong dầm, đó là yêu cầu về lượng thép chênh lệch ΔF_s , chiều cao làm việc h_0 , hàm lượng cốt thép μ .

Khi các yêu cầu đã thoả mãn, nghĩa là cốt thép thiết kế đã đạt yêu cầu và ô bản phải được thể hiện trên bản vẽ cùng với bảng thống kê cốt thép ta sẽ xét ở phần bài tập tổng hợp. Ngoài cốt chịu lực phải tự chọn cốt phân bố, cốt cấu tạo theo quy định.

4. Ví dụ 9.1

Cho ô bản như hình vẽ, biết $q_0 = 745,36$ ($\frac{\text{daN}}{\text{m}^2}$); $h_b = 7\text{cm}$.

Bản chèn vào tường dày 220mm, trục A liên kết với dầm rộng 220mm. Sàn và dầm dùng bê tông M200, thép nhóm C-I. Thiết kế cốt thép cho bản.



Giải

Bước 1: Xác định số liệu tính:

Giả thiết $a_{0gt} = 1,5$ cm ta có $h_{0gt} = 7 - 1,5 = 5,5$ cm.

Bê tông M200 có $R_n = 90 \left(\frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \right)$

Thép nhóm C-I có $R_a = 2000 \left(\frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \right)$

Bê tông M200 và $R_a < 3000 \left(\frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \right)$ có $\alpha_0 = 0,62$

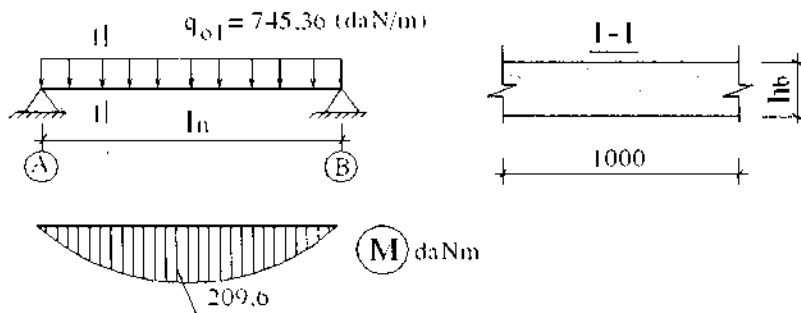
$\alpha_0 = 0,62$ tra bảng 21 được $A_0 = 0,428$

Bản có 4 cạnh liên kết khớp, tỉ số $\frac{l_d}{l_n} = \frac{4500}{1500} = 3 > 2$

Vậy bản chịu lực một phương, là phương cạnh ngắn. Cắt băng 1m để tính.

$$q_{01} = q_0 \times 1 = 745,36 \cdot 1 = 745,36 \frac{\text{daN}}{\text{m}}$$

$$M_{\max} = \frac{q_{01} l^2}{8} = \frac{745,36 \cdot 1,5^2}{8} = 209,63 \text{ daNm} = 20963 \text{ daNcm}$$



Bước 2: Xác định cốt thép:

$$A = \frac{M_{\max}}{R_n \cdot 100 \cdot h_0^2} = \frac{20963}{90 \cdot 100 \cdot 5,5^2} = 0,077 < A_0 = 0,428$$

$A = 0,077$ tra phụ lục 21 được $\alpha = 0,08$

$$F_a = \frac{\alpha \cdot R_n \cdot 100 \cdot h_0}{R_a} = \frac{0,08 \cdot 90 \cdot 100 \cdot 5,5}{2000} = 1,98 \text{ cm}^2.$$

Tra phụ lục 23 chọn $\phi 6$, a140 có $F_{ach} = 2,02 \text{ cm}^2$.

$$-3\% < \Delta F_a = \frac{2,02 - 1,98}{1,98} \cdot 100\% = 2,02\% < 5\%$$

Lượng thép chênh lệch đạt yêu cầu.

Bước 3: Kiểm tra các điều kiện cấu tạo:

Chọn chiều dày lớp bê tông bảo vệ $C_b = 1\text{cm}$

$$a = C_b + 0,5\phi = 1 + 0,5 \cdot 0,6 = 1,3\text{ cm}$$

$$h_0 = h - a = 7 - 1,3 = 5,7\text{cm} > h_{0\text{ghl}} = 5,5\text{cm}$$

Chiều cao h_0 đảm bảo.

$$\mu = \frac{F_{\text{ach}}}{bh_0} \cdot 100\% = \frac{2,02}{100 \cdot 5,7} \cdot 100 = 0,35\%$$

$$\mu_{\text{max}} = \alpha_0 \frac{R_n}{R_a} 100\% = 0,62 \cdot \frac{90}{2000} \cdot 100 = 2,79\%$$

$$\mu_{\text{min}} = 0,1\% < \mu = 0,35\% < \mu_{\text{max}} = 2,79\%$$

Vậy các yêu cầu cấu tạo đảm bảo.

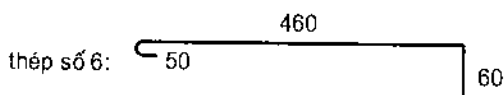
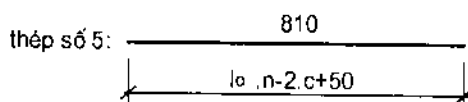
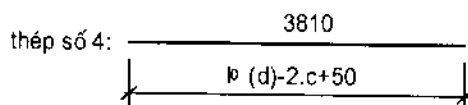
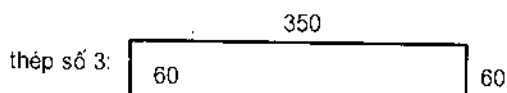
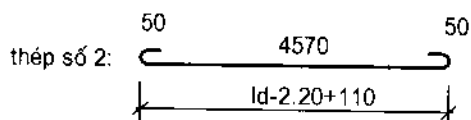
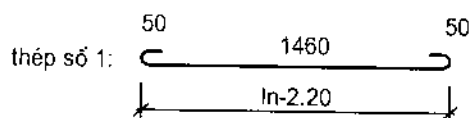
Chọn cốt phân bố $\phi 6a250$.

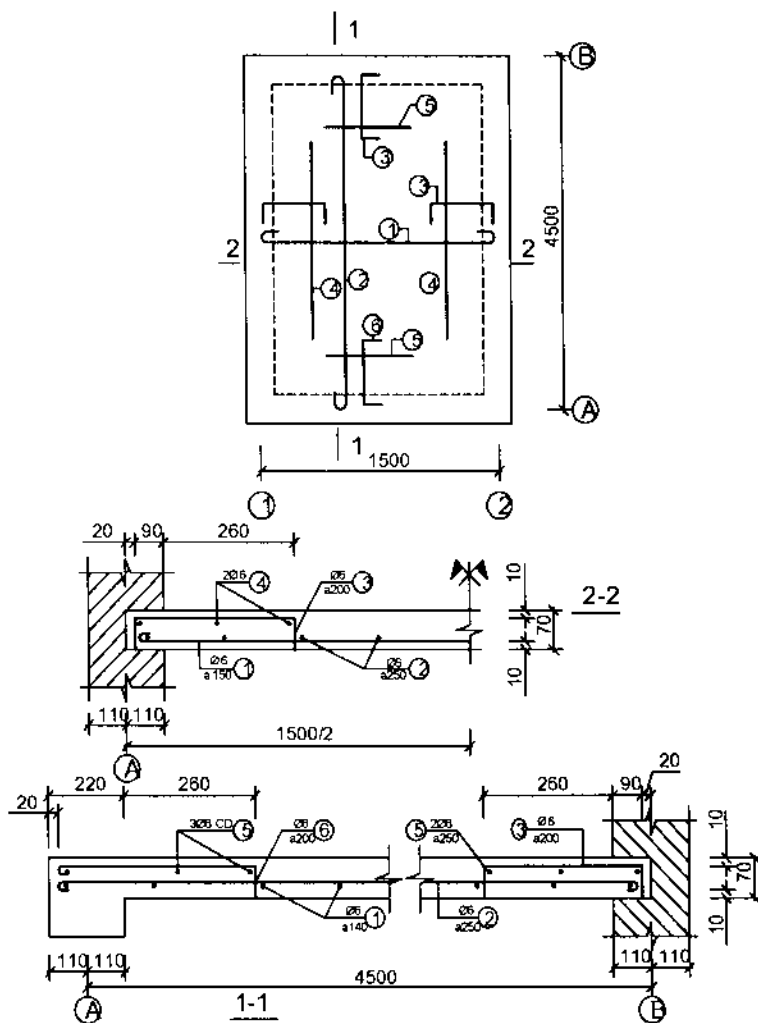
Cốt cấu tạo $\phi 6$, $a200$ có độ vươn khỏi mép gối:

$$c \geq \frac{l_0}{5} = \frac{1500 - 2 \cdot 110}{5} = 256\text{mm}$$

Lấy $c = 260\text{mm}$.

Hướng dẫn triển khai các thanh cốt thép phục vụ cho việc thống kê cốt thép.





Cốt thép trong bản được thể hiện qua hình vẽ.

IV. TÍNH BẢN ĐƠN CHỊU LỰC HAI PHƯƠNG (BẢN KÊ BỐN CẠNH)

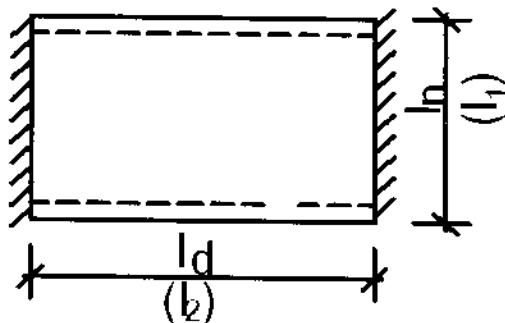
1. Điều kiện nhận biết

Để được tính toán theo bản chịu lực hai phương cần phải thỏa mãn điều kiện.

- Bốn cạnh đều có liên kết

- Tỷ số $\frac{l_d}{l_n} \leq 2$

Trong bản kê bốn cạnh, cạnh dài kí hiệu l_2 , cạnh ngắn là l_1 .



Hình 9.10

2. Cấu tạo

So với bản dầm, bản kê bốn cạnh, l_d và l_n có thể lấy lớn hơn bản dầm. Phần lớn nó lấy theo yêu cầu của thiết kế kiến trúc. Tuy nhiên, nếu lấy quá lớn thì chiều dày của bản sẽ lớn và không kinh tế.

Chiều dày bản chọn sơ bộ:

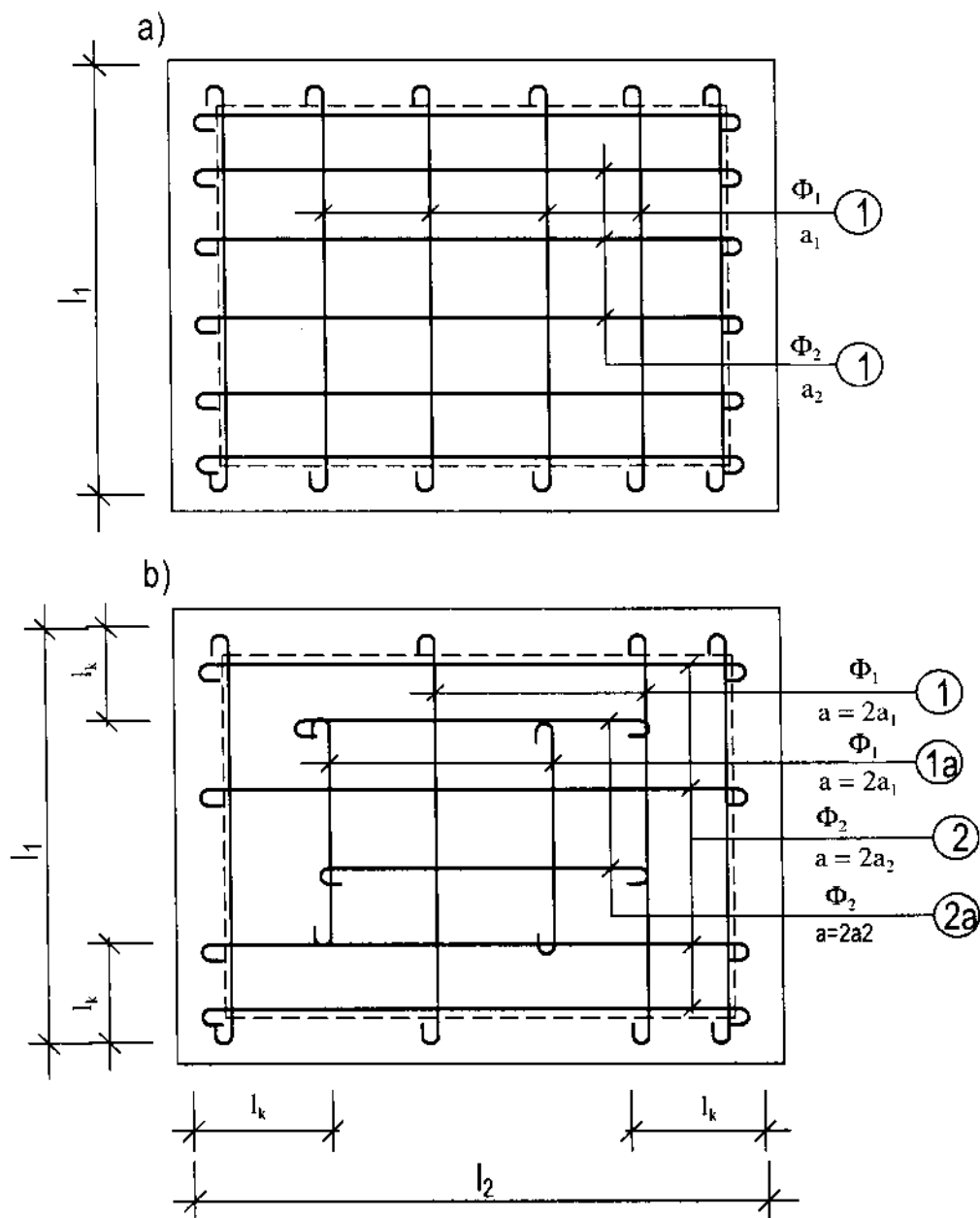
$$h_b = \left[\frac{1}{40} - \frac{1}{60} \right] l_1$$

h_b phải là số nguyên của cm.

2.1. Cốt thép

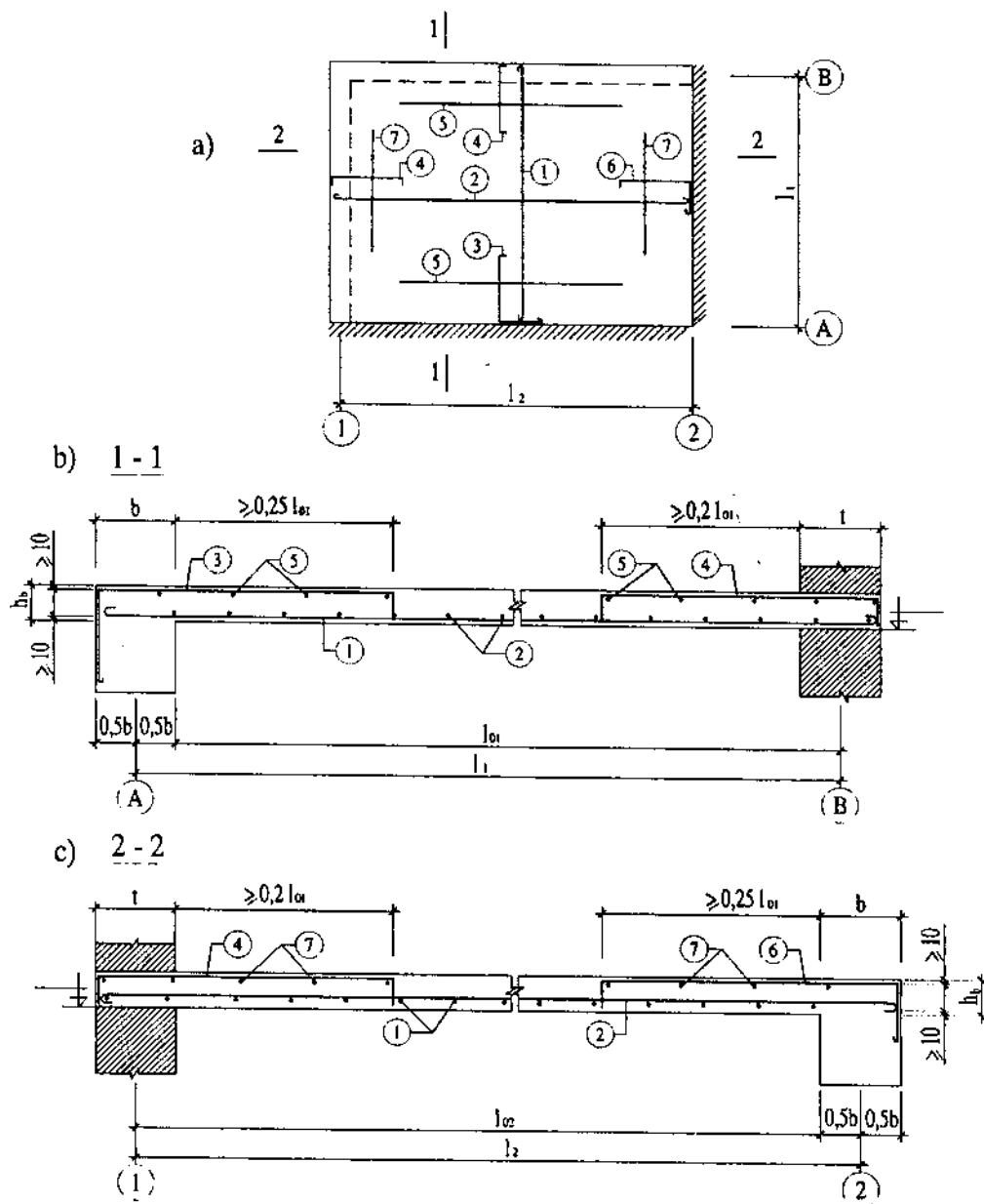
Cấu tạo cốt thép trong bản chịu lực hai phương về cơ bản giống với cốt thép trong bản chịu lực một phương. Cũng có các loại cốt thép và yêu cầu cấu tạo đối với mỗi loại, vị trí của chúng hoàn toàn theo quy định ở bản chịu lực một phương. Điểm khác duy nhất là cốt chịu lực được đặt theo cả hai phương. Cốt chịu lực theo phương nào đặt song song với phương đó. Cốt chịu lực theo phương l_n được ưu tiên đặt xa trục trung hoà hơn. Cốt chịu mômen dương đặt ở biên dưới, cốt chịu mômen âm đặt ở biên trên (hình 9.12).

Do số lượng cốt chịu lực nhiều nên trong bản chịu lực hai phương, ở biên dưới của bản người ta chọn cách đặt cốt thép không đều khi cần tiết kiệm thép. Tại vị trí có mômen lớn (phần giữa ô bản) lượng thép đặt theo tính toán; vị trí có mômen nhỏ (phần biên, gần các gối tựa của ô bản) lượng thép bố trí được phép giảm đi 50% so với tính toán nhưng số thanh còn lại để neo vào gối phải đảm bảo không ít hơn 3 thanh trên 1m (hình 9.12).



Hình 9.12: Mặt bằng cốt thép chịu $M > 0$
a) Bố trí cốt thép đều; b) Bố trí cốt thép không đều (phân dải).

a)



Hình 9.13. Bố trí cốt thép đều
a) Mặt bằng; b và c) Các mặt cắt

3. Trình tự tính toán

3.1. Tải trọng tác dụng trên $1m^2$

Căn cứ cấu tạo, dùng bảng 9.1 để tính q_0

3.2. Tính và vẽ biểu đồ mômen

Căn cứ vào bản vẽ kiến trúc, xác định liên kết tại các cạnh, xét tỉ số $\frac{l_2}{l_1} \leq 2$ để khẳng định bản chịu lực hai phương. Mômen trong bản được xác định theo hai cách: Tính theo sơ đồ đàn hồi hoặc theo sơ đồ có kể đến biến dạng dẻo. Tính theo biến dạng dẻo tiết kiệm cốt thép hơn nhưng nguy hiểm hơn.

Mômen trong bản kê bốn cạnh xuất hiện theo cả hai phương. Các mômen này đều nằm trong các mặt phẳng thẳng đứng (vuông góc bề mặt bản); mômen thuộc mặt phẳng song song với cạnh l_n gọi là mômen theo phương nhịp ngắn, mômen thuộc mặt phẳng song song cạnh dài là mômen theo phương nhịp dài. Với mỗi ô bản mômen làm căng mặt dưới của bản ($M > 0$) luôn xuất hiện theo cả hai phương, còn mômen gối chỉ xuất hiện ở gối liên kết ngàm. Vậy trong bản kê bốn cạnh, vị trí xuất hiện mômen nguy hiểm ít nhất là hai và nhiều nhất là 6. Giá trị mômen nguy hiểm, vị trí xuất hiện các mômen này phụ thuộc vào đặc điểm liên kết cạnh và tỉ số $\frac{l_d}{l_n}$. Sau đây sẽ trình bày hai cách tính mômen cho bản.

3.2.1. Tính theo sơ đồ đàn hồi

Theo đặc điểm liên kết tại các cạnh người ta chia thành hai trường hợp:

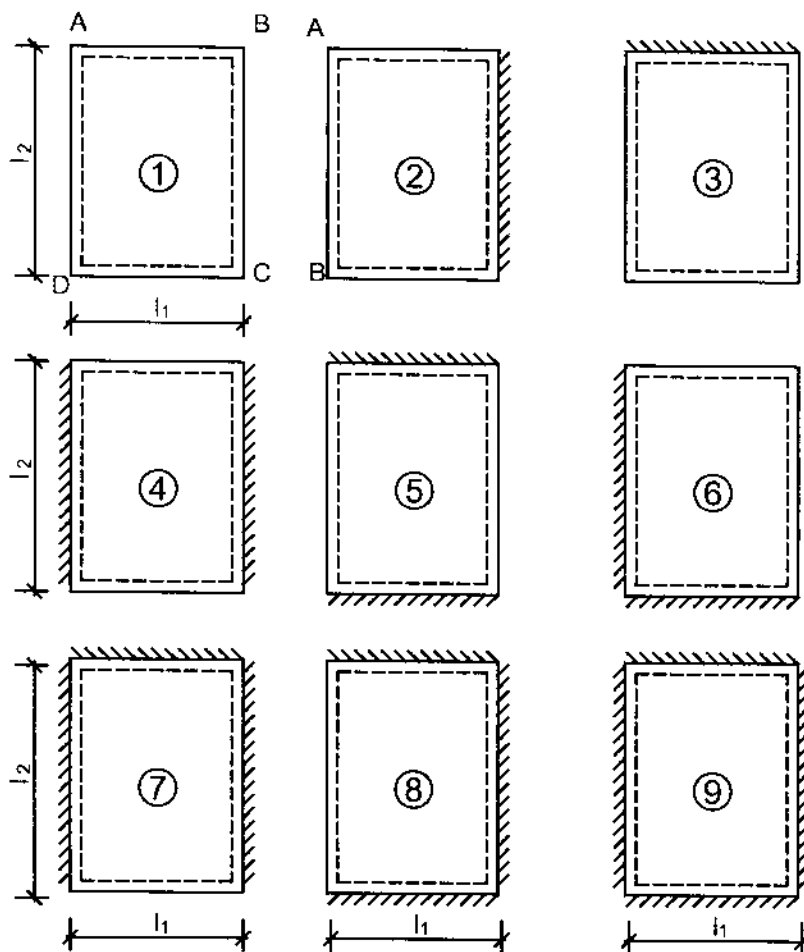
Trường hợp 1: Bản không có góc vênh tự do.

Trường hợp 2: Bản có góc vênh tự do.

Khi bản có cạnh kê tự do (cạnh của ô bản kê lên khối xây nhưng mặt trên của cạnh không có khối xây tiếp). Khi chịu tải trọng bản bị uốn, các cạnh này và một số góc bản vênh lên tự do. Ngược lại, bản không có cạnh kê tự do khi bị uốn không có góc nào được vênh tự do.

a. Trường hợp một

Theo độ phức tạp của liên kết cạnh có 9 sơ đồ được đánh số từ 1 đến 9 xếp theo độ phức tạp tăng dần (Hình 9.14)



Hình 9-14

Mômen tại các vị trí nguy hiểm được xác định theo các công thức sau:

$$M_{ni} = \alpha_{ni} P \quad (9.1)$$

$$M_{di} = \alpha_{di} P \quad (9.2)$$

$$M_{ni}^g = -\beta_{ni} P \quad (9.3)$$

$$M_{di}^g = -\beta_{di} P \quad (9.4)$$

Trong đó:

i: Sơ đồ liên kết cạnh thứ “i” (từ 1 ÷ 9)

M_{ni} : Mômen nhịp theo phương cạnh ngắn (mômen nhịp ngắn) của ô bản có sơ đồ “i”

- $M_{đi}$: Mômen nhịp theo phương cạnh dài (mômen nhịp dài) của ô bản có sơ đồ "i"
- M_{ni}^g : Mômen gối theo phương cạnh ngắn của ô bản có sơ đồ i
- $M_{đi}^g$: Mômen gối theo phương cạnh dài của ô bản có sơ đồ i
- $\alpha_{ni}, \alpha_{đi}, \beta_{ni}, \beta_{đi}$: Các hệ số tính mômen tra phụ lục 27, dựa vào sơ đồ i và tỉ số $\frac{l_2}{l_1}$
- P: Tổng tải trọng tác dụng trên ô bản

$$P = q_0 \cdot l_2 \cdot l_1 \quad (9.5)$$

q_0 thường dùng kN/m², daN/m²

l_1, l_2 thường dùng đơn vị m

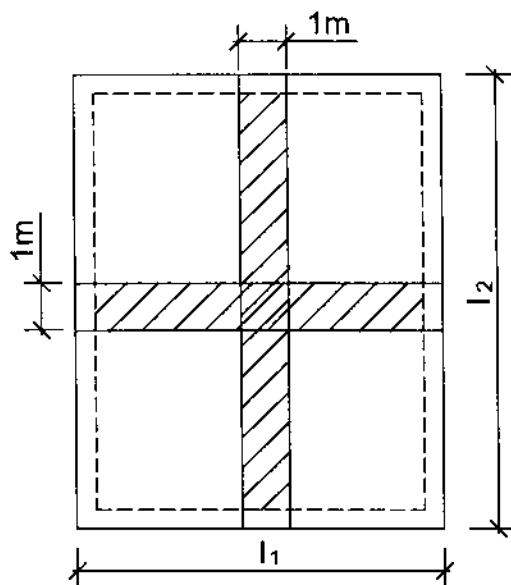
Vậy P thường dùng kN, daN

M thường dùng kNm, daNm

Ví dụ: Khi tính P nếu q_0 (kN/m²), l_2, l_1 (m) thì P (kN) và M (kNm)

Nếu tính P mà q_0 (daN/m²), l_2, l_1 (m) thì P (daN) và M (daNm)

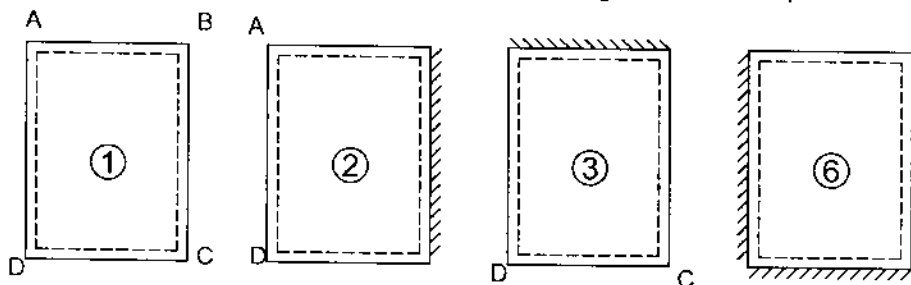
Các giá trị mômen tính được dùng để tính toán cốt thép cho dải bản rộng 1m đi qua tâm bản theo mỗi phương.



Hình 9.15

b. Trường hợp hai

Trong 9 sơ đồ ở trường hợp 1, chỉ có sơ đồ 1, 2, 3, và 6, nếu các cạnh liên kết khớp là các cạnh kê tự do thì có tất cả hoặc một số góc vênh lên tự do khi bị uốn.



Hình 9.16: Các góc có ghi kí hiệu A, B, C, D là các góc có thể vênh tự do

Trường hợp này dùng công thức (9.3) và (9.4) để tính mômen gối cho bản. Mômen nhịp được tính theo công thức sau:

$$M_{ni} = \varphi_n C_{ni} q_0 l_1^2 \quad (9.6)$$

$$M_{di} = \varphi_d C_{di} q_0 l_2^2 \quad (9.7)$$

Trong các công thức trên:

φ_n, φ_d : Hệ số phụ thuộc liên kết ở hai đầu của phương đang xét.

$\varphi = 0,125$ Khi phương đang xét có hai đầu khớp.

$\varphi = 0,07$ Khi phương đang xét có một đầu ngàm, một đầu khớp.

C_{ni} và C_{di} Hệ số phân phối tải trọng theo phương cạnh ngắn và cạnh dài, tra phụ lục 28, phụ thuộc sơ đồ i và tỉ số l_2/l_1

$M_{ni}, M_{di}, q_0, l_2, l_1$: đã gặp ở các phần trước.

3.2.2. Tính theo sơ đồ kể đến biến dạng dẻo

Khi tính theo sơ đồ dẻo, mômen tại các vị trí nguy hiểm phụ thuộc vào bản có hay không có cạnh liên kết ngàm, cách đặt cốt thép chịu mômen nhịp theo mỗi phương đều hay không đều (không phân dải hay có phân dải).

Khi tính theo sơ đồ dẻo phải xác định nhịp tính toán của mỗi phương theo quy định:

- Nếu 2 đầu khớp: $l_{ti} = l_{oi} + h_b$

- Nếu 2 đầu ngàm: $l_{ti} = l_{oi}$

- Nếu 1 đầu ngàm, một đầu khớp: $l_{ti} = l_{oi} + 0,5h_b$

l_{oi} : Khoảng cách thông thủy giữa hai gối đỡ của phương i.

a. Bản không có cạnh ngàm

Trường hợp 1: Bố trí cốt thép không phân dải:

$$M_{01} = m \cdot q_0 \cdot l_{11}^2 \quad (9.8)$$

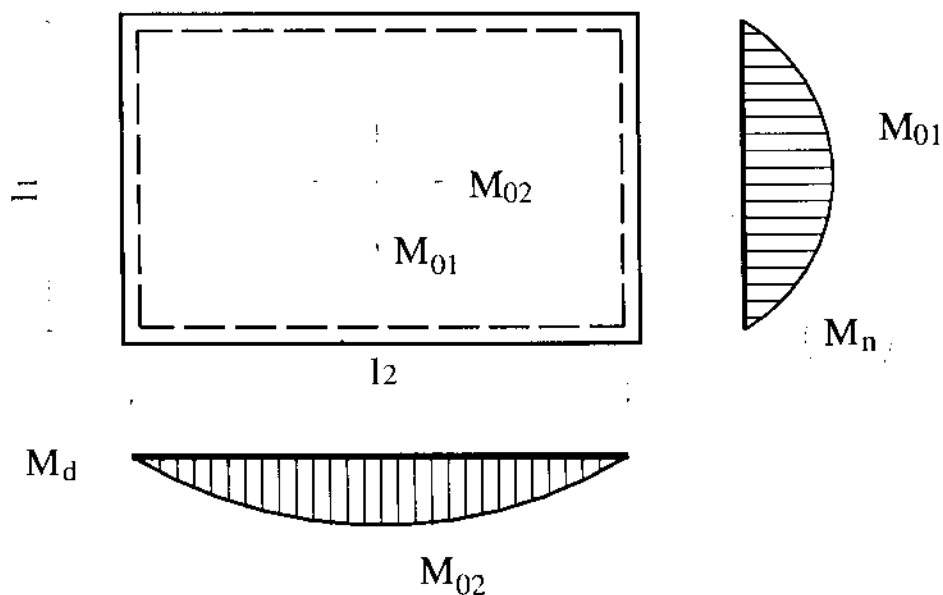
$$M_{02} = M_{01} \left(\frac{l_{11}}{l_{12}} \right)^2 \quad (9.9)$$

Với M_{01} , M_{02} : mômen nhịp ngắn, nhịp dài của ô bản không có cạnh ngàm.

q_0 : tải trọng phân bố đều trên mặt bản.

l_{11} , l_{12} : nhịp tính toán theo phương cạnh ngắn và phương cạnh dài.

m : Hệ số tra bảng 9.3



Hình 9.17

Bảng 9.3: Hệ số m

$r = \frac{l_{12}}{l_{11}}$	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
m	0,042	0,057	0,070	0,080	0,087	0,093

Ngoài công thức (9.8) và (9.9) còn có thể tính mômen của bản theo công thức sau:

$$M_{01} = \frac{q_0 l_{t1}^2 (3l_{t2} - l_{t1})}{24(l_{t2} + \theta l_{t1})} \quad (9.10)$$

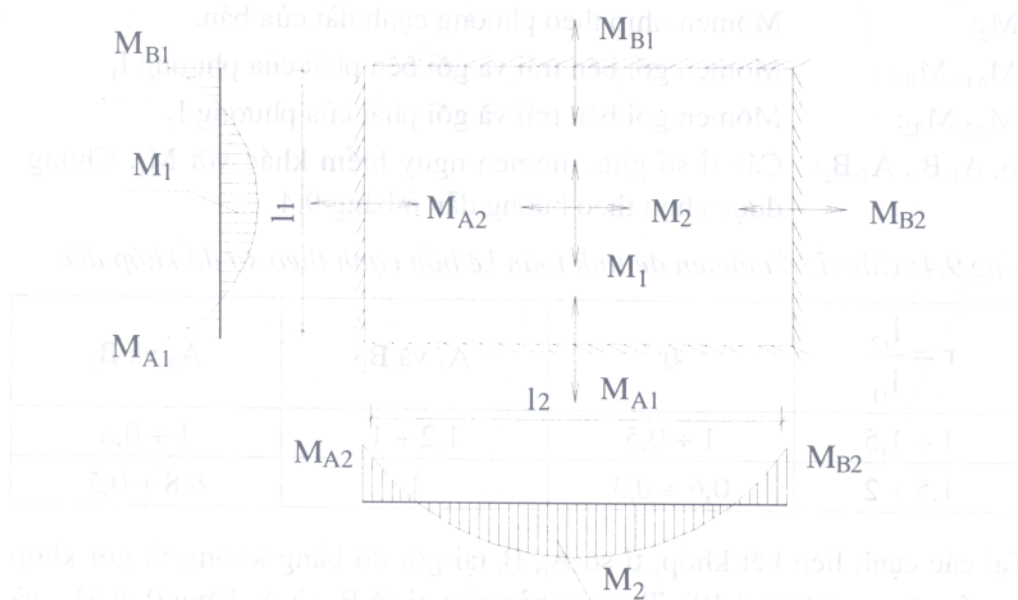
$$M_{02} = \theta \cdot M_{01} \quad (9.11)$$

Với θ tra bảng 9.2. Các kí hiệu khác giống (9.8), (9.9)

- Trường hợp dặt cốt thép có phân dải:

$$M_{01} = \frac{q_0 l_{t1}^2 (3l_{t2} - l_{t1})}{24[l_{t2} + \theta l_{t1} - (1 + \theta)l_k]} \quad (9.12)$$

b. Bản có cạnh liên kết ngàm (Hình 9.18)



Hình 9.18

Trường hợp này mômen nhịp theo phương cạnh ngắn được tính như sau:

- Khi dặt cốt thép không phân dải:

$$M_1 = \frac{q_0 l_{t1}^2 (3l_{t2} - l_{t1})}{12[(2 + A_1 + B_1)l_{t2} + (2\theta + A_2 + B_2)l_{t1}]} \quad (9.13)$$

- Khi đặt cốt thép phân giải:

$$M_1 = \frac{q_0 l_{11}^2 (3l_{12} - l_{11})}{12[(2 + A_1 + B_1)l_{12} + (2\theta + A_2 + B_2)l_{11} - 2(1 + \theta)l_k]} \quad (9.14)$$

Mômen tại các vị trí khác tính theo M_1

$$M_2 = \theta M_1 \quad (9.15)$$

$$M_{A1} = A_1 M_1 \quad (9.16)$$

$$M_{B1} = B_1 M_1 \quad (9.17)$$

$$M_{A2} = A_2 M_1 \quad (9.18)$$

$$M_{B2} = B_2 M_1 \quad (9.19)$$

Trong đó:

M_2 : Mômen nhịp theo phương cạnh dài của bản.

M_{A1}, M_{B1} : Mômen gối bên trái và gối bên phải của phương l_1

M_{A2}, M_{B2} : Mômen gối bên trái và gối phải của phương l_2

$\theta, A_1, B_1, A_2, B_2$: Các tỉ số giữa mômen nguy hiểm khác với M_1 . Chúng được chọn theo hướng dẫn ở bảng 9.4

Bảng 9.4: Các tỉ số mômen để tính toán kê bốn cạnh theo sơ đồ khớp dẻo

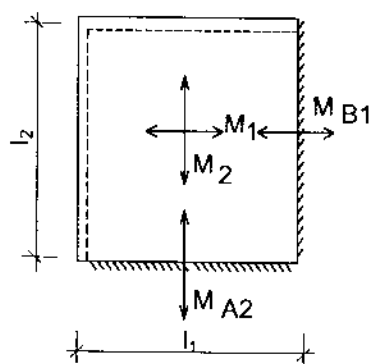
$r = \frac{l_{12}}{l_{11}}$	θ	A_1 và B_1	A_2 và B_2
$1 \div 1,5$	$1 \div 0,5$	$1,2 \div 1$	$1 \div 0,8$
$1,5 \div 2$	$0,6 \div 0,3$	1	$0,8 \div 0,5$

Tại các cạnh liên kết khớp, tỉ số A_i, B_i tại gối đó bằng không vì gối khớp không có mômen (Hình 9.19). Trong ô bản này, tỉ số B_2 và A_1 bằng 0 vì M_{B2} và M_{A1} bằng không.

Các mômen gối làm căng biên trên của bản, ta không ghi dấu âm trước các tỉ số A_i, B_i

Mômen tính theo các công thức từ (9.8) đến (9.19) thường dùng đơn vị kNm, muốn vậy đơn vị của q_0 là daN/cm² hoặc daN/m², đơn vị của l_1 và l_2 là m.

Các trị số mômen này dùng để tính cốt thép cho dải bản rộng 1m ở chính giữa ô bản theo mỗi phương.



Hình 9.19

3.3. Thiết kế cốt thép

Căn cứ vào biểu đồ mômen của bản, ta tiến hành tính toán cốt thép tại các vị trí có mômen nguy hiểm với diện tích tính toán là diện tích chữ nhật $b \times h = 100 \times h_b$ (cm²). Nghĩa là dùng các công thức tính hệ số A và F_{a1} như ở phần bản dầm.

Mômen tính theo sơ đồ dẻo, khi tính thép, lấy hệ số $\alpha_0 = \alpha_d = 0,3$

Do mặt dưới của bản, cốt thép chịu lực đặt theo phương l_1 và phương l_2 khác cao độ nên ta phải giả thiết khoảng cách a để tính thép nhịp ngắn (a_1) và thép nhịp dài (a_2) với các giá trị khác nhau.

Thường chọn $a_{1gt} = 1,5 - 2$ cm

$a_{02gt} = 2 - 2,5$ cm.

a_{1gt} cũng dùng để tính toán cốt thép chịu mômen gối theo các phương.

Để ngắn gọn trong diễn đạt bản tính ta nên lập bảng tính toán cốt thép (bảng 9.5)

Bảng 9.5: Xác định cốt thép cho bản

Vị trí	$A_k = \frac{M_k}{R_n \cdot 100 \cdot h_{0k}}$	α_k	$F_{ak} = \frac{\alpha_k \cdot R_n \cdot 100 \cdot h_{0k}}{R_a}$	Chọn thép
Nhịp ngắn				
Nhịp dài				
Gối phương nhịp ngắn				
Gối phương nhịp dài				

Chữ K ở đây chỉ vị trí xác định cốt thép.

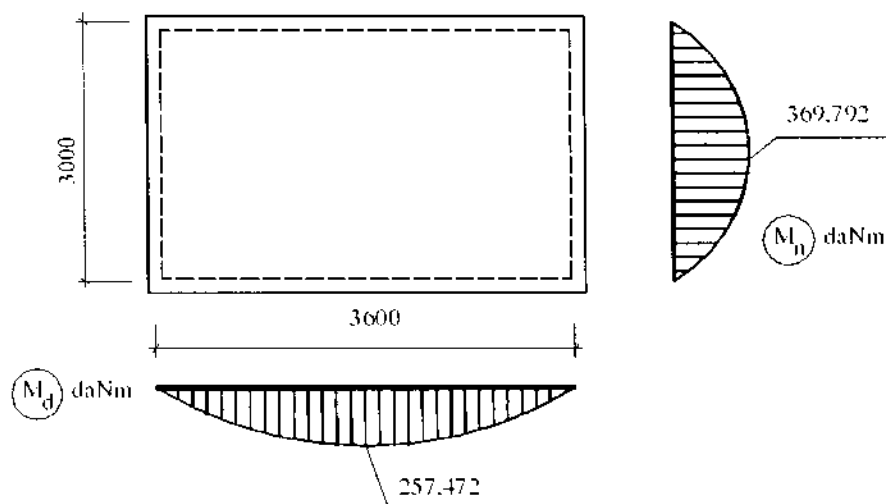
4. Ví dụ 9.2

Thiết kế cốt thép cho ô bản có kích thước $3 \times 3,6$ (m^2) tính toán trên các gối đỡ, bốn cạnh bản được chèn trong tường 220. Chiều dày bản là 8cm. Tải trọng tính toán toàn phần trên bản $q_0 = 800 \text{ daN/m}^2$. Bản dùng bê tông mác 200, cốt thép CI.

Giải

Bước 1: Tính và vẽ biểu đồ mômen

Theo giả thiết ta có sơ đồ ô bản như hình vẽ.



Bốn cạnh có liên kết khớp

Tỉ số $\frac{l_2}{l_1} = \frac{3,6}{3} = 1,2 < 2$ vậy bản chịu lực hai phương và có sơ đồ "1". Tính mômen theo sơ đồ đàn hồi.

Sơ đồ 1, có :

$$\frac{l_2}{l_1} = 1,2$$

Tra phụ lục 27 được: $\alpha_{n1} = 0,0428$; $\alpha_{d1} = 0,0298$

$$P = q_0 \cdot l_2 \cdot l_1 = 800 \cdot 3,6 \cdot 3 = 8640 \text{ daN}$$

$$M_{n1} = \alpha_{n1} P = 0,0428 \cdot 8640 = 369,792 \text{ daNm} = 36979,2 \text{ daNcm}$$

$$M_{d1} = \alpha_{d1} P = 0,0298 \cdot 8640 = 257,472 \text{ daNm} = 25747,2 \text{ daNcm}$$

Biểu đồ mômen thể hiện ở hình vẽ trên.

Bước 2: Thiết kế cốt thép

Giả thiết $a_{01} = 1,5\text{cm}$ có $h_{01\text{gt}} = 8 - 1,5 = 6,5\text{cm}$.

Bê tông M200 có $R_n = 90 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$

Thép nhóm CI có $R_a = 2000 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$

M200 và $R_a < 3000 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$ tra phụ lục 17 được :

$\alpha_0 = 0,62$ tra phụ lục 21 được $A_0 = 0,428$

- Thép nhịp ngắn

$$A = \frac{M_{n1}}{R_n \cdot 100 \cdot h_{01}^2} = \frac{36979,2}{90 \cdot 100 \cdot 6,5^2} = 0,097 < A_0 \text{ Trường hợp cốt đơn.}$$

$A = 0,097$ tra phụ lục 21 có $\alpha = 0,10$

$$F_a = \frac{\alpha R_n \cdot 100 \cdot h_{01}}{R_a} = \frac{0,1 \cdot 90 \cdot 100 \cdot 6,5}{2000} = 2,925 \text{cm}^2.$$

Tra phụ lục 23 chọn $\phi 8 \text{a} 170$ có $F_{\text{ach}} = 2,95 \text{cm}^2$.

$$- 3\% < \Delta F_a = \frac{2,95 - 2,925}{2,925} \cdot 100\% = 0,9\% < 5\%$$

Thép chọn đạt yêu cầu.

- Thép nhịp dài: Giả sử cũng là $\phi 8$ thì:

$$a_{02\text{gt}} = a_{01} + 2 \cdot \frac{\phi}{2} = 1,4 + \frac{0,8}{2} \cdot 2 = 2,2 \text{cm}$$

$$h_{02\text{gt}} = 8 - 2,2 = 5,8 \text{cm}^2.$$

$$A = \frac{M_{d1}}{R_n \cdot 100 \cdot h_{02}^2} = \frac{25747,8}{90 \cdot 100 \cdot 5,8^2} = 0,085 < A_0 \text{ Trường hợp cốt đơn:}$$

$A = 0,085$ tra phụ lục 21 được $\alpha = 0,09$

$$F_a = \frac{0,09 \cdot 90 \cdot 100 \cdot 5,8}{2000} = 2,349 \text{cm}^2$$

Chọn $\phi 6$, $\text{a} 120$ có $F_{\text{ach}} = 2,36 \text{cm}^2$ có:

$$- 3\% < \Delta F_a = -0,47\% < 5\% \text{ đạt yêu cầu.}$$

Kiểm tra các điều kiện cấu tạo:

Chọn chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép $C_1=1\text{cm}$.

$$a_1 = C_1 + \frac{\phi_1}{2} = 1 + \frac{0,8}{2} = 1,4\text{cm}$$

$$a_2 = C_1 + \phi_1 + \frac{\phi_2}{2} = 1 + 0,8 + \frac{0,6}{2} = 2,1\text{cm}$$

$$h_{01} = h - a_1 = 8 - 1,4 = 6,6\text{cm} > h_{01\text{gt}} = 6,5\text{cm}$$

$$h_{02} = h - a_2 = 8 - 2,1 = 5,9\text{cm} > h_{02\text{gt}} = 5,8\text{cm}$$

Vậy chiều cao làm việc theo cả hai phương đều đảm bảo.

$$\mu_1 = \frac{2,95}{100 \cdot 6,6} \cdot 100 = 0,45\%$$

$$\mu_2 = \frac{2,36}{100 \cdot 5,9} \cdot 100 = 0,4\%$$

$$\mu_{\max} = \alpha_0 \frac{R_n}{R_a} 100\% = 0,62 \cdot \frac{90}{2000} \cdot 100 = 2,79\%$$

μ_1 và μ_2 đều đảm bảo lớn hơn $\mu_{\min} = 0,1\%$ và nhỏ hơn $\mu_{\max} = 2,79\%$

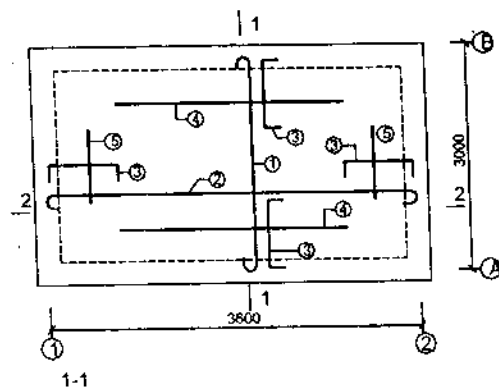
Vậy hàm lượng cốt thép đảm bảo.

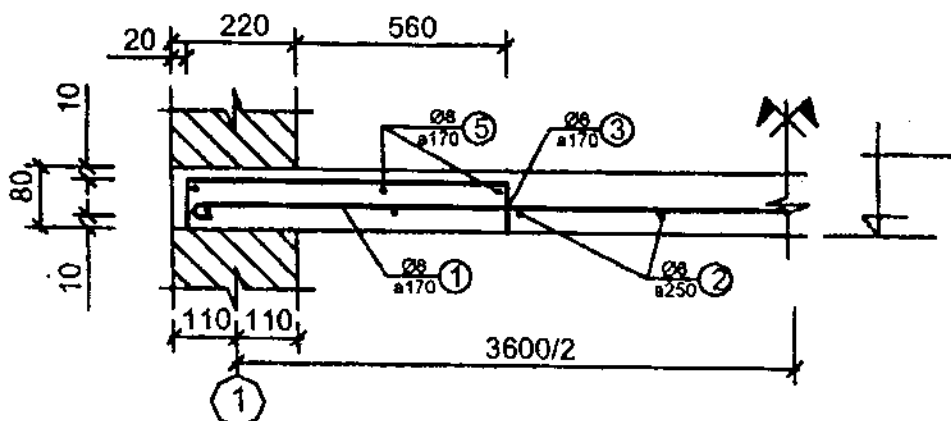
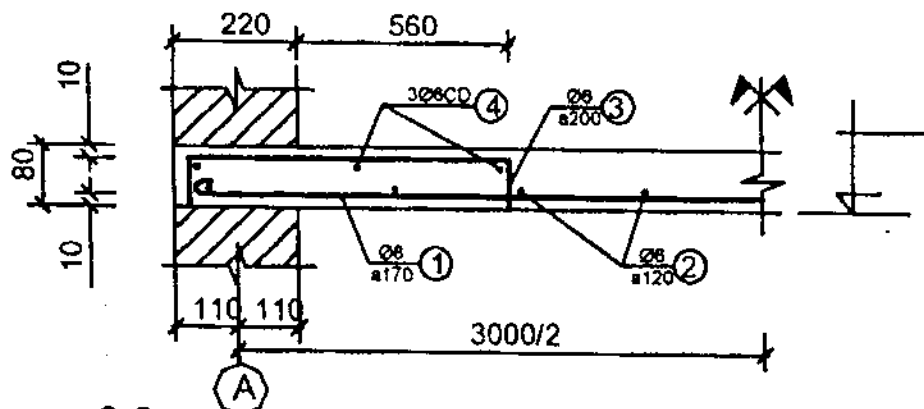
Chọn cốt cấu tạo $\phi 6$, a200 có đoạn vươn khỏi mép gối

$$\geq \frac{l_{01}}{5} = \frac{3000 - 2 \cdot 110}{5} = 556\text{mm}$$

Chọn là 560mm (hoặc 600mm)

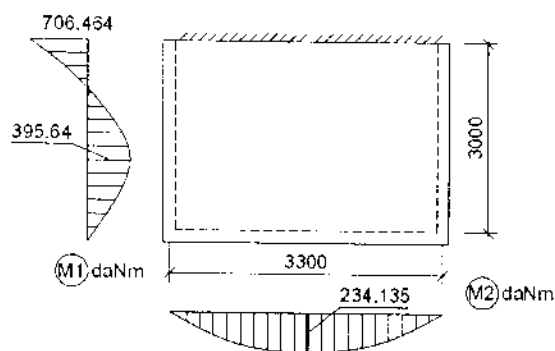
Chọn cốt phân bố đỡ cốt cấu tạo là $\phi 6$, a250mm





5. Ví dụ 9.3

Tính và vẽ biểu đồ mômen cho ô bản sau theo sơ đồ đàn hồi. Biết $q_0 = 800 \frac{\text{daN}}{\text{m}^2}$, $h_b = 6\text{cm}$. Khi bản bị uốn, các góc C, D nâng lên tự do. Chiều rộng gối đỡ 220mm.



Giải

4 cạnh có liên kết:

$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{3,3}{3} = 1,1 < 2. \text{ Bản chịu lực 2 phương có sơ đồ 2.}$$

Sơ đồ 2, có $\frac{l_2}{l_1} = 1,1$ tra phụ lục 27 có $\beta_{n2} = 0,0892$

Tra phụ lục 28 có:

$$C_{n2} = 0,785; C_{d2} = 0,215$$

Theo phương cạnh ngắn: một đầu khớp, một đầu ngàm nên: $\varphi_n = 0,07$

Theo phương cạnh dài: 2 đầu khớp nên $\varphi_d = 0,125$

$$P = q_0 l_2 l_1 = 800.3,3.3 = 7920 \text{ daN}$$

$$M_{n2} = \varphi_n C_{n2} q_0 l_1^2 = 0,07.0,785.800.3^2 = 395,64 \text{ daNm}$$

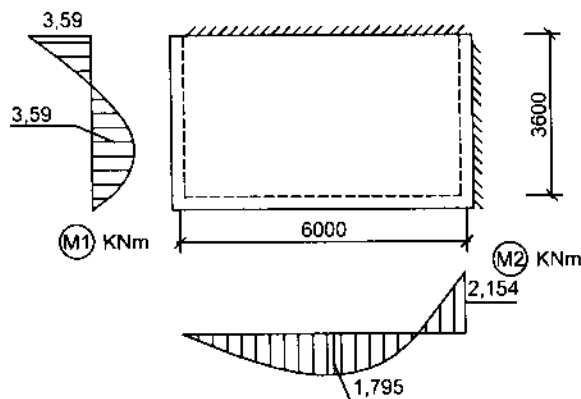
$$M_{d2} = \varphi_d C_{d2} q_0 l_2^2 = 0,125.0,215.800.3,3^2 = 234,135 \text{ daNm}$$

$$M_{n2}^e = -\beta_{n2}.P = -0,0892.7920 = -706,464 \text{ daNm}$$

Với các giá trị mômen tính được ta có biểu đồ mômen như hình vẽ trên.

6. Ví dụ 9.4

Cho ô bản như hình vẽ. Tính và vẽ biểu đồ mômen theo sơ đồ khớp dẻo biết bản dày 9cm, $q_0 = 6 \text{ KN/m}^2$, chiều rộng các gối 22cm.



Bốn cạnh có liên kết:

$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{6}{3,6} = 1,7 < 2: \text{ Bản chịu lực hai phương.}$$

Theo hai phương đều một đầu khớp, một đầu ngàm ta có:

$$l_{11} = l_{01} + 0,5h_b = l_1 - 2b_g/2 + 0,5h_b = 3,6 - 0,22 + 0,5 \cdot 0,09 = 3,425\text{m}$$

$$l_{12} = l_{02} + 0,5h_b = l_2 - 2b_g/2 + 0,5h_b = 6 - 0,22 + 0,5 \cdot 0,09 = 5,825\text{m}$$

Theo sơ đồ ô bản tại gối trục 1 và gối trục A không có mômen nên A_1, A_2 bằng 0.

$$\frac{l_{12}}{l_{11}} = \frac{5,825}{3,425} = 1,7. \text{ Theo bảng 9.4 chọn:}$$

$$\theta = 0,5; B_1 = 1; B_2 = 0,6$$

Chọn cách đặt cốt thép không phân dải. Áp dụng công thức (9.13) với $A_1 = A_2 = 0$ ta có:

$$\begin{aligned} M_1 &= \frac{q_0 l_{11}^2 (3l_{12} - l_{11})}{12[(2 + B_1)l_{12} + (2\theta + B_2)l_{11}]} \\ &= \frac{6 \cdot 3,425^2 (3 \cdot 5,825 - 3,425)}{12[(2 + 1) \cdot 5,825 + (2 \cdot 0,5 + 0,6) \cdot 3,425]} = 3,59 \text{KNm} \end{aligned}$$

$$M_2 = \theta M_1 = 0,5 \cdot 3,59 = 1,795 \text{KNm}$$

$$M_{B1} = B_1 M_1 = 1 \cdot 3,59 = 3,59 \text{KNm}$$

$$M_{B2} = B_2 M_1 = 0,6 \cdot 3,59 = 2,154 \text{KNm}.$$

Với các giá trị mômen trên ta có biểu đồ mômen theo các phương trên hình vẽ.

V. SÀN TOÀN KHỐI CÓ BẢN LIÊN TỤC, CHỊU LỰC MỘT PHƯƠNG

1. Khái niệm

Là sàn gồm bản và các dầm đỡ tại chỗ, trong đó tường và các dầm chia bản thành các ô hình chữ nhật có tỉ số $\frac{l_d}{l_n} \geq 2$.

Sàn có thể chỉ có các dầm đặt theo một phương (Hình 9.20a) cũng có thể các dầm đặt theo cả hai phương, khi đó hệ dầm được phân thành dầm chính và dầm phụ (Hình 9.20b). Các dầm song song với cạnh dài của ô bản là dầm phụ. Các dầm song song với cạnh ngắn của các ô bản là dầm chính. Dầm chính có nhiệm vụ đỡ dầm phụ.

Cạnh ngắn của ô bản (l_n) lấy từ 1 ÷ 4m, thường chọn trong khoảng 1,5 ÷ 3m. Cạnh dài l_d từ 4 ÷ 10m, thường lấy từ 5 đến 7m (l_d và l_n là khoảng cách

giữa tim các gối đỡ.

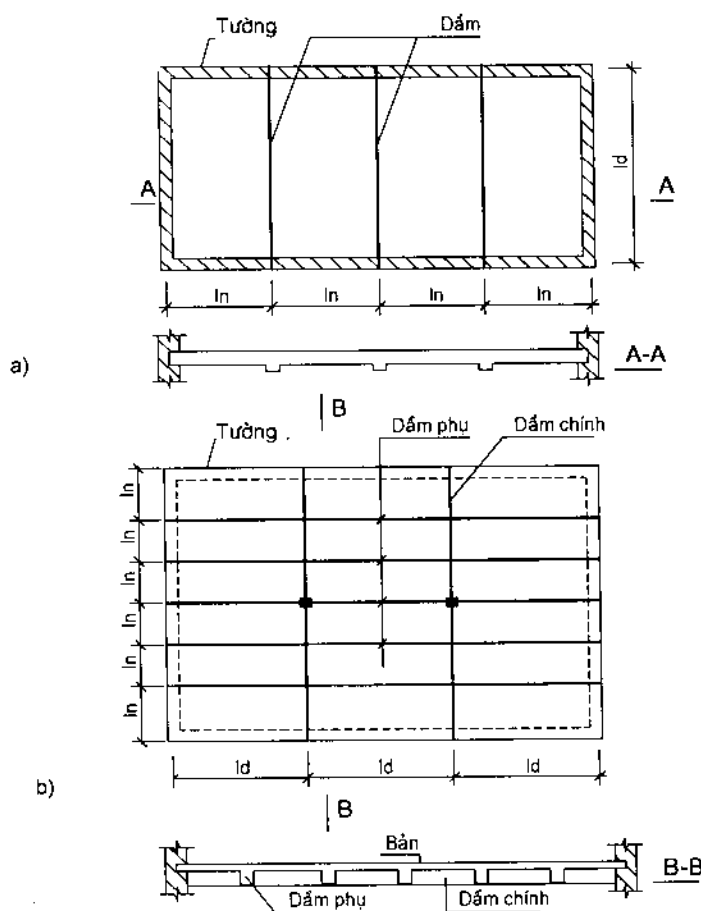
Nhịp dầm chính có thể từ 5 đến 8m. Trên mỗi nhịp của dầm chính thường bố trí từ một đến 3 dầm phụ.

Chiều dày bản sàn được chọn sơ bộ như phần bản đơn.

Chiều cao dầm phụ $h_{df} = \left(\frac{1}{12} \div \frac{1}{20} \right)$ nhịp của nó. Thường chọn $\left(\frac{1}{12} \div \frac{1}{15} \right)$ nhịp.

Chiều cao dầm chính $h_{dc} = \left(\frac{1}{8} \div \frac{1}{12} \right)$ nhịp dầm chính.

Chiều rộng dầm $b_{dc} = \left(\frac{1}{2} \div \frac{1}{4} \right) h$



Hình 9.20

a. Sàn có dầm đặt theo một phương, b. Sàn có dầm đặt theo hai phương

Để tiện cho thi công, b và h của dầm được lấy tròn theo quy định trong dầm đơn.

Cạnh biên của bản kê trên khối xây thì đoạn kê phải lớn hơn hoặc bằng 110 và lớn hơn hoặc bằng chiều dày bản.

Dầm kê lên khối xây một đoạn 220mm khi chiều cao dầm nhỏ hơn hoặc bằng 500mm; một đoạn 330mm khi h trên 500mm.

2. Tính bản sàn

2.1. Tính nội lực trong bản theo sơ đồ biến dạng dẻo

Dọc theo phương cạnh ngắn, cắt dải bản rộng 1m. Dải bản được coi như một dầm liên tục có nhịp đều nhau (l_0) (còn kí hiệu l_1). Kê trên các gối tựa là tường và các dầm phụ. Tại các gối giữa liên kết được coi là ngàm (ngàm giữa nhịp bên trái và nhịp bên phải của bản).

Tải trọng tác dụng trên bản:

$$q_{01} = q_0 \cdot l(m)$$

Với q_0 là tải trọng tính toán toàn phần trên $1m^2$ bản.

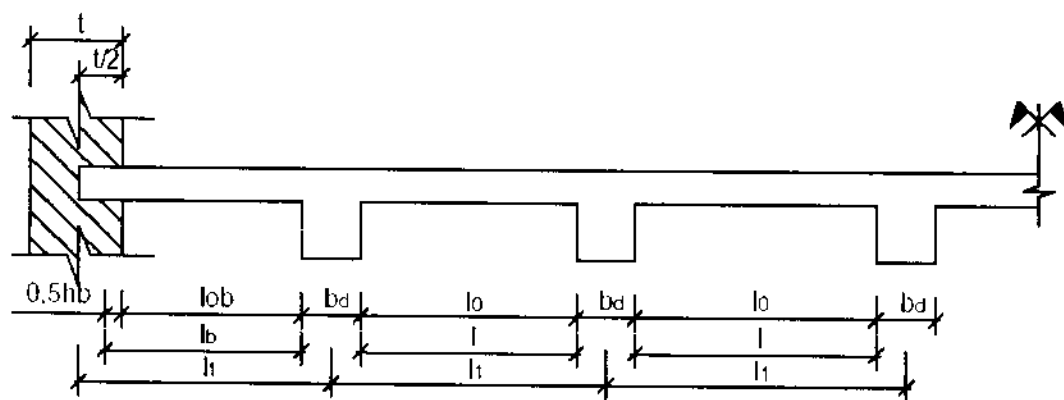
Nhịp tính toán của bản (Hình 9.21)

- Nhịp biên:

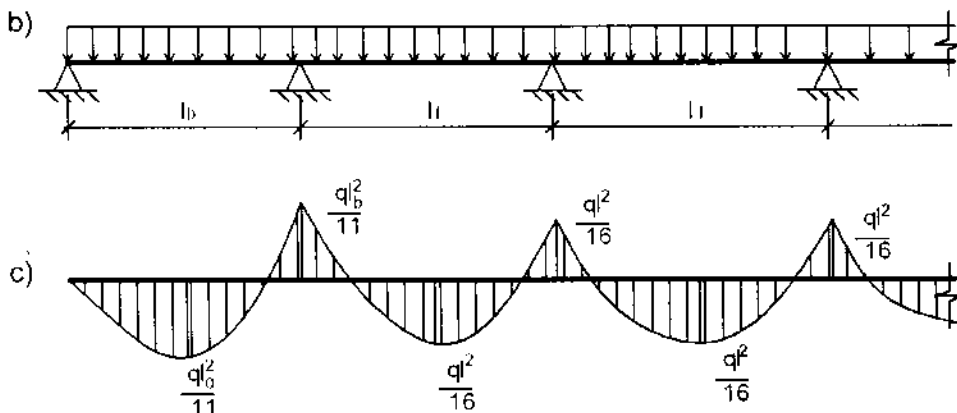
$$l_b = l_1 - \frac{t}{2} - \frac{b_{df}}{2} + 0,5h_b$$

- Nhịp giữa:

$$l = l_1 - b_{df} = l_0$$



a)



Hình 9-21

Công thức tính mômen tại các vị trí nguy hiểm được ghi trên hình vẽ (hình 9.21c).

2.2. Thiết kế cốt thép

Cắt dải rộng 1m để tính nên cốt thép được tính với tiết diện chữ nhật $b \times h = 100.b_b$ (cm²).

Việc tính toán cốt thép được tiến hành như với bản đơn cho từng vị trí có mômen nguy hiểm trên biểu đồ mômen.

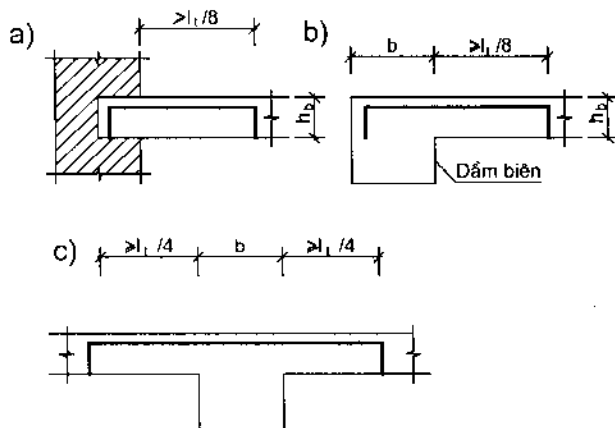
Cốt thép chịu các mômen dương được gọi là thép nhịp. Chúng được đặt ở biên dưới dọc theo chiều dài nhịp.

Tại gối ngoài cùng cốt thép neo vào gối một đoạn $l_a \geq 10\phi$ (ϕ : đường kính thép neo). Tại các gối trong neo một đoạn $\geq 15\phi$.

Cốt thép chịu mômen âm là thép gối. Thép gối đặt ở biên trên và được vượt khỏi mép gối về mỗi phía một đoạn lớn hơn hoặc bằng ηl_1 (l_1 : nhịp tính toán) về phía đó.

Trên các cạnh biên của bản được chèn chặt trong khối xây hoặc liên kết khớp với dầm biên phải đặt cốt cấu tạo với số lượng không ít hơn $\phi 6a200$, vượt khỏi mép gối một đoạn $\geq \frac{1}{8}l_1$ (hình 9.23a,b)

Tại vị trí bản vượt qua dầm chính cũng phải đặt cốt cấu tạo với số lượng không ít hơn $\phi 6 a200$, đồng thời cũng không ít hơn 50% lượng thép chịu mômen âm theo tính toán trong bản. Các thanh thép này vượt khỏi mép dầm chính về mỗi phía lớn hơn hoặc bằng $1/4$ nhịp tính toán (Hình 9.23c).



Hình 9.23. Bố trí cốt cấu tạo tại các gối được coi là khớp
 a, b) Gối biên là tường hoặc dầm
 c) Bản vượt qua dầm chính.

3. Tính dầm phụ

3.1. Sơ đồ tính

Dầm phụ là dầm liên tục được kê lên các dầm chính và tường. Tùy mặt bằng sàn xác định số gối, số nhịp của dầm. Độ dài các nhịp bằng nhau hoặc khác nhau, thường dầm có nhịp đều nhau và bằng cạnh dài l_0 của ô bản. Trên hình 9.20b các dầm phụ là dầm liên tục 3 nhịp đều nhau.

Tải trọng tác dụng lên dầm bao gồm trọng lượng phần sườn dầm, vữa trát dầm và tải trọng do bản sàn truyền vào. Các tải trọng này đều có dạng phân bố đều dọc theo chiều dài dầm. Chúng được tính theo các công thức sau:

Trọng lượng phần sườn:

$$g_1 = \gamma_b b_{df} (h_{df} - h_b) n \left(\frac{\text{daN}}{\text{m}}; \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right)$$

Trọng lượng vữa trát dầm:

$$g_2 = \gamma_v \delta_v [b_{df} + 2(h_{df} - h_b)] n \left(\frac{\text{daN}}{\text{m}}; \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right)$$

Tải trọng do bản sàn:

- Tính tải:

$$g_{1s} = g_0 \cdot l_n \left(\frac{\text{daN}}{\text{m}}; \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right)$$

- Hoạt tải:

$$p_{ls} = p_0 \cdot l_n = p_{df} \left(\frac{daN}{m}; \frac{kN}{m} \right)$$

- Tổng tải trọng tĩnh:

$$g_{df} = g_1 + g_2 + g_{ls} \left(\frac{daN}{m}; \frac{kN}{m} \right)$$

- Tổng tải trọng (tải trọng toàn phần):

$$q_{df} = g_{df} + p_{df} \left(\frac{daN}{m}; \frac{kN}{m} \right)$$

3.2. Tính và vẽ biểu đồ nội lực

Nội lực trong dầm phụ cũng có thể xác định theo sơ đồ khớp dẻo, cũng có thể xác định theo sơ đồ đàn hồi.

3.2.1. Theo sơ đồ khớp dẻo

Tính theo sơ đồ này, nhịp tính toán được lấy theo quy định:

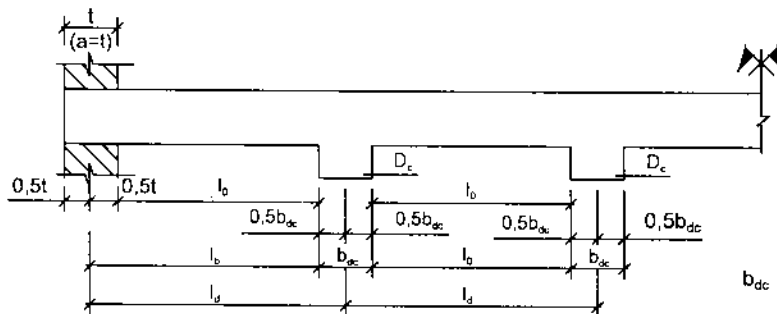
- Với nhịp biên:

$$l_b = l_d - \frac{t}{2} - \frac{b_{dc}}{2} + \frac{a}{2} \text{ (m)}$$

a: đoạn đầu dầm gối vào tường, thường lấy $a = t$

- Với nhịp bên trong (các nhịp giữa):

$$l_0 = l_d - b_{dc}$$



Hình 9.24: Biểu diễn các loại độ dài của một nhịp

l_d : Độ dài của một nhịp bằng khoảng cách giữa tim của hai gối đỡ.

l_{ob}, l_0 : Độ dài thông thủy của nhịp biên và của nhịp giữa

l_b, l_0 : Độ dài tính toán của nhịp biên và nhịp giữa.

Khi tính theo sơ đồ khớp dẻo, người ta quy ước đặt tên gối như sau:

- Hai nhịp ngoài cùng của hai đầu dầm là nhịp biên, các nhịp còn lại là nhịp giữa.
- Các gối thứ hai từ hai đầu dầm vào là gối biên, các gối phía trong còn lại là gối giữa.

Khi đó công thức tính mômen tại các vị trí nguy hiểm được tính như sau:

- Mômen tại nhịp biên và gối biên:

$$M_b = \pm \frac{q_{df} \cdot l_b^2}{11} \quad (\text{daNm; kNm}) \quad (9.20)$$

Mômen tại các nhịp giữa và gối giữa:

$$M_{g'} = \pm \frac{q_{df} l_0^2}{16} \quad (\text{daNm; kNm}) \quad (9.21)$$

Dấu (+) dùng cho mômen nhịp.

Dấu (-) dùng cho mômen gối.

Lực cắt tại các vị trí nguy hiểm :

- Tại gối ngoài cùng (gối A):

$$Q_A = 0,4 \cdot q_{df} \cdot l_b \quad (\text{daN; kN}) \quad (9.22)$$

- Tại tiết diện bên trái gối biên (gối B):

$$Q_B = -0,6 \cdot q_{df} \cdot l_b \quad (\text{daN, kN}) \quad (9.23)$$

- Các gối còn lại

$$Q = \pm 0,5 \cdot q_{df} \cdot l_0 \quad (\text{daN; kN}) \quad (9.24)$$

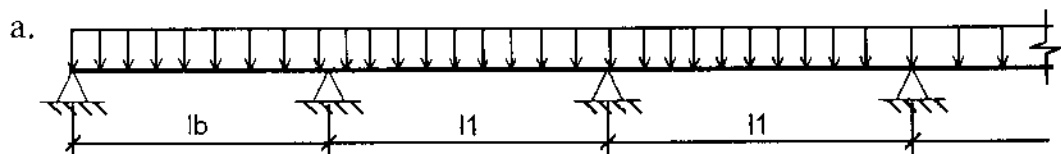
Dấu (+) dùng cho tiết diện bên phải của gối đang xét.

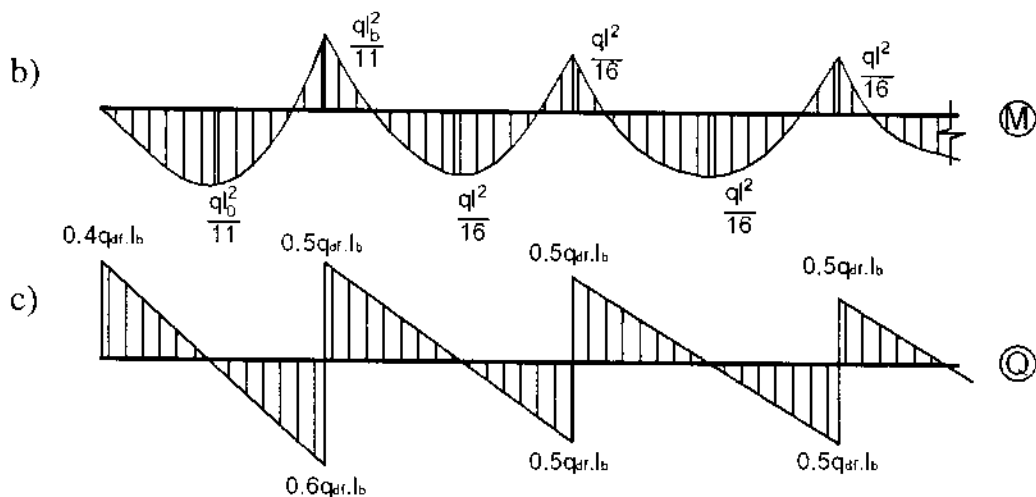
Dấu (-) dùng cho tiết diện bên trái của gối đang xét.

Có thể biểu diễn các công thức (9.20) đến (9.24) trên hình 9.25b,c

Biểu đồ mômen được vẽ theo quy ước.

Mômen lớn max nhịp nào được đặt tại chính giữa của nhịp đó.





Hình 9.25: Sơ đồ tính biểu đồ và công thức tính nội lực tại các vị trí nguy hiểm
a) Sơ đồ tính; b) Biểu đồ mômen; c) Biểu đồ lực cắt

3.2.2. Tính theo sơ đồ đàn hồi (tính theo phụ lục 25)

Khi tính dầm và bản dầm liên tục đều nhịp, có những trường hợp không dùng được sơ đồ dẻo như sơ đồ hai nhịp, sơ đồ có tải trọng tác dụng tập trung, lúc đó nội lực được tính theo sơ đồ đàn hồi. Trên cơ sở phương trình ba mômen đã xét trong môn cơ học xây dựng, người ta đã tính sẵn các hệ số để tính mô men và lực cắt, lập thành bảng (phụ lục 25). Trong phụ lục 25 cho các hệ số tính các giá trị mô men và lực cắt tại các vị trí nguy hiểm.

Khi tính nội lực theo sơ đồ đàn hồi phải theo các quy ước và quy tắc sau:

Quy ước đặt tên nhịp tên gối:

Tính từ trái sang phải, tên gối được đặt theo thứ tự A, B, C, D,... (Bằng chữ cái in hoa); tên nhịp được đặt bằng các số tự nhiên bắt đầu từ 1.



Hình 9.26. Ký hiệu tên gối, tên nhịp của cấu kiện liên tục

Quy tắc bố trí hoạt tải bất lợi:

Ta đã biết tĩnh tải luôn tồn tại cùng kết cấu. Bởi vậy, trong tính toán nó được giữ nguyên không thay đổi. Ngược lại, hoạt tải lúc xuất hiện, lúc mất đi. Trong kết cấu nhiều nhịp (bản và dầm) sự xuất hiện hoạt tải (các nhịp) khác

nhau sẽ gây nguy hiểm cho một số vị trí khác nhau. Để đảm bảo an toàn cho kết cấu ta phải quan tâm đến vị trí nguy hiểm trong tình huống bất lợi nhất.

Người ta đã tìm ra quy luật đặt hoạt tải nguy hiểm và gọi là quy tắc bố trí hoạt tải bất lợi. Quy tắc đó được phát biểu như sau:

- Muốn mô men nguy hiểm nhất ở nhịp nào ta đặt hoạt tải ở chính nhịp đó, rồi cách một nhịp lại đặt ở một nhịp.

- Muốn mô men hoặc lực cắt nguy hiểm nhất ở gối nào ta đặt hoạt tải ở hai nhịp hai bên gối đó, rồi cách một nhịp lại đặt một nhịp.

Các giá trị đó được tính như sau:

$$M_{i\max} = (\alpha g + \beta p) l_d^2 \quad (9.25)$$

$$Q_{i\max} = (a.g + b.p) l_d \quad (9.26)$$

Với sơ đồ có số nhịp từ 3 trở lên tại các nhịp giữa có thể xuất hiện mômen min. Để phòng mômen này mang dấu âm (ngược thứ căng với mômen max tại đó) ta tính nó theo công thức:

$$M_{i\min} = (\alpha g + \gamma p) l_d^2 \quad (9.27)$$

Trong các công thức trên thì:

$M_{i\max}$: Mômen bất lợi tại vị trí i đang xét. Mômen nhịp kí hiệu theo tên nhịp ($M_1, M_2, \dots$) mômen gối kí hiệu theo tên gối ($M_B, \dots$)

$M_{i\min}$: Mômen nhỏ nhất ở nhịp giữa của sơ đồ có số nhịp từ 3 trở lên

$Q_{i\max}$: Lực cắt bất lợi tại vị trí i đang xét. Lực cắt tại gối nào kí hiệu theo tên gối đó. Tại các gối trong lực cắt được kí hiệu bằng tên gối và tên nhịp chứa tiết diện đó ($Q_A, Q_E, Q_{B1}, Q_{B2}, \dots$)

Đơn vị của mômen tùy thuộc vào đơn vị của lực và đơn vị chiều dài của g , P và l_d .

Các hệ số $\alpha, \beta, \gamma, a, b$ tra ở phụ lục 25. Các hệ số này phụ thuộc vào số nhịp, sơ đồ tải trọng trên một nhịp, vị trí tính mômen và lực cắt. Trong bảng tra phải chú ý đến dấu đại số của các hệ số.

Chú ý: Với các dầm thoả mãn điều kiện sử dụng phụ lục 25 đều có sơ đồ đối xứng nên bảng chỉ cho các hệ số tính với một nửa dầm. Việc thiết kế cũng chỉ tiến hành với nửa này. Nửa dầm còn lại chỉ việc lấy đối xứng.

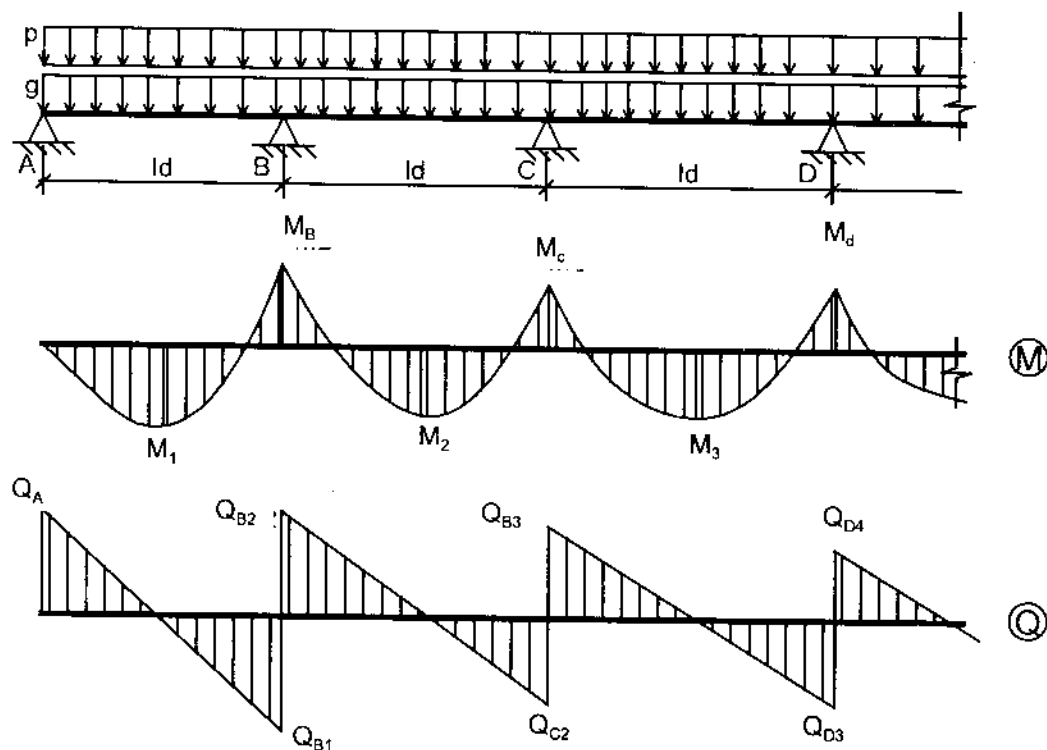
Trong bảng chỉ lập với sơ đồ có số nhịp nhiều nhất là 5. Khi tính toán sơ đồ có số nhịp nhiều hơn người ta bỏ qua các nhịp giữa và chỉ tính với sơ đồ 5 nhịp. Các nhịp bỏ đi lấy giống với nhịp giữa của sơ đồ 5 nhịp.

Sự thay đổi vị trí của hoạt tải được thể hiện qua giá trị các hệ số β , α , a , b .

Phụ lục 25 chỉ dùng cho kết cấu có tiết diện không đổi, nhịp đều nhau, tải trọng trên các nhịp giống nhau và tải trọng trên một nhịp phải đối xứng qua chính giữa của nhịp.

Có thể áp dụng cho sự chênh lệch giữa nhịp lớn nhất và nhỏ nhất không quá 10%.

Biểu đồ nội lực trong dầm liên tục có 5 nhịp được thể hiện trên hình 9.27



Hình 9.27

Ghi chú: Biểu đồ lực cắt nửa bên phải phản đối xứng với nửa bên trái.

3.3. Thiết kế cốt thép

3.3.1. Thiết kế cốt dọc

Dầm đổ liền bản, tiết diện ngang (tiết diện hình học) của dầm là hình chữ T. Để tận dụng khả năng chịu nén của bê tông, ta dựa vào biểu đồ mô men để xác định cánh chữ T (phần bản sàn) nằm ở vùng kéo hay nén của tiết diện. Nếu cánh thuộc vùng kéo bỏ qua phần cánh chỉ tính với phần sườn $b_{df} \times h_{df}$. Nếu

cánh thuộc vùng nén ta tính theo chữ t_e và phải xác định bề rộng cánh b_c' theo quy định ở chương 7.

Áp dụng quy định đó với dầm phụ thì:

$$b_c' = b_{df} + 2S_c$$

$$S_c \leq \begin{cases} l_{0n}/2 \\ l_d/6 \\ +9h_b; khi h_b \geq 0,1h_{df} \\ +6h_b; khi h_b < 0,1h_{df} \end{cases}$$

Bằng các công thức đã học ở chương 7 tiến hành tính toán cốt dọc chịu lực với các mômen nguy hiểm trên biểu đồ mômen. Việc bố trí cốt dọc chịu lực cũng căn cứ vào biểu đồ mômen.

Thép chịu mômen dương ở nhịp nào được đặt ở biên dưới của dầm và được đặt từ gối bên trái sang gối bên phải của nhịp đó. Tại hai gối các cốt thép phải được neo đủ chiều dài neo quy định ở chương 6.

Thép chịu mômen gối được đặt ở biên trên của dầm. Thép chịu lực tại gối nào được vượt khỏi tìm gối đó một đoạn $l_d/3$ về cả hai phía.

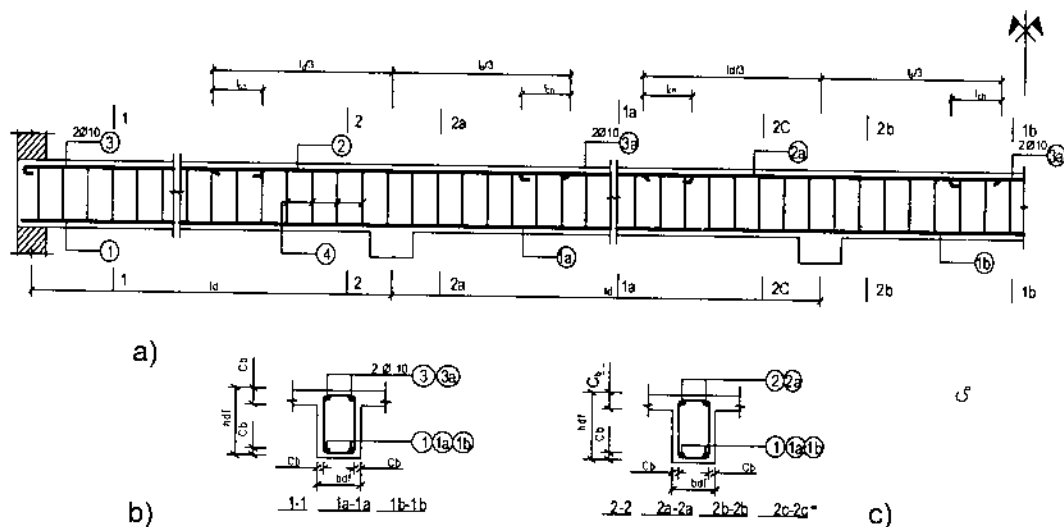
Tại biên trên của dầm, đoạn nào không có cốt dọc chịu lực phải đặt cốt dọc cấu tạo để tạo khung cốt thép dầm. Các cốt cấu tạo được neo vào gối ngoài cùng và được nối chồng với cốt dọc chịu mômen gối một đoạn bằng l_{neo} quy định.

Với các sơ đồ có số nhịp lớn hơn hoặc bằng 3, các nhịp giữa nếu có mômen min mang dấu âm, phải tính thép chịu mômen min này. Nếu cốt dọc cấu tạo có diện tích lớn hơn hoặc bằng cốt thép chịu mômen min thì thép này sẽ chịu M_{min} . Nếu diện tích thép này lớn hơn diện tích cốt dọc cấu tạo thì dùng nó làm cốt dọc cấu tạo.

3.3.2. Thiết kế cốt đai

Khi tính cốt đai ta chỉ tính với phần sườn có tiết diện chữ nhật kích thước $b_{df} \times h_{df}$. Cốt đai được tính toán cho từng nhịp với lực cắt tại gối nào có trị tuyệt đối lớn nhất. Cốt đai trong dầm phụ thường bố trí theo cấu tạo bởi thực tế tính toán cho thấy hoặc không phải tính cốt đai do riêng bê tông đã đủ chịu lực cắt hoặc nếu có phải tính các khoảng cách tính toán cũng lớn hơn khoảng cách cấu tạo. Vậy để bớt khối lượng tính toán không cần thiết ta nên bắt đầu tính từ lực

cắt có trị tuyệt đối lớn nhất trở xuống. Tại trị số nào phải chọn theo cấu tạo thì các vị trí có lực cắt nhỏ hơn không cần tính nữa.



Hình 9.28. Bố trí cốt thép dầm phụ
a. Hình chiếu đứng, b, c: các mặt cắt ngang dầm

Cốt đai được bố trí đều hoặc không đều theo quy định ở chương 7.

Dựa vào hình chiếu đứng và các mặt cắt ngang của dầm, xác định hình dáng và kích thước các thanh cốt thép phục vụ cho việc thống kê cốt thép dầm.

Khi lượng cốt thép trong dầm lớn, để tiết kiệm cốt thép có thể dựa vào biểu đồ mômen mà cắt bớt cốt thép chịu mômen dương ở khu vực gần gối tựa.

Vị trí cắt phải được tính toán nhưng phải cách gối tựa một đoạn không vượt quá một phần ba độ dài nhịp, không được cắt hai thanh ở 2 góc cốt đai. Số lượng cắt không được quá 50% lượng thép tại đó.

4. Tính dầm chính

Tùy theo cấu tạo sàn, dầm chính có thể là dầm một nhịp, có thể là dầm nhiều nhịp.

Tải trọng tác dụng lên dầm chính bao gồm tải trọng do dầm phụ truyền vào dưới dạng lực tập trung đặt tại vị trí dầm phụ gác lên dầm chính. Trọng lượng bản thân dầm và vữa trát dầm có dạng phân bố đều dọc chiều dài dầm. Để đơn giản trong tính toán người ta cho phép quy đổi tải trọng phân bố đều trên từng

đoạn dầm về lực tập trung đặt trùng với lực tập trung do dầm phụ. Các lực này được tính như sau:

- Tính tải do dầm phụ:

$$G_{df} = g_{df} \cdot l_d \quad (\text{daN; kN})$$

- Hoạt tải:

$$P_{df} = p_{df} \cdot l_d \quad (\text{daN; kN})$$

- Lực tập trung quy đổi từ lực phân bố đều:

$$G_l = \gamma_b b_{dc} (h_{dc} - h_b) \cdot l_n \cdot n + \gamma_v \delta_v [b_{dc} + 2(h_{dc} - h_b) l_n \cdot n]$$

- Tổng tĩnh tải:

$$G = G_{df} + G \quad (\text{daN; kN})$$

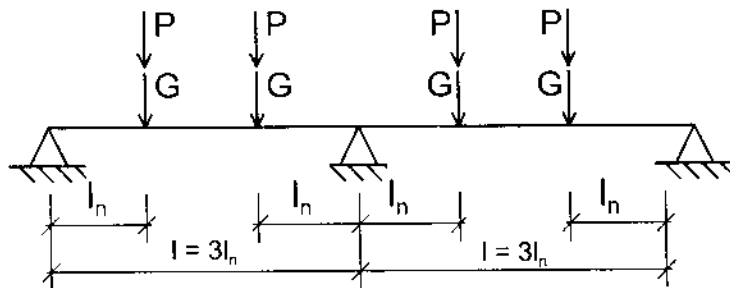
- Hoạt tải:

$$P = P_{df} \quad (\text{daN; kN})$$

- Tải trọng toàn phần:

$$Q = G + P \quad (\text{daN; kN})$$

Dầm chính trên hình 9.20b là dầm hai nhịp đều nhau. Độ dài của mỗi nhịp $l = 3l_n$. Trên mỗi nhịp chịu hai lực tập trung đặt cách đều hai gối tựa một khoảng là l_n . Sơ đồ tính của dầm này được thể hiện qua hình 9.29:



Hình 9.29. Sơ đồ tính của dầm chính hai nhịp đều nhau

Nội lực trong dầm chính thường được tính theo sơ đồ đàn hồi.

Với dầm có độ dài các nhịp bằng nhau (hoặc lệch nhau không quá 10%), tiết diện dầm không đổi trên các nhịp, tải trọng trên các nhịp như nhau và trên mỗi nhịp đối xứng qua chính giữa nhịp; vẫn sử dụng phụ lục 25 để tính nội lực cho dầm.

Công thức tính mômen và lực cắt tại các vị trí nguy hiểm trên dầm:

$$M_{imax} = (\alpha G + \beta P)l \quad (9.28)$$

$$Q_{imax} = aG + bP \quad (9.29)$$

Với các dầm có số nhịp từ 3 trở lên ở nhịp giữa có thể có mômen min. Để phòng mômen min âm ta cần tính mômen đó theo công thức:

$$M_{imin} = (\alpha G + \gamma P)l \quad (9.30)$$

Trong đó M_{imax} , Q_{imax} , M_{imin} l có ý nghĩa như trong (9.25); (9.26) và (9.27)

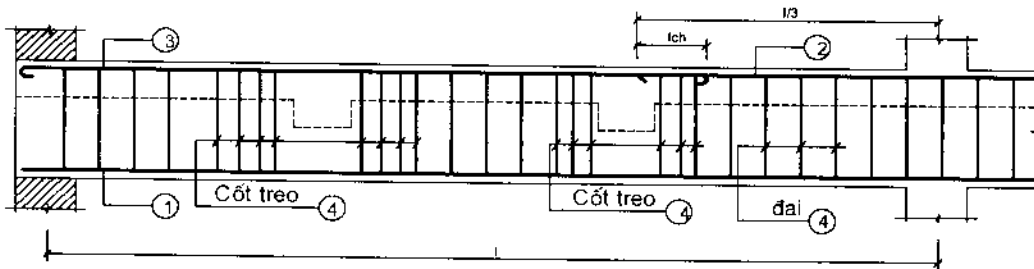
$\alpha, \beta, \gamma, a, b$ tra phụ lục 25 dựa vào số nhịp, số lực tập trung trên mỗi nhịp và vị trí tính mômen hay lực cắt. Khi tra chú ý dấu đại số của chúng.

Đơn vị của mômen và lực cắt phụ thuộc đơn vị của G, P và l , thường dùng là kNm, daNm.

Cốt dọc và cốt đai trong dầm chính cũng được tính toán và bố trí theo quy định ở dầm phụ.

Ngoài cốt dọc và cốt đai, tại vị trí có lực tập trung do dầm phụ truyền vào phải tính cốt treo. Bài toán cốt treo đã học ở chương 7.

Cốt thép trong dầm chính hai nhịp được thể hiện trên hình 9.30



Hình 9.30: Bố trí cốt thép dọc dầm

1: Cốt chịu mômen nhịp; 2: Cốt chịu mômen gối;

3: Cốt dọc cấu tạo ; 4: Cốt đai và cốt treo

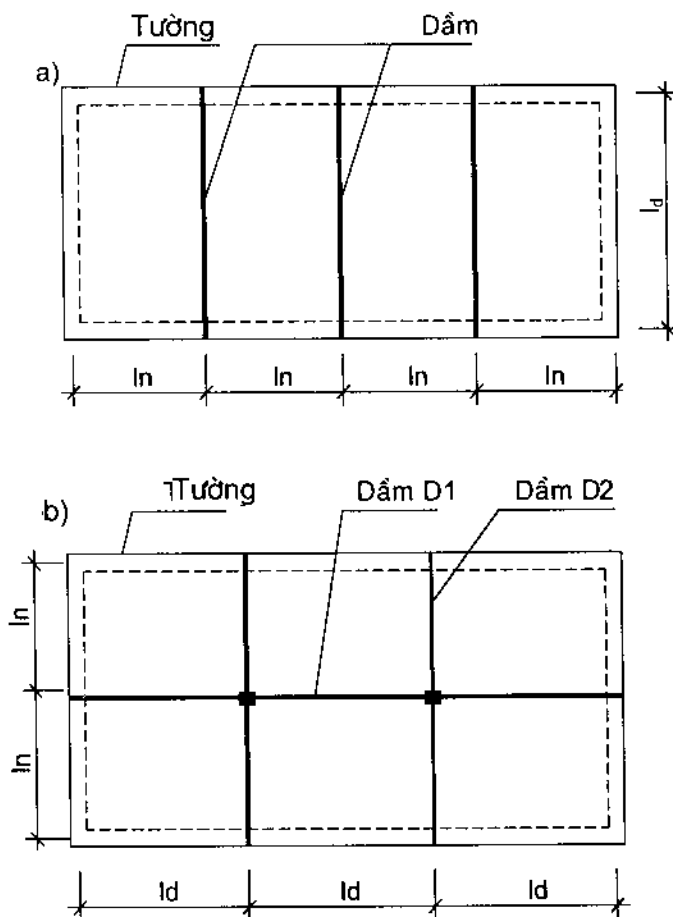
Trường hợp dầm có nhịp không đều (dầm phụ và dầm chính), mômen tại các vị trí nguy hiểm được tính theo bảng phụ lục 26. Để tính và vẽ được biểu đồ lực cắt phải dựa vào mối liên hệ vi phân giữa mômen uốn và lực cắt đã học ở môn cơ học xây dựng, tính và vẽ biểu đồ lực cắt từ biểu đồ mô men. Để sử dụng phụ lục 26, dầm phải có tiết diện đều, tải trọng trên mỗi nhịp đối xứng qua chính giữa nhịp đó.

VI. DẦM SÀN TOÀN KHỐI CÓ BẢN LIÊN TỤC CHỊU LỰC HAI PHƯƠNG

1. Khái niệm

Đây cũng là loại sàn đổ tại chỗ có tường và dầm chia bản thành các ô chữ nhật có tỉ số $l_d/l_n \leq 2$.

Tùy theo kích thước mặt bằng sàn mà dầm có thể đặt theo một phương (Hình 9.31a) hoặc dầm đặt theo hai phương (Hình 9.31b)



Hình 9.31. Mặt bằng kết cấu sàn

Với bản chịu lực hai phương thường cạnh dài kí hiệu l_2 , cạnh ngắn kí hiệu l_1 .

Các cạnh l_2, l_1 thường từ 3 đến 6m. Tuy nhiên, tùy theo yêu cầu sử dụng mà có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn.

Chiều dày bản h_b được chọn theo quy định như bản đơn chịu lực hai phương.

Kích thước tiết diện dầm phụ, dầm chính chọn theo quy định ở phần sàn có bản liên tục chịu lực một phương. Khi sàn không phân biệt dầm chính, dầm phụ thì chọn theo dầm chính.

Quanh chu vi sàn là tường chịu lực thì các cạnh bản kê lên tường là liên kết khớp. Tại vị trí bản vượt qua dầm hoặc tường chịu lực là liên kết ngàm giữa hai ô bản với nhau.

2. Tính toán bản sàn

2.1. Tính và vẽ biểu đồ mômen

Để tính được mômen, trước tiên cũng phải xác định tải trọng tính toán phân bố trên một đơn vị diện tích g_0, p_0 .

2.1.1. Tính theo sơ đồ dàn hồi

Theo mặt bằng sàn xác định liên kết kết tại các cạnh của mỗi ô bản. Đối chiếu với 9 sơ đồ cơ bản đã xét trong bản đơn để tìm sơ đồ tính i cho từng ô bản. Mômen trong một ô bản được tính theo các công thức sau:

$$M_{ni} = \alpha_{ni} G_0 + \alpha_{n1} P_0 \quad (\text{kNm, daNm}) \quad (9.31)$$

$$M_{di} = \alpha_{di} G_0 + \alpha_{d1} P_0 \quad (9.32)$$

$$M_{ni}^s = -\beta_{ni} P \quad (9.33)$$

$$M_{di}^s = -\beta_{di} P \quad (9.34)$$

Các kí hiệu $M_{ni}, M_{di}, M_{ni}^s, M_{di}^s$ có ý nghĩa như trong bản đơn, đơn vị thường dùng là kNm, daNm

$\alpha_{ni}, \alpha_{di}, \beta_{ni}, \beta_{di}, P$ có ý nghĩa và cách xác định như trong bản đơn.

α_{n1}, α_{d1} được xác định ở sơ đồ 1 có l_1 và l_2 của ô bản đang xét.

$$G_0 = (g_0 + 0,5p_0) l_2 l_1 \quad (\text{kN, daN})$$

$$P_0 = 0,5p_0 l_2 l_1 \quad (\text{kN, daN})$$

$$P = (g_0 + p_0) l_2 \cdot l_1 = G_0 + P_0 \quad (\text{kN, daN})$$

Đơn vị của mômen phụ thuộc đơn vị của g_0, p_0, l_2, l_1 phải thống nhất đơn vị.

Tại gối tiếp giáp giữa hai ô bản, giá trị mômen được lấy bằng trung bình cộng của mômen tại gối đó do hai ô bản ở hai bên gối đó gây ra.

$$M_K^s = \frac{M_K^{ir} + M_K^f}{2} \quad (9.35)$$

Trong đó:

M_k^g : Mômen tại gối k.

M_k^{tr} : Mômen tại gối k của ô bản bên trái.

M_k^f : Mômen tại gối k của ô bản bên phải

2.1.2. Tính theo sơ đồ khớp dẻo

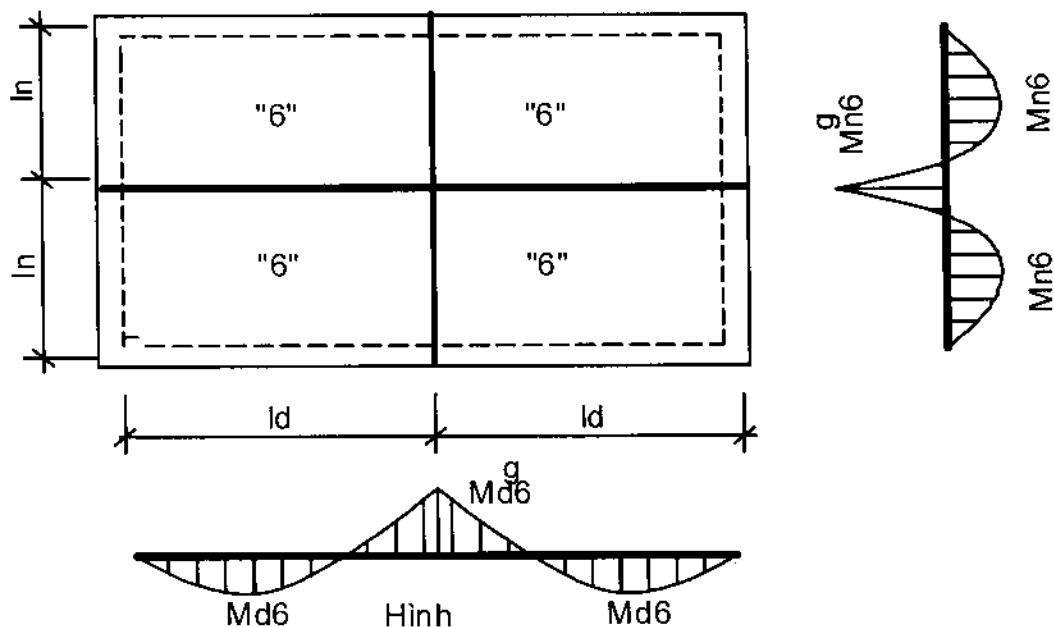
Ta cũng xác định mômen cho từng ô bản. Trước tiên chọn các hệ số $A_1, B_1, A_2, B_2, \theta$ phù hợp với sơ đồ liên kết tại các cạnh của ô bản.

Nếu dự định đặt cốt thép đều theo mỗi phương thì dùng công thức (9.13) để tính M_1 .

Nếu dự định đặt cốt thép không đều (có phân dải) theo mỗi phương thì dùng công thức (9.14) để tính M_1 .

Có M_1 , dựa vào các hệ số A_1, B_1, θ để xác định các mômen còn lại.

Tại gối tiếp giáp giữa hai ô bản được lấy bằng giá trị mômen nào lớn hơn để thiết kế cốt thép.



Hình 9.32

2.2. Tính và bố trí cốt thép

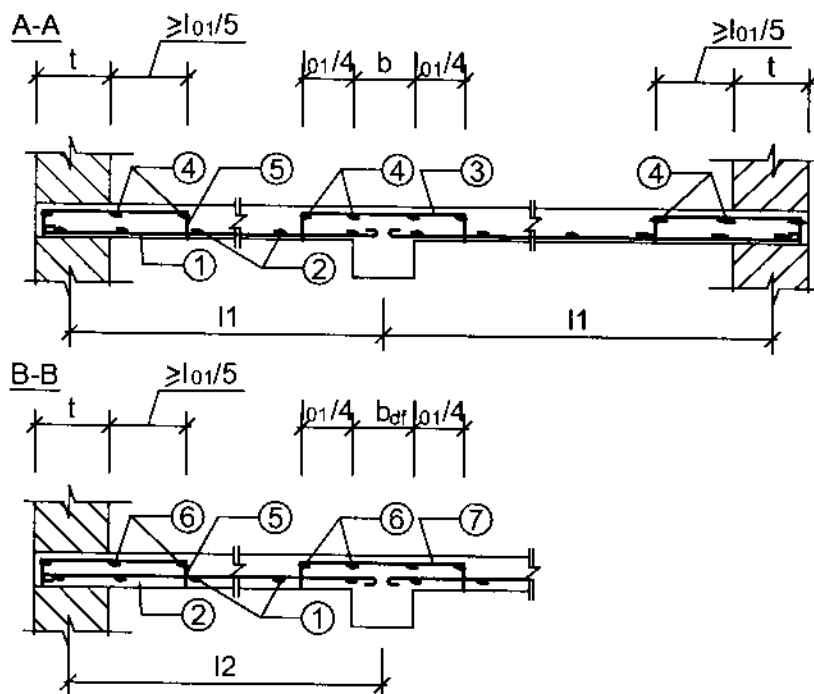
Các giá trị mômen tính được dùng để tính cốt thép cho dải bản rộng 1m.

Công thức tính cốt thép và việc lựa chọn đường kính, khoảng cách giữa các cốt thép được tiến hành như với bản liên tục chịu lực một phương và bản đơn chịu lực hai phương.

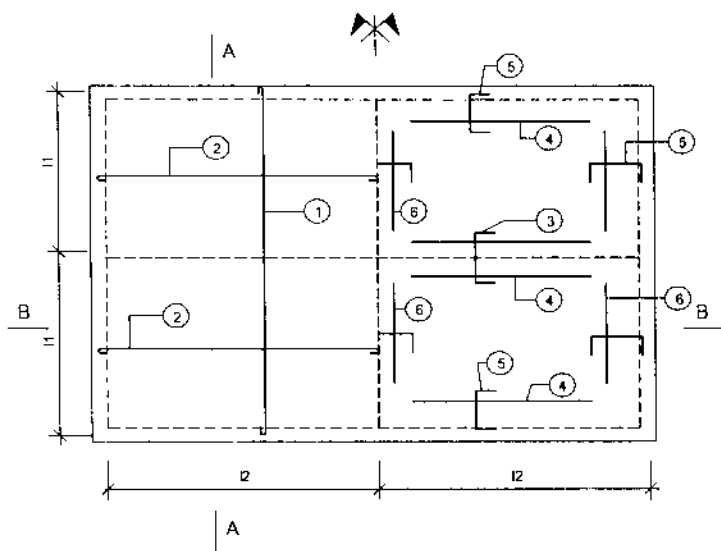
Ở mặt dưới của bản đặt cốt thép chịu mômen dương theo cả hai phương. Cốt chịu lực theo phương cạnh ngắn đặt song song với cạnh ngắn và đặt xa trục trung hoà hơn. Cốt chịu lực theo phương cạnh dài đặt song song với cạnh dài và đặt gần trục trung hoà hơn.

Ở mặt trên, dọc theo cạnh có mômen âm, cốt chịu lực được đặt vuông góc với cạnh và đặt xa trục trung hoà hơn, cốt chịu lực vượt khỏi mép gối về hai phía một đoạn lớn hơn hoặc bằng $1/4$ kích thước thông thuỷ của cạnh ngắn (l_{01}). Cốt phân bố được đặt song song với cạnh và đặt gần trục trung hoà hơn cốt chịu lực.

Trên cạnh liên kết khớp có mômen âm không xét đến cũng được đặt cốt mũ cấu tạo và cốt giá như các loại bản khác đã xét.



Hình 9-33



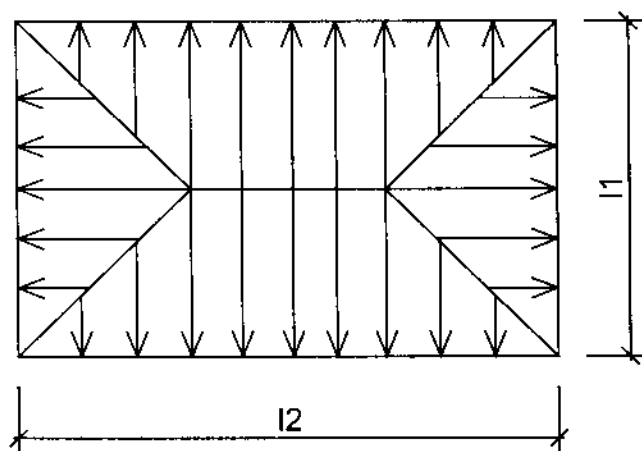
Hình 9.34. Bố trí cốt thép bản sàn
Nửa bên trái: lưới thép mặt dưới, Nửa bên phải: lưới thép mặt trên

3. Tính dầm đỡ sàn

3.1. Sơ đồ tải trọng của bản lên dầm

Bản chịu lực hai phương truyền lực lên cả bốn gối xung quanh chu vi ô bản. Sơ đồ truyền tải vào các cạnh theo quy luật (hình 9-35):

- Trên các cạnh ngắn có sơ đồ tam giác.
- Trên các cạnh dài có sơ đồ hình thang.



Hình 9.35

Do $\alpha = 45^\circ$ nên giá trị tải trọng lớn nhất ở sơ đồ tam giác và sơ đồ hình thang bằng nhau và bằng:

$$\text{- Tĩnh tải: } g_{\max} = \frac{g_0 \cdot l_1}{2} \quad (a)$$

$$\text{- Hoạt tải: } p_{\max} = \frac{p_0 \cdot l_1}{2} \quad (b)$$

$$\text{- Tải trọng toàn phần: } q_{\max} = \frac{(g_0 + p_0) l_1}{2} = \frac{q_0 l_1}{2} \quad (c)$$

Với g_0, p_0, q_0 là tĩnh tải, hoạt tải, tải trọng toàn phần trên 1m^2 bề mặt bản.

Đơn vị của $q_{\max}, p_{\max}, q_{\max}$ phụ thuộc đơn vị của g_0, p_0 và l_1 . Thường để chúng có đơn vị là daN/m hoặc KN/m.

Để thuận tiện trong tính toán, người ta thường quy đổi tải trọng phân bố không đều (sơ đồ tam giác, sơ đồ hình thang) thành sơ đồ phân bố đều (sơ đồ hình chữ nhật).

Nếu gọi giá trị tải trọng phân bố đều sau quy đổi là: $\bar{g}, \bar{p}, \bar{q}$ thì:

$$\bar{g} = k \cdot g_{\max}$$

$$\bar{p} = k \cdot p_{\max}$$

$$\bar{q} = k \cdot q_{\max} = \bar{g} + \bar{p}$$

k được gọi là hệ số quy đổi.

$k = 5/8$ với sơ đồ tam giác.

$k = 1 - 2\alpha^2 + \alpha^3$ với sơ đồ hình thang

$$\alpha = \frac{l_1}{2l_2}$$

Trường hợp dầm đỡ hai ô bản hai bên ta phải tính tải trọng do từng ô rơi cộng với nhau. Khi đó $\bar{g}, \bar{p}, \bar{q}$ là các giá trị tải trọng quy đổi từ hai ô bản truyền lên dầm.

3.2. Tải trọng tác dụng lên dầm

Ngoài tải trọng do bản sàn truyền vào, dầm còn chịu tải trọng bản thân dầm, tải trọng do vữa trát dầm. Các tải trọng này phân bố đều theo chiều dài dầm và đã có công thức tính ở phần dầm sàn toàn khối có bản chịu lực một phương.

Nếu gọi g_1 là trọng lượng bản thân dầm và g_2 là trọng lượng vữa trát dầm thì tải trọng tác dụng lên dầm là:

- Tĩnh tải:

$$g = g_1 + g_2 + \bar{g} \quad (\text{daN/m; kN/m})$$

- Hoạt tải

$$p = \bar{p} \quad (\text{daN/m; kN/m})$$

- Tổng tải trọng (tải trọng toàn phần)

$$q = g + p \quad (\text{daN/m; kN/m})$$

3.3. Thiết kế cốt thép

Khi đã có tải trọng tác dụng ta tiến hành tính và vẽ biểu đồ nội lực, thiết kế cốt thép và bố trí cốt thép như đối với dầm đỡ bản liên tục chịu lực một phương.

Chương 10

CẦU THANG

Mục tiêu: Học xong chương này học sinh phải:

- Phân biệt được các loại cầu thang thường dùng trong công trình dân dụng
- Nắm được cấu tạo của 2 loại cầu thang cơ bản là cầu thang BTCT đổ tại chỗ dùng dầm, cốn và cầu thang không dùng dầm, cốn (cầu thang bản chịu lực).

Trọng tâm:

Cấu tạo cốt thép trong cầu thang hai đợt có cốn và cầu thang không có cốn.

I. PHÂN LOẠI CẦU THANG - TẢI TRỌNG ĐƠN VỊ

1. Phân loại

Theo cấu tạo ta có cầu thang 2 đợt (2 vế), cầu thang 3 đợt, cầu thang 1 đợt. Theo vật liệu ta có cầu thang gạch, cầu thang thép, cầu thang BTCT đổ tại chỗ hoặc lắp ghép. Theo tính chất chịu lực có cầu thang dùng cốn và cầu thang không dùng cốn. Cầu thang không dùng cốn còn gọi là cầu thang bản chịu lực. Dù là loại cầu thang nào cũng không thể thiếu bản thang, chiếu nghỉ và chiếu tới.

Theo cấu tạo kiến trúc cầu thang để lựa chọn giải pháp kết cấu cầu thang, chọn vật liệu và kích thước các bộ phận chịu lực của cầu thang như chiều dày bản thang, bản chiếu nghỉ, bản chiếu tới. Kích thước dầm chiếu nghỉ, dầm chiếu tới và cốn thang nếu có.

2. Tải trọng đơn vị

2.1. Tải trọng trên 1 m² mặt bằng

2.1.1. Tải trọng trên bản thang (chiều dày h_b)

- Tải trọng bản thân:

$$g_1 = \gamma_b \cdot h_b \cdot n \quad (\text{kN/m}^2; \text{daN/m}^2)$$

- Trọng lượng vữa trát mặt dưới:

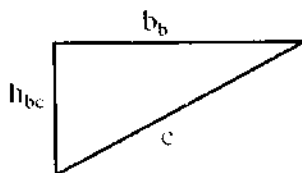
$$g_2 = \gamma_v \cdot h_v \cdot n \quad (\text{kN/m}^2; \text{daN/m}^2)$$

- Trọng lượng bậc gạch:

$$g_3 = \gamma_{kx} \cdot 0,5 \cdot h_{bc} \cdot n \quad (\text{kN/m}^2; \text{daN/m}^2)$$

- Trọng lượng vữa trát mặt bậc (có thể là lớp lát):

$$g_4 = \gamma_v \cdot \frac{b_b + h_{bc}}{2c} \cdot n \quad (\text{kN/m}^2; \text{daN/m}^2)$$



- Hoạt tải:

$$p_o = p_{lc} \cdot n \quad (\text{kN/m}^2; \text{daN/m}^2)$$

- Tổng tải trọng:

$$q_o = g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + p \quad (\text{kN/m}^2; \text{daN/m}^2)$$

2.1.2. Tải trọng trên bản chiếu nghỉ (chiều dày h_{cn})

- Trọng lượng bản thân:

$$g_1 = \gamma_b \cdot h_{cn} \cdot n \quad (\text{kN/m}^2; \text{daN/m}^2)$$

- Trọng lượng vữa trát mặt trên (có thể là lớp lát):

$$g_4 = \gamma_v \cdot h_v \cdot n \quad (\text{kN/m}^2; \text{daN/m}^2)$$

Trọng lượng vữa trát mặt dưới và hoạt tải dùng kết quả ở bản thang.

- Tổng tải trọng:

$$q_{ocn} = g_1 + g_2 + g_4 + p_o \quad (\text{kN/m}^2; \text{daN/m}^2)$$

2.1.3. Tải trọng trên bản chiếu tới (h_{ct})

- Trọng lượng bản thân:

$$g_1 = \gamma_b \cdot h_{ct} \cdot n \quad (\text{kN/m}^2; \text{daN/m}^2)$$

Các tải trọng khác lấy kết quả ở bản chiếu nghỉ.

- Tổng tải trọng:

$$q_{oct} = g_1 + g_2 + g_4 + p_o \quad (\text{kN/m}^2; \text{daN/m}^2)$$

2.2. Tải trọng trên 1m

Trọng lượng bản thân cốt (tiết diện $b_c \times h_c$)

$$g_c = \gamma_b \cdot b_c \cdot h_c \cdot n \quad (\text{kN/m; daN/m})$$

- Trọng lượng vữa trát cốt (dày δ_v):

$$g_{lc} = \gamma_v \cdot \delta_v \cdot 2 \cdot (b_c + h_c) \cdot n \quad (\text{kN/m; daN/m})$$

- Tải trọng lan can gạch kẻ cả trát (tiết diện $b_{lc} \times h_{lc}$):

$$g_{lc} = \gamma_{kx} \cdot b_{lc} \cdot h_{lc} \cdot n \quad (\text{kN/m; daN/m})$$

Nếu dùng lan can thép có thể bỏ qua g_{lc}

- Trọng lượng bản thân dầm D_{cn} , D_{ct} ($b \times h$):

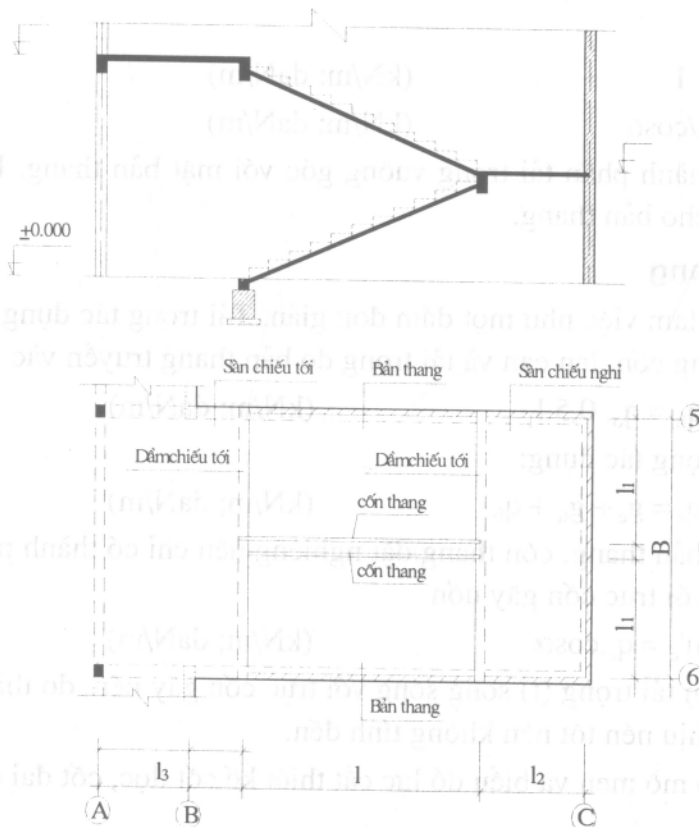
$$g_d = \gamma_d \cdot b \cdot h \cdot n \quad (\text{kN/m; daN/m})$$

- Trọng lượng vữa trát dầm (dày δ_v):

$$g_{lc} = \gamma_v \cdot \delta_v \cdot 2 \cdot (b + h) \cdot n \quad (\text{kN/m; daN/m})$$

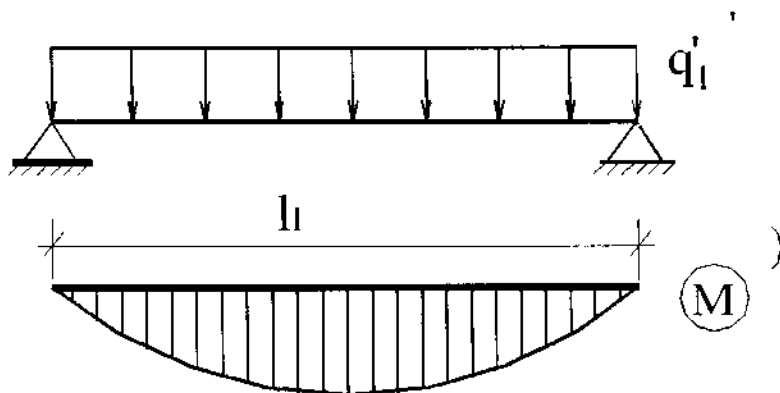
II. TÍNH CẦU THANG HAI ĐỢT CÓ CỐT

Mặt bằng và mặt cắt cầu thang:



1. Bản thang

Bản thang thuộc loại bản chịu lực 1 phương. Phương chịu lực là phương cạnh ngắn vì 4 cạnh đều có liên kết và thường tỉ số $l_d/l_n > 2$. Áp dụng trường hợp tính của bản đơn chịu lực 1 phương để tính bản thang theo sơ đồ tính sau:



$$\text{Với } q_1 = q_o \cdot l \quad (\text{kN/m; daN/m})$$

$$q'_1 = q_1 / \cos \alpha \quad (\text{kN/m; daN/m})$$

q'_1 là hai thành phần tải trọng vuông góc với mặt bản thang. Đây là thành phần gây uốn cho bản thang.

2. Cốt thang

Cốt thang làm việc như một dầm đơn giản. Tải trọng tác dụng phân bố đều gồm trọng lượng cốt, lan can và tải trọng do bản thang truyền vào (q_b):

$$q_b = q_o \cdot 0,5 \cdot l_1 \quad (\text{kN/m; daN/m})$$

Tổng tải trọng tác dụng:

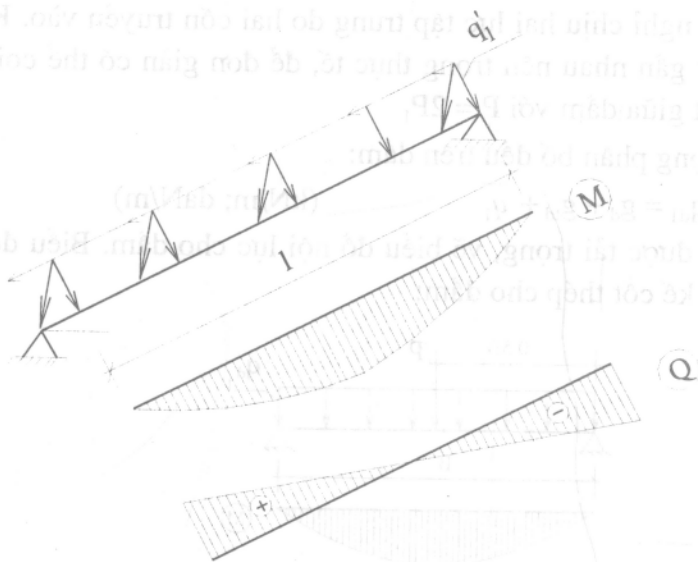
$$q_c = g_c + g_{lc} + q_b \quad (\text{kN/m; daN/m})$$

Cũng như bản thang, cốt thang đặt nghiêng nên chỉ có thành phần tải trọng q'_c vuông góc với trục cốt gây uốn

$$q'_c = q_c \cdot \cos \alpha \quad (\text{kN/m; daN/m})$$

Thành phần tải trọng (t) song song với trục cốt gây nén, do thành phần này nhỏ, bê tông chịu nén tốt nên không tính đến.

Từ biểu đồ mô men và biểu đồ lực cắt thiết kế cốt dọc, cốt đai cho cốt.



3. Bản chiếu nghỉ, bản chiếu tới

Theo mặt bằng kết cấu cầu thang xác định trường hợp chịu lực của bản để vận dụng các loại bản đã học để tính toán cho phù hợp.

4. Dầm chiếu nghỉ

Dầm có sơ đồ là một dầm đơn giản, nhịp là B

- Tải trọng tác dụng lên dầm
- Tải trọng do bản chiếu nghỉ:

$$q_{1\max} = q_{cl} \cdot \frac{l_{cn}}{2} \quad (\text{kN/m; daN/m})$$

$$\bar{q}_1 = k \cdot q_{1\max} \quad (\text{kN/m; daN/m})$$

$q_{1\max}$: giá trị tải trọng lớn nhất do bản chiếu nghỉ truyền vào.

$\bar{q}_1$: giá trị trung bình được quy đổi từ tải trọng phân bố không đều ra tải trọng phân bố đều.

k: hệ số quy đổi.

$k < 1$ nếu bản làm việc hai phương k lấy theo sơ đồ quy đổi là tam giác hay hình thang.

$k = 1$ nếu bản làm việc một phương.

- Tải trọng do cốt thang truyền vào có dạng lực tập trung:

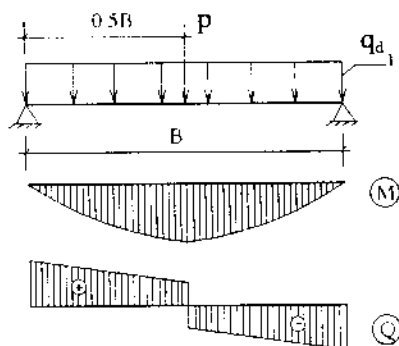
$$p_1 = q_{cl} \cdot 0,5 \cdot l \quad (\text{kN; daN})$$

Dầm chịu nghỉ chịu hai lực tập trung do hai cốn truyền vào. Khoảng cách giữa hai lực rất gần nhau nên trong thực tế, để đơn giản có thể coi hai lực này đặt trùng và đặt giữa dầm với $P = 2P_1$

Tổng tải trọng phân bố đều trên dầm:

$$q_{d1} = g_d + g_{td} + \overline{q_1} \quad (\text{kN/m; daN/m})$$

Sau khi có được tải trọng, vẽ biểu đồ nội lực cho dầm. Biểu đồ mômen và lực cắt để thiết kế cốt thép cho dầm:



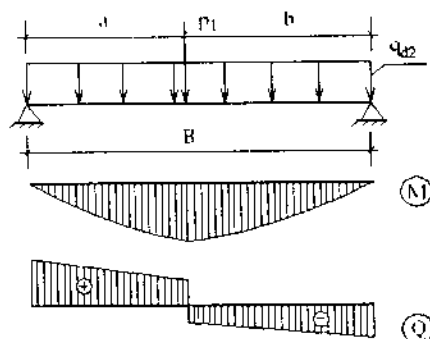
5. Tính dầm chiếu tới

Dầm chiếu tới cũng chịu tác dụng của hai dạng tải trọng là phân bố đều và tập trung.

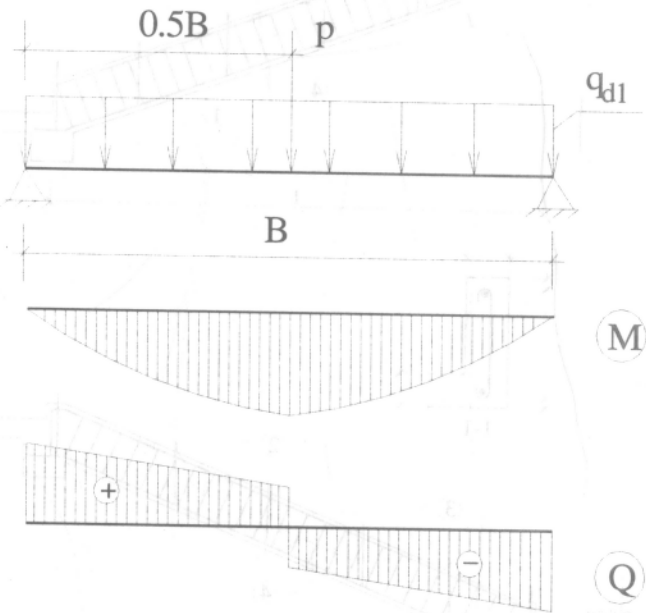
- Tải trọng tập trung dùng kết quả đã tính của dầm chiếu nghỉ.
- Tải trọng do bản chiếu tới truyền vào xác định tương tự như sàn chiếu nghỉ lên dầm chiếu nghỉ. Nếu gọi q_2 là tải trọng trung bình do bản chiếu tới tác dụng lên dầm chiếu tới ta có tổng tải trọng phân bố đều là:

$$q_{d2} = g_d + g_{td} + \overline{q_2} \quad (\text{kN/m; daN/m})$$

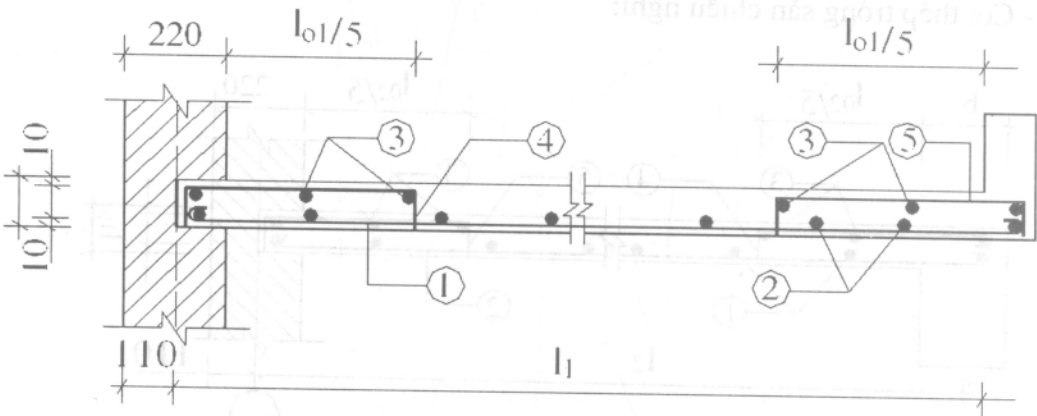
Vậy sơ đồ tính của dầm chiếu tới:



Với nhà có trên hai tầng hoặc nhà hai tầng nhưng có cầu thang lên mái thì dầm chiếu tới ở các tầng giữa chịu lực tập trung do hai cốn như dầm chiếu nghỉ. Lực phân bố đều như q_{d2} như dầm chiếu tới trên cùng.



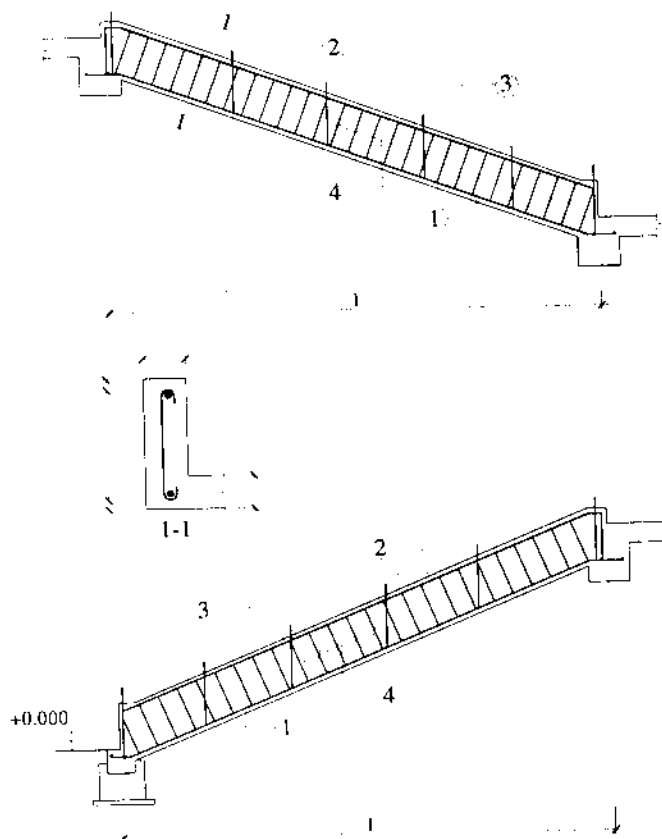
Cốt thép trong các bộ phận cầu thang được thể hiện trong các hình vẽ sau:
 - Cốt thép trong bản thang:



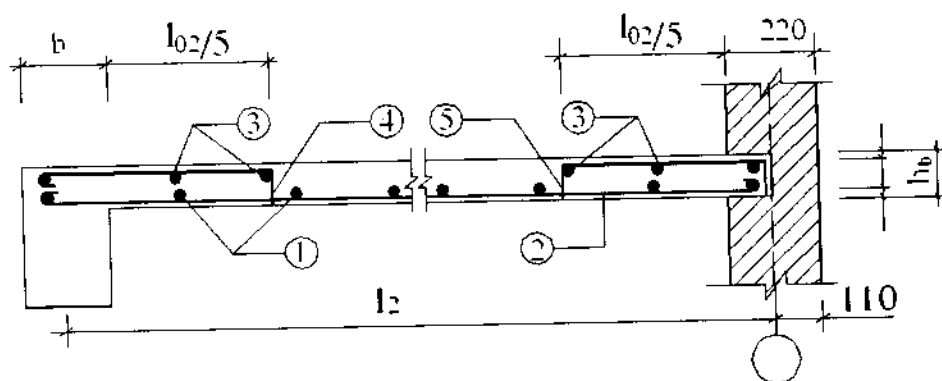
1. Cốt chịu lực
 2. Cốt phân bố

3. Cốt giá
 4,5. Cốt cấu tạo

- Cốt thép trong cốn thang:



- Cốt thép trong sàn chiếu nghỉ:



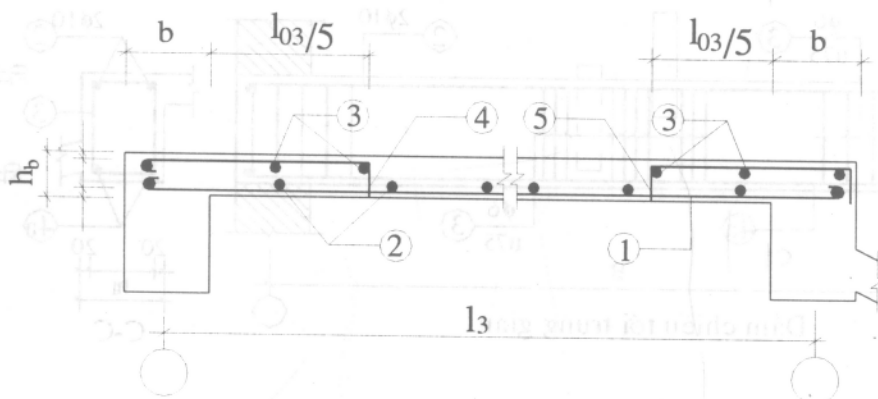
1. Thép chịu lực

2. Thép giá (hoặc là thép chịu lực)

3. Thép giá

4, 5. Thép cấu tạo

- Cốt thép trong sàn chiều tới:



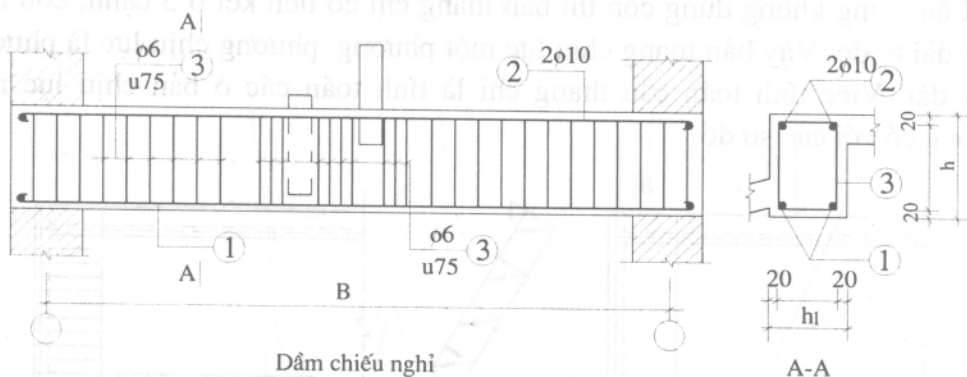
1. Thép chịu lực

3. Thép giá

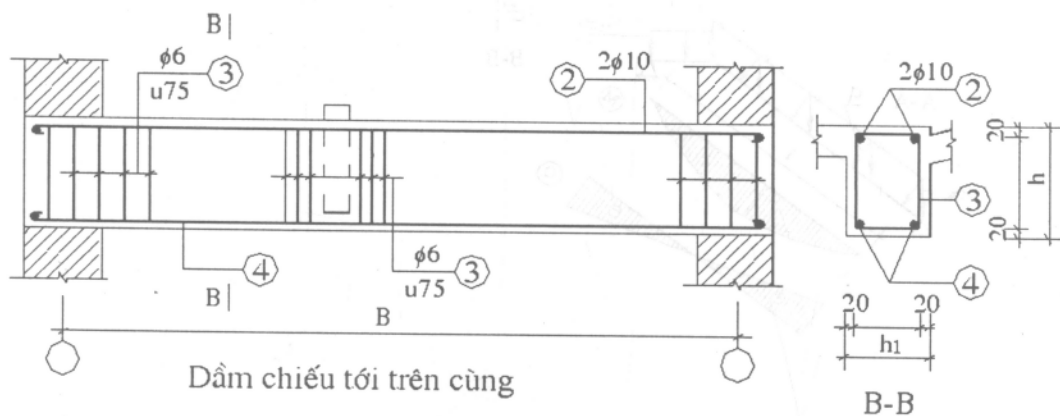
2. Thép giá (hoặc là thép chịu lực)

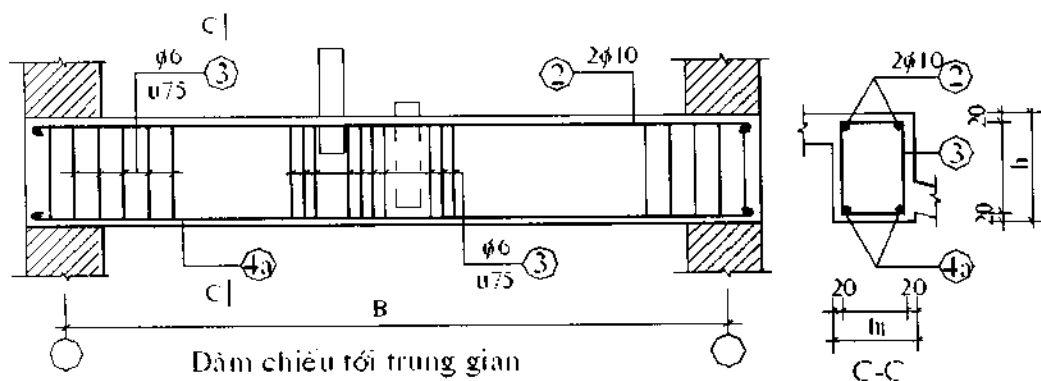
4,5. Thép cấu tạo

- Cốt thép trong dầm chiều ngĩ:



- Cốt thép trong dầm chiều tới:

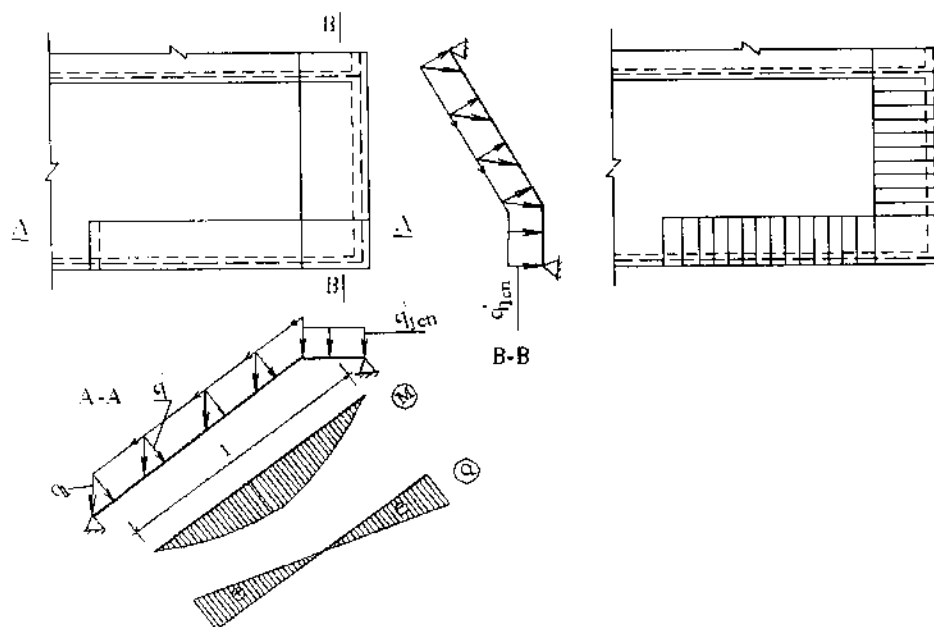




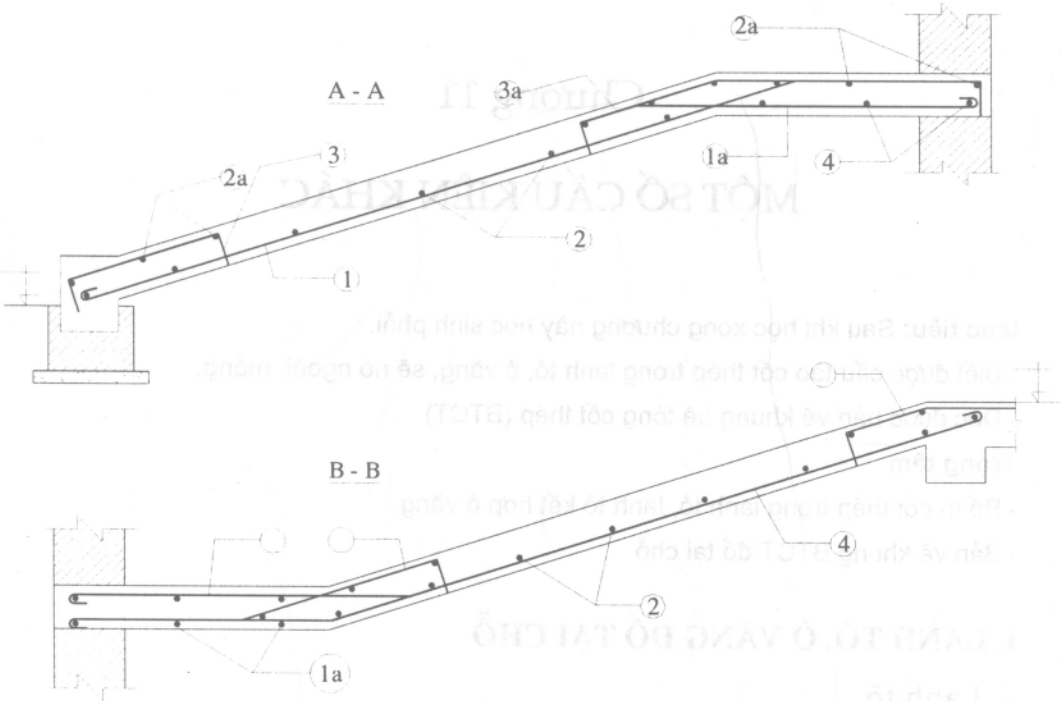
III. TÍNH CẦU THANG KHÔNG DÙNG CỐN

Cầu thang này thường dùng trong nhà ở gia đình có diện tích buồng thang nhỏ chiều rộng 1m.

Cầu thang không dùng cốt thì bản thang chỉ có liên kết ở 3 cạnh, còn một cạnh dài tự do. Vậy bản thang chịu lực một phương, phương chịu lực là phương cạnh dài. Việc tính toán cầu thang chỉ là tính toán các ô bản chịu lực một phương có với các sơ đồ.



Cốt thép trong cầu thang không dùng cốn:



Chương 11

MỘT SỐ CẤU KIỆN KHÁC

Mục tiêu: Sau khi học xong chương này học sinh phải:

- Biết được cấu tạo cốt thép trong lanh tô, ô văng, sê nô ngoài, móng.
- Đọc được bản vẽ khung bê tông cốt thép (BTCT)

Trọng tâm

- Bố trí cốt thép trong lanh tô, lanh tô kết hợp ô văng.
- Bản vẽ khung BTCT đổ tại chỗ

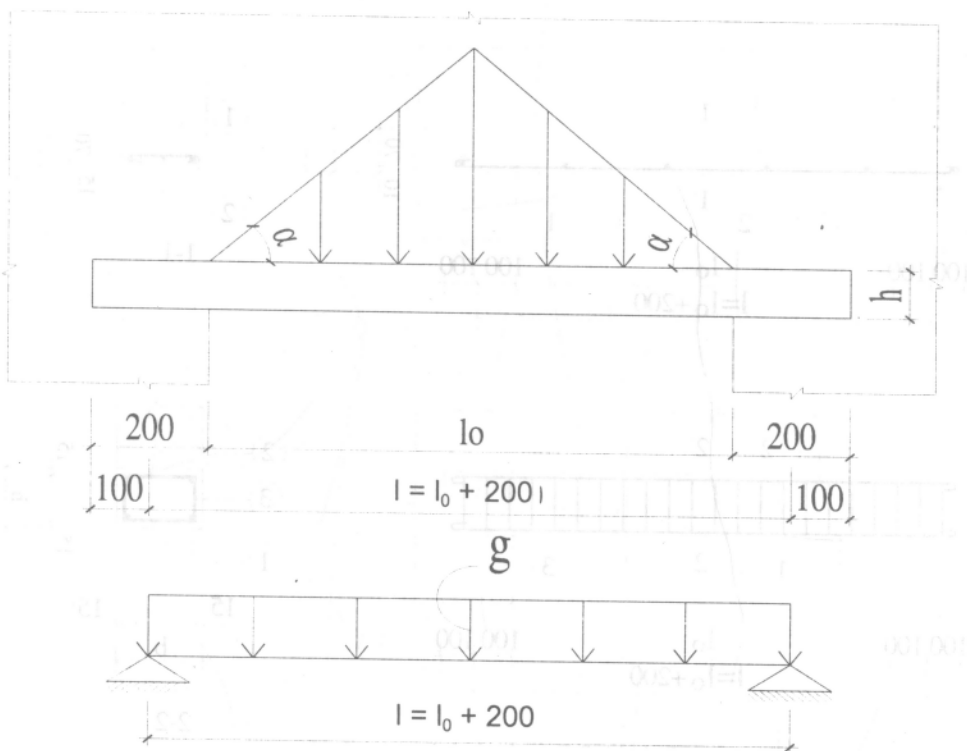
I. LANH TÔ, Ô VĂNG ĐỔ TẠI CHỖ

1. Lanh tô

Lanh tô được đặt trên các lỗ cửa để đỡ phần khối xây phía trên. Lanh tô vượt qua mép cửa về mỗi phía 200mm. Chiều rộng lanh tô b bằng chiều dày tường. Chiều dày lanh tô h lấy theo bội số của một lớp gạch xây:

- $h = 70\text{mm}$ khi chiều rộng cửa $l_0 \leq 900\text{mm}$
- $h \geq 140\text{mm}$ khi $l_0 \geq 900\text{mm}$

Lanh tô được tính là một dầm đơn giản. Với lanh tô đổ tại chỗ, khi lanh tô làm việc thì khối xây đã đông cứng, vì vậy tải trọng do khối xây truyền lên lanh tô theo nguyên tắc truyền tải của khối xây khô có góc truyền lực $\alpha = 45^\circ$



Hình 11-1: Sơ đồ chịu lực của lanh tô

Tải trọng tác dụng lên lanh tô bao gồm:

- Trọng lượng bản thân:

$$g_1 = \gamma_b \cdot b \cdot h \cdot n \quad (\text{kN/m; daN/m})$$

- Trọng lượng vữa trát:

$$g_2 = \gamma_v \cdot \delta_v \cdot 2(b+h) \cdot n \quad (\text{kN/m; daN/m})$$

- Tải trọng khối xây kê cả trát quy ra tải trọng phân bố đều:

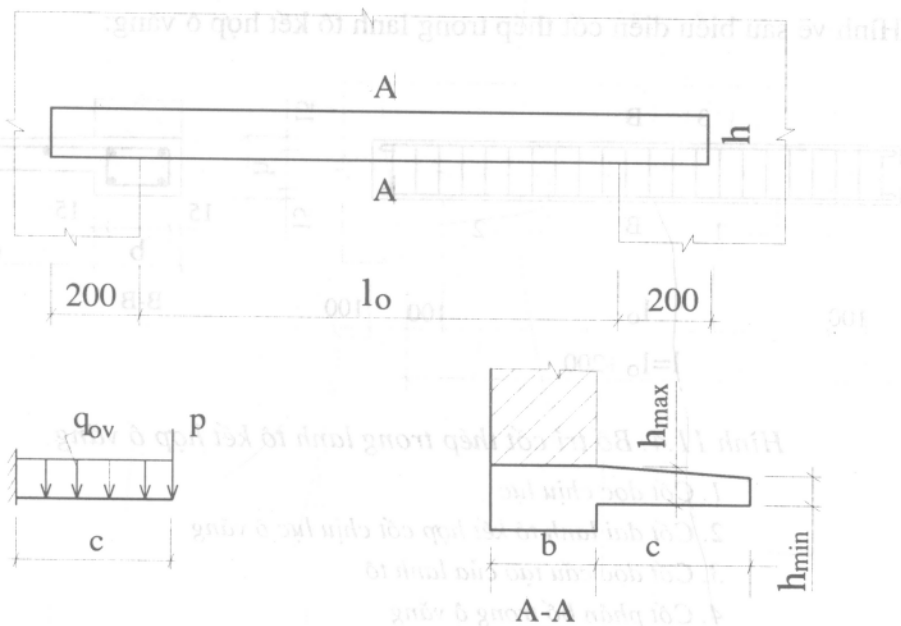
$$g_3 = \frac{1}{3} \gamma_{kx} \cdot l \cdot l_0 \cdot n \quad (\text{kN/m; daN/m})$$

Tổng cộng:

$$g = g_1 + g_2 + g_3 \quad (\text{kN/m; daN/m})$$

Có sơ đồ tính trở về bài toán đã học ở chương 7 để vẽ biểu đồ nội lực và thiết kế cốt thép cho lanh tô.

Sau đây là hình vẽ thể hiện cấu tạo cốt thép trong lanh tô:



Hình 11.3. Lanh tô kết hợp ô văng

Tải trọng tác dụng lên ô văng:

- Trọng lượng bản thân:

$$g_1 = \gamma_b \cdot 1 \cdot \bar{h} \cdot n \quad (\text{kN/m; daN/m})$$

- Trọng lượng vữa trát 2 mặt:

$$g_2 = \gamma_v \cdot 1 \cdot 2 \cdot \delta_v \cdot n \quad (\text{kN/m; daN/m})$$

- Với $\bar{h} = 0,5 (h_{\max} + h_{\min})$

$$g = g_1 + g_2 \quad (\text{kN/m; daN/m})$$

Hoạt tải: Trường hợp hoạt tải nguy hiểm nhất là hoạt tải sửa chữa phân bố đều dọc mép ngoài ô văng:

$$P = p_h \cdot 1 \cdot n \quad (\text{kN; daN})$$

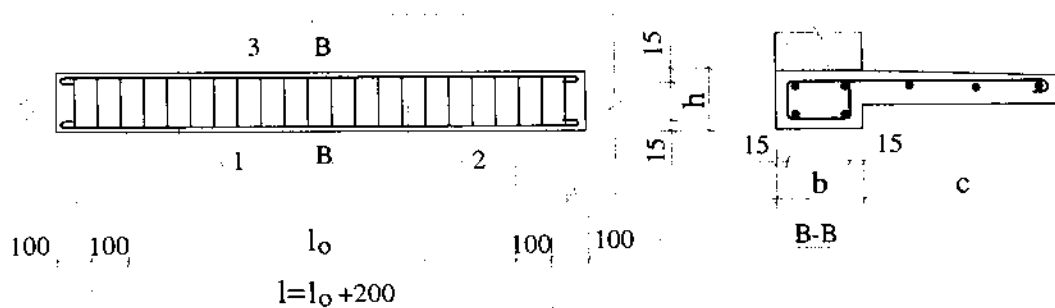
Theo sơ đồ tính để thiết kế và bố trí cốt thép cho ô văng.

2.2. Lanh tô

Lanh tô kết hợp ô văng được tính toán như lanh tô độc lập. Nhưng nó khác ô văng độc lập là có thêm phần tải trọng do ô văng truyền vào. Tải trọng này được tính theo công thức

$$q_1 = g_{0v} \cdot c + P \quad (\text{kN/m; daN/m})$$

Hình vẽ sau biểu diễn cốt thép trong lanh tô kết hợp ô văng:

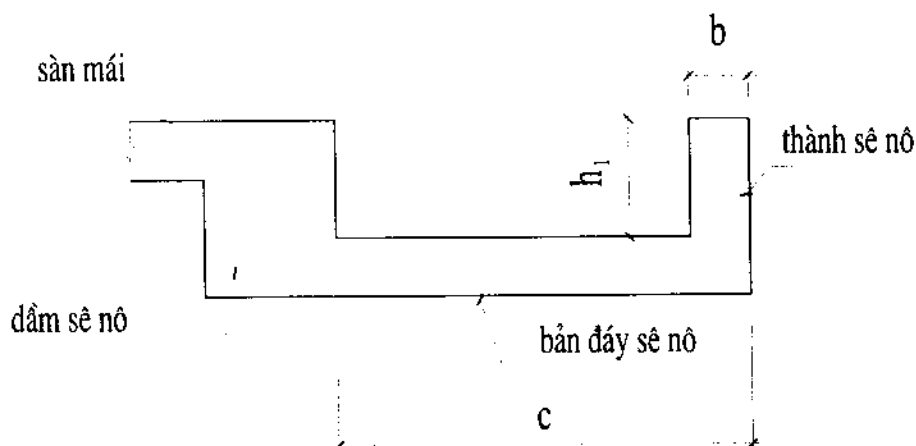


Hình 11.4. Bố trí cốt thép trong lanh tô kết hợp ô văng

1. Cốt dọc chịu lực
2. Cốt đai lanh tô kết hợp cốt chịu lực ô văng
3. Cốt dọc cấu tạo của lanh tô
4. Cốt phân bố trong ô văng

II. SÊ NÔ NGOÀI

Sê nô ngoài bao gồm bản đáy, bản thành và dầm đỡ sê nô. Dầm sê nô đồng thời là dầm đỡ sàn mái nên được tính theo dầm đỡ sàn có thêm tải trọng của sê nô truyền vào. Tải trọng sê nô truyền lên dầm tính tương tự như ô văng truyền vào lanh tô.



Hình 11.5

Bản thành sẽ chịu áp lực đẩy của nước khi ống tràn và ống thoát nước bị tắc. Áp lực này không lớn nên thực tế cho thấy không cần tính toán, chỉ cần đặt thép theo cấu tạo.

Bản đáy của bể làm việc như ô văng với tải trọng tác dụng:

- Trọng lượng bản thân:

$$g_1 = \gamma_b \cdot l \cdot h \cdot n \quad (\text{kN/m; daN/m})$$

- Trọng lượng vữa trát hai mặt:

$$g_2 = \gamma_v \cdot 1.2 h_v \cdot n \quad (\text{kN/m; daN/m})$$

- Trọng lượng thành bể:

$$G = \gamma_b \cdot l \cdot b \cdot h_t \cdot n \quad (\text{kN; daN})$$

- Trọng lượng nước:

$$g_3 = \gamma_n \cdot l \cdot h_n \cdot n \quad (\text{kN/m; daN/m})$$

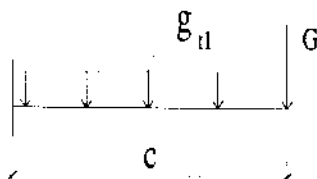
Hoạt tải: Trường hợp nguy hiểm là hoạt tải sửa chữa phân bố đều dọc theo mép ngoài bể:

$$p = p_{tc} \cdot l \cdot n \quad (\text{kN; daN})$$

Giữa trọng lượng nước và hoạt tải ta chọn trường hợp nào nguy hiểm hơn để thiết kế bể.

+ Trường hợp 1: Dùng tải trọng nước ta, có tải trọng và sơ đồ tính:

$$g_{t1} = g_1 + g_2 + g_3 \quad (\text{kN/m; daN/m})$$

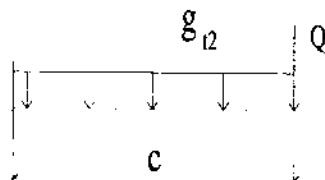


+ Trường hợp 2: Dùng hoạt tải ta có tải trọng và sơ đồ tính:

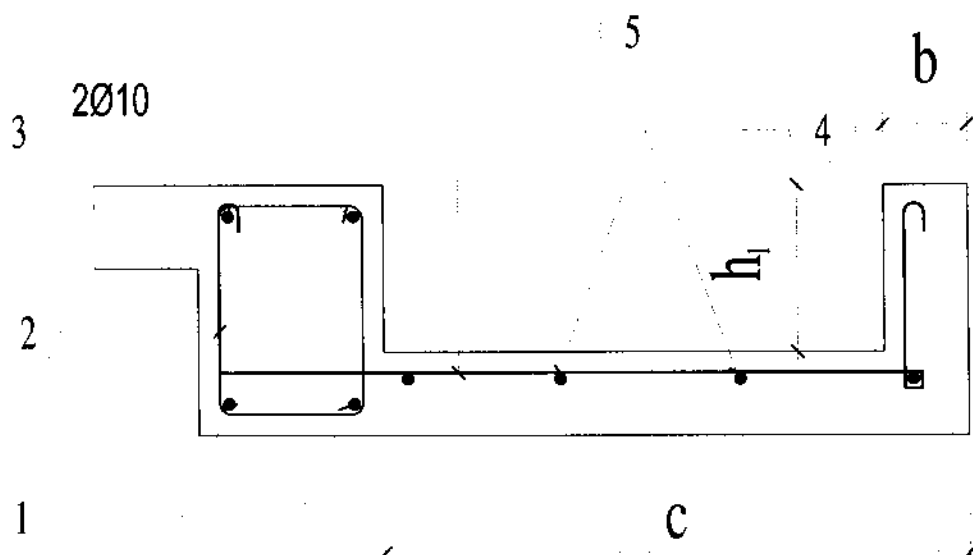
$$g_{t2} = g_1 + g_2 \quad (\text{kN/m; daN/m})$$

Tải trọng tập trung là:

$$Q = G + P \quad (\text{kN; daN})$$



Cốt thép trong sẽ được bố trí như sau:



III. MÓNG BTCT ĐỔ TẠI CHỖ

1. Phân loại móng

Để phân loại móng người ta có thể căn cứ vào vật liệu làm móng, vào cấu tạo, vào tính chất chịu lực,... Trong phạm vi chương trình chỉ giới thiệu một số cách cơ bản.

1.1. Theo vật liệu

Theo vật liệu móng có các loại:

Móng gạch

Móng đá

Móng bê tông

Móng bê tông cốt thép

1.2. Theo cấu tạo

Có các loại:

Móng đơn

Móng băng đỡ tường

Móng băng đỡ hàng cột

Móng bè

1.3. Theo tính chất chịu lực

Có 2 loại:

Móng cứng

Móng mềm

- Móng cứng là móng chỉ chịu nén.

- Móng mềm là móng vừa chịu nén, vừa chịu uốn hoặc hoàn toàn chịu uốn.

Ngoài các loại móng trên còn có móng nông, móng sâu, móng lắp ghép, móng đổ tại chỗ. Đây là các loại móng được phân loại theo thi công.

Giữa các cách phân loại trên có liên quan chặt chẽ với nhau. Móng cứng được làm từ gạch, đá, bê tông. Nó có thể dùng làm móng đơn, móng băng đỡ tường. Móng mềm làm từ BTCT. Nó được dùng làm móng đơn, móng băng, móng bè. Trong móng BTCT thì móng băng đỡ cột và móng bè là các móng hoàn toàn chịu uốn.

* Điều kiện an toàn cho móng:

Để móng đủ sức chịu tải do công trình truyền xuống cần đảm bảo hai yêu cầu:

- An toàn cho nền.

- An toàn cho vật liệu làm móng (cho bản thân móng).

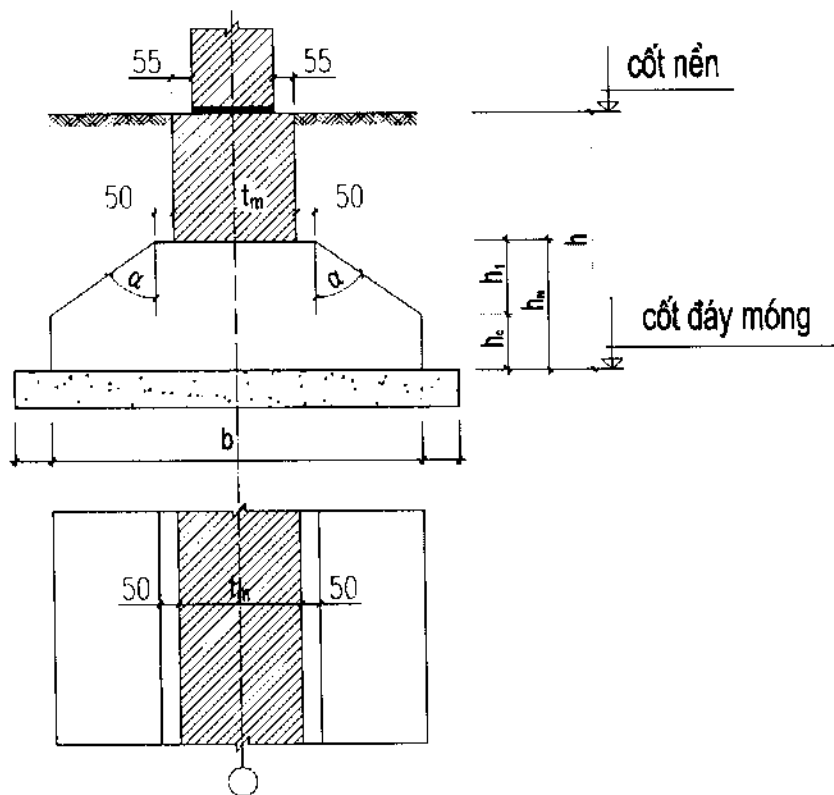
An toàn cho nền là đảm bảo về độ lún, đảm bảo về cường độ của nền đất dưới đáy móng. Các điều kiện này được tính toán trong môn “Nền móng”.

Để an toàn cho bản thân móng, thì móng phải có hình dáng, kích thước và cấu tạo sao cho thoả mãn các điều kiện chịu lực của các vật liệu làm móng ứng với trạng thái chịu lực của móng. Đây là các bài toán đã gặp trong môn “Kết cấu công trình”.

Trong phạm vi chương trình chỉ giới thiệu cấu tạo của móng đơn và móng băng đỡ tường chịu tải trọng đúng tâm làm bằng BTCT đổ tại chỗ.

2. Móng băng

2.1. Hình dáng kích thước



Hình 11.6a. Móng băng hình tháp

Móng băng đỡ tường có hình dáng phổ biến là hình tháp (Hình 11- 6a)

Trên hình 11- 6a:

h: độ sâu chôn móng được tính từ mặt nền đến đáy móng và h được chọn tùy tính chất của đất nền.

h_m : chiều cao tảng móng, xác định từ điều kiện chịu lực cắt của móng.

b: chiều rộng của đáy móng, tính từ điều kiện an toàn cho nền.

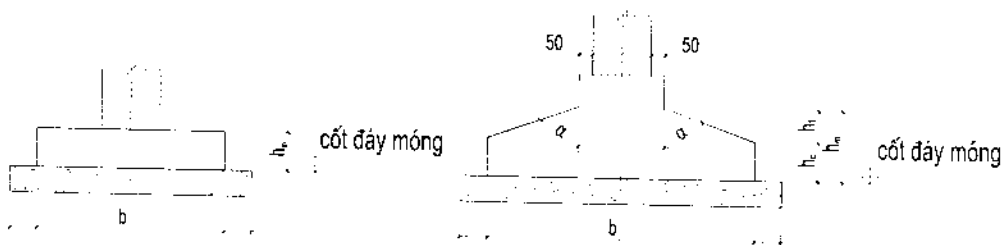
α : góc nghiêng của tháp móng, $\alpha \geq 45^\circ$

h_c : chiều dày cánh móng, $h_c \geq 200$ mm.

h_1 : chiều cao phần tháp móng

Từ h_m phân chia vào h_c và h_1 sao cho đảm bảo $h_c \geq 200 \text{ mm}$ và góc $\alpha \geq 45^\circ$

Trường hợp móng có b và h_m nhỏ người ta có thể dùng móng hình chữ nhật (Hình 11 - 6b). Trường hợp trên tường có trở nhiều cửa, chiều rộng cửa lớn thì dùng móng băng có sườn (Hình 11 - 6c).



Hình 11.6b. Móng băng chữ nhật Hình 11.6c. Móng băng có sườn

2.2. Cấu tạo cốt thép

Cốt thép trong móng bao gồm cốt chịu lực và cốt phân bố:

- Cốt phân bố để định vị cốt chịu lực.

- Cốt chịu lực chịu mô men uốn do phản lực của nền đất tại móng gây ra.

Dưới tác dụng của phản lực nền, móng làm việc là bản con sơn có độ vươn là c (Hình 11 - 7), tiết diện ngàm là vị trí hai mép của tường móng hoặc hai mép của sườn móng (khi móng có sườn). Đáy móng làm việc như một ô văng lật ngược. c được gọi là độ vươn của cánh móng.

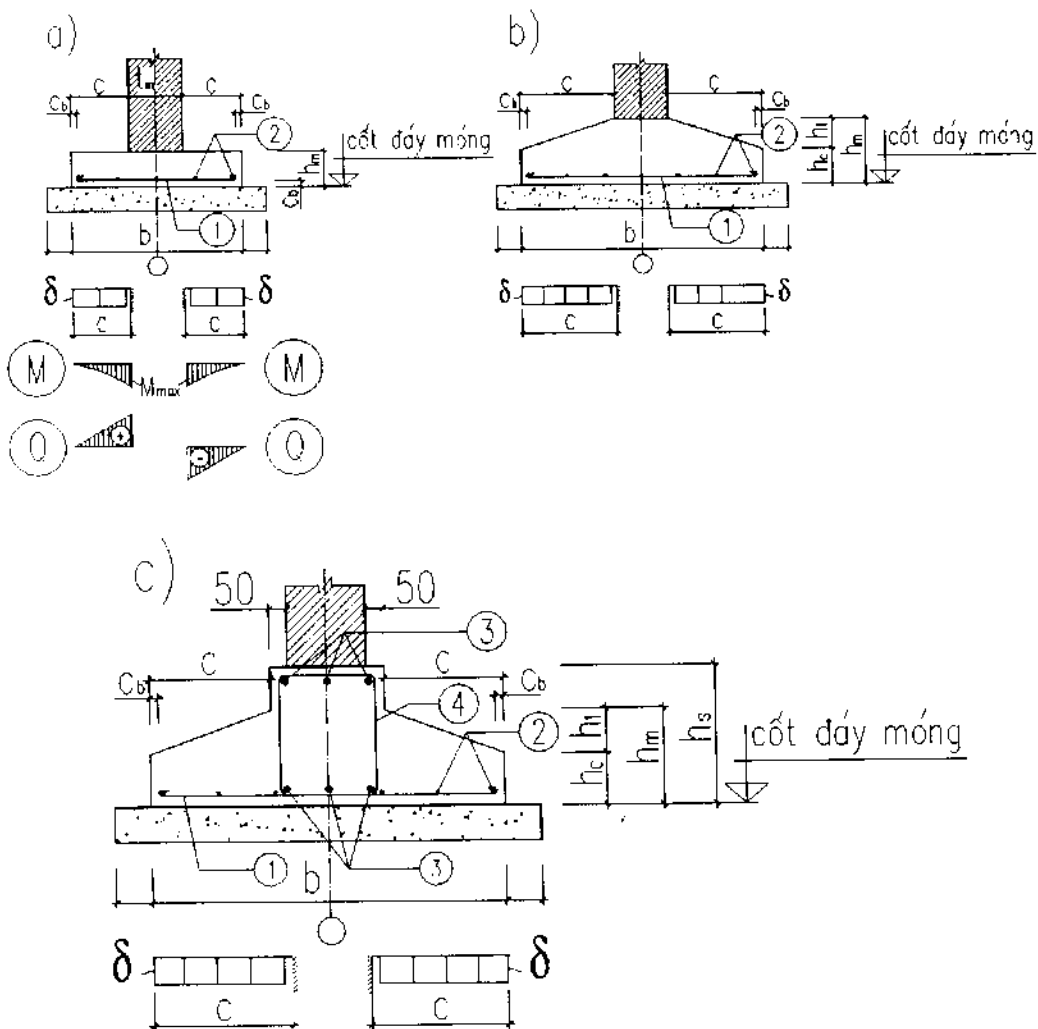
Cốt chịu lực và cốt phân bố được buộc hoặc hàn với nhau tạo thành lưới đặt sát đáy móng. Cốt chịu lực đặt song song với chiều rộng b của đáy móng và đặt dưới. Cốt phân bố đặt song song với chiều dài móng và đặt trên cốt chịu lực. Chúng được buộc với nhau tạo thành lưới như thép trong bản chịu lực một phương.

Cốt chịu lực có thể dùng thép trơn hoặc thép gai, đường kính từ 10 mm trở lên. Khoảng cách giữa các thanh thép từ 100 đến 200 mm. Số lượng theo tính toán.

Cốt phân bố không cần dùng thép gai, đường kính từ 8 mm trở lên, khoảng cách từ 250 mm đến 300 mm.

Chiều dày lớp bê tông bảo vệ theo quy định ở chương 6.

Khi móng có sườn, phần sườn móng đặt cốt dọc và cốt đai tương tự như trong dầm liên tục đỡ bản sàn. Cốt dọc để chịu mô men, cốt đai để chịu lực cắt. Cốt dọc và cốt đai được buộc với nhau tạo khung cốt thép cho sườn (Hình 11 - 7c).



Hình 11.7. Cốt thép trong móng băng

1. Cốt chịu lực, 2. Cốt phân bố

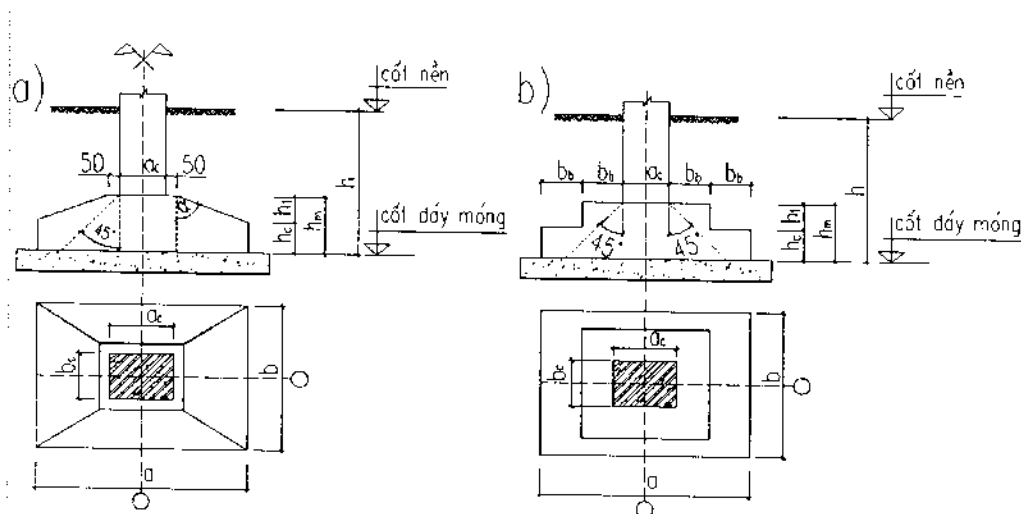
3. Cốt dọc trong sườn, 4. Cốt đai trong sườn

3. Móng đơn chịu tải trọng đúng tâm

3.1. Hình dáng - kích thước

Móng đơn có đáy hình vuông nếu nó đỡ cột vuông hoặc cột tròn, hình chữ nhật nếu đỡ cột tiết diện chữ nhật. Đáy móng chữ nhật cạnh dài ký hiệu là a , cạnh ngắn là b . Tỷ số a/b được lấy bằng tỷ số giữa cạnh lớn/cạnh nhỏ của tiết diện chân cột.

Tùy theo kích thước móng mà có thể có dạng hình tháp (Hình 11 - 8a) hoặc giạt cấp (Hình 11 - 8b). Các điểm giạt của bậc phải nằm ngoài góc truyền lực 45°



Hình 11- 8

a_c, b_c : cạnh lớn và cạnh nhỏ của tiết diện chân cột.

a, b : cạnh lớn và cạnh nhỏ của đáy móng (đáy vuông thì $a = b$). Các cạnh a, b được tính từ điều kiện làm việc của nền.

h : độ sâu chôn móng (tự chọn)

h_c : chiều dày cánh móng

$h_c \geq 150$ mm với móng hình tháp

$h_c \geq 300$ mm với móng giạt cấp

h_1 : phụ thuộc chiều cao tầng móng h_m và phải đảm bảo $\alpha \geq 45^\circ$

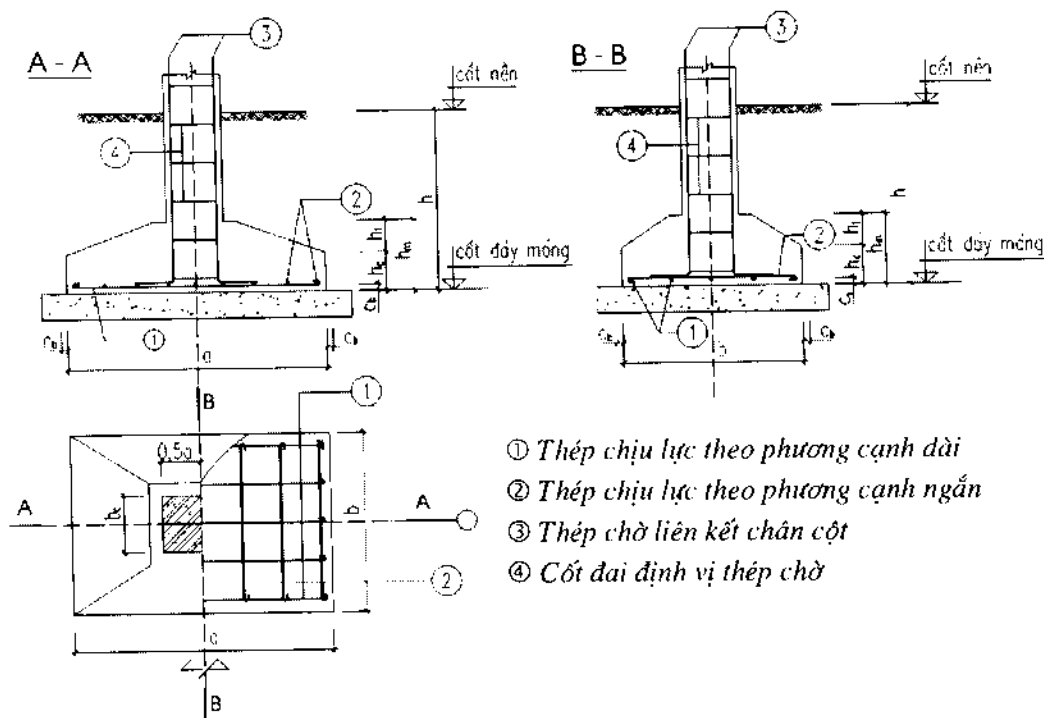
Trong móng giạt cấp, chiều cao các bậc thường lấy ≥ 300 mm

h_m : chiều cao tầng móng. Nó được tính toán từ các điều kiện chịu lực của móng (điều kiện chống xuyên thủng theo hình tháp, điều kiện chịu uốn...)

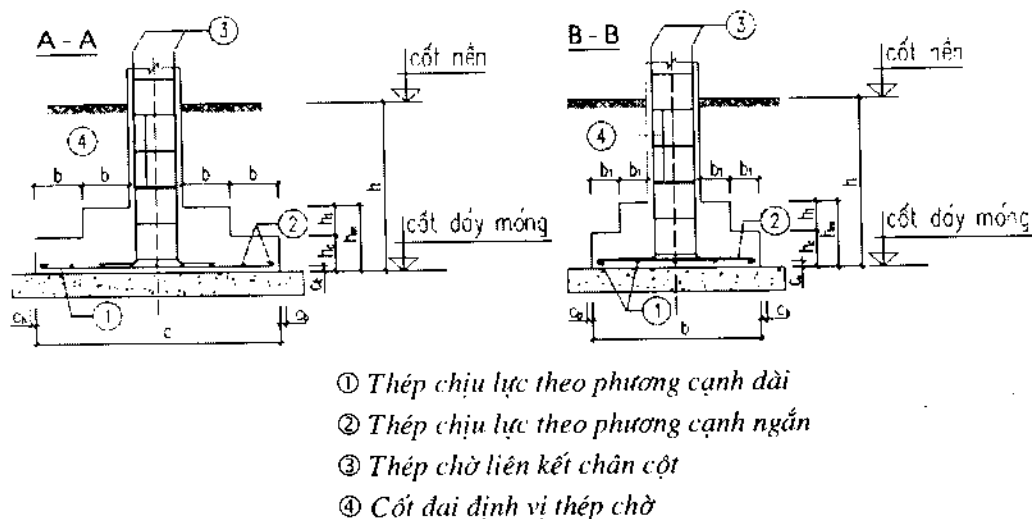
3.2. Cấu tạo cốt thép (Hình 11 - 9)

Trong móng đơn, cốt chịu lực được đặt theo cả hai phương: Thép chịu lực theo phương cạnh dài (a) đặt song song với cạnh dài và đặt dưới. Thép chịu lực theo phương cạnh ngắn đặt song song với phương cạnh ngắn, liền sát và đặt trên cốt chịu lực theo phương cạnh dài. Hai thép này được buộc hoặc hàn với nhau tạo thành lưới đặt cách đáy móng một khoảng theo quy định của lớp bê

tông bảo vệ. Thực chất cốt chịu lực trong móng đơn bố trí như thép trong bản con sơn theo cả hai phương. Tiết diện ngầm tại các cạnh của chân cột.



Hình 11.9a. Bố trí thép trong móng hình tháp

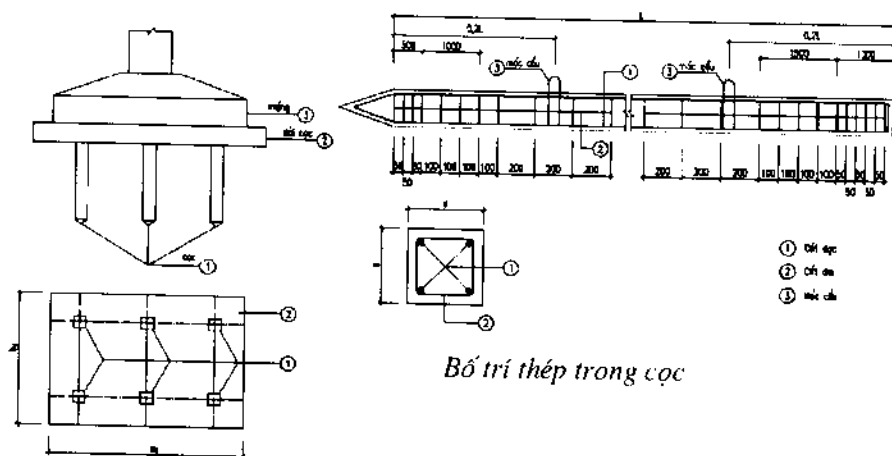


Hình 11.9b. Bố trí thép trong móng đơn giạt cấp

Nền đất ở Hà Nội thuộc loại đất yếu nên nhiều công trình móng không thể đặt trên nền đất tự nhiên được mà phải dùng đến móng cọc BTCT.

Móng cọc là một khối bao gồm các cọc, đài cọc và móng (Hình 11 - 10).

Các cọc được thiết kế và thi công trước rồi mang đóng xuống nền theo thiết kế. Các đỉnh cọc được liên kết với nhau bằng đài cọc đổ tại chỗ. Trên đài cọc đặt móng như móng trên nền tự nhiên.



Hình 11.10. Các bộ phận của móng cọc

Tiết diện cọc và đường kính cốt dọc phụ thuộc chiều dài cọc. Cọc thường dùng tiết diện vuông. Số thanh cốt dọc có thể là 4, 6 hoặc 8 thanh tùy theo kích thước tiết diện.

IV. KHUNG BTCT ĐỔ TẠI CHỖ

Kết cấu khung gồm 3 bộ phận chính là dầm, cột và móng. Phần móng được tính và vẽ riêng. Vì vậy khi thiết kế khung chỉ bao gồm dầm và cột.

Trong khung có ba thành phần nội lực là mô men uốn, lực cắt và lực dọc. Cốt thép trong khung được xác định từ các biểu đồ nội lực.

Cốt thép trong dầm được tính toán và bố trí theo cấu kiện chịu uốn. Cốt thép trong cột được tính theo cấu kiện chịu nén lệch tâm. Theo tính chất làm việc, khung được chia làm 2 loại, khung phẳng và khung không gian.

Khung phẳng là khung chỉ chịu lực theo một phương (phương ngang hoặc phương dọc nhà). Thường khung chịu lực theo phương ngang. Khi đó dầm dọc

Bài tập các chương

- 1.1. Phân biệt kết cấu gỗ, kết cấu thép, kết cấu B.T.C.T.
- 1.2. Các loại tải trọng tác dụng? Đơn vị tải trọng thường dùng?
- 1.3. Nội dung tính toán kết cấu theo T.T.G.H.1, T.T.G.H.2?
- 2.1. Cường độ của gỗ phụ thuộc những yếu tố nào?
- 2.2. Các nhóm gỗ dùng trong xây dựng? Phạm vi sử dụng kết cấu gỗ?
- 3.1. Cho cột nén đứng tâm cao 3m, hai đầu liên kết khớp chịu lực nén tính toán $N_n = 115\text{KN}$ đặt tại đỉnh cột. Cột có tiết diện vuông cạnh 12cm. Kiểm tra khả năng chịu lực (K.N.C.L.) cho cột. Bỏ qua trọng lượng bản thân.
- 3.2. Cho cột có sơ đồ tính & vật liệu như bài 3.1. Thiết kế tiết diện cột.
- 3.3. Cho dầm đơn giản nhịp 4m, chịu tải trọng phân bố đều $q_{lc} = 2,5\text{KN/m}$, hệ số vượt tải $n = 1,28$. Dầm có tiết diện $b \times h = 12 \times 18 \text{ (cm}^2\text{)}$. Dầm dùng gỗ nhóm 6, độ ẩm 18%. Độ võng cho phép $1/250$. Kiểm tra K.N.C.L. cho dầm.
- 3.4. Kiểm tra K.N.C.L. cho dầm đơn giản nhịp 3m, chịu tải trọng tập trung tại giữa nhịp $P = 60\text{KN}$. Biết tiết diện dầm $b \times h = 16 \times 26\text{cm}^2$. Dầm dùng gỗ nhóm 5, độ ẩm 18%. Độ võng cho phép $1/250$.
- 3.5. Thiết kế tiết diện cho dầm có sơ đồ tính & vật liệu như bài 3.4.
- 4.1. Những điều cần chú ý khi sử dụng và thi công kết cấu thép.
- 4.2. Phân biệt một số loại thép thường dùng bằng mắt thường.
- 5.1. Phân biệt liên kết hàn góc với liên kết hàn đối đầu.
- 5.2. Phân biệt đường hàn sống & đường hàn cánh của liên kết hàn thép góc với thép bản.
- 5.3. Phân biệt kí hiệu đường hàn chế tạo và đường hàn lắp ghép cấu kiện. Phân biệt đường hàn gián đoạn nhìn thấy và đường hàn bị che khuất.
- 5.4. Ảnh hưởng của biến hình hàn đến kết cấu.
- 5.5. Thiết kế liên kết hàn có bản ốp dùng đường hàn mép để hàn hai thép cơ bản có tiết diện ngang $F_b = 200 \times 6 \text{ (mm}^2\text{)}$. Liên kết chịu lực kéo $N_k = 350\text{KN}$. Cường độ tính toán của đường hàn góc $R_{gh} = 14\text{KN/cm}^2$.
- 5.6. Tính liên kết hàn giữa hai thép góc $L.75 \times 56 \times 6$ với bản dày 8mm. Lực kéo hai thép góc $N_k = 560\text{KN}$. Cạnh dài của thép góc được hàn với thép bản. $R_{gh} = 1400\text{daN/cm}^2$.
- 5.7. Tính liên kết hàn giữa hai thép góc $L75 \times 7$ với thép bản dày 10mm. Lực kéo hai thép góc 600KN , $R_{gh} = 14\text{KN/cm}^2$.
- 6.1. Các loại cường độ của bê tông nặng.
- 6.2. Mác bê tông là gì? Các loại mác bê tông? Theo khả năng chịu nén bê tông nặng có những loại mác nào? Hãy giải thích các kí hiệu M.200, M250,
- 6.3. Các loại thép dùng làm cốt trong bê tông?
- 7.1. Thiết kế cốt dọc cho dầm đơn giản nhịp 4,5m, chịu tải trọng phân bố đều $q_{ct} = 15,8\text{KN/m}$; hệ số vượt tải $n = 1,25$. Dầm có tiết diện $b \times h = 20 \times 45 \text{ (cm}^2\text{)}$, vật liệu dùng bê tông M.200, thép A-I; $a_{gt} = 3\text{cm}$.

7.2. Kiểm tra K.N.C.L cho dầm đơn giản nhịp 4,2m; chịu tải trọng phân bố đều $q = 25\text{KN/m}$. dầm có tiết diện $20 \times 40(\text{cm}^2)$. Dầm dùng bê tông M.200 thép A-I. Trong dầm đã có $4\phi 16$ làm cốt dọc chịu lực.

7.3. Cho dầm đơn giản nhịp 4,5m, tiết diện $20 \times 45(\text{cm}^2)$. Trên dầm có hai lực tập trung $P = 138\text{KN}$ đặt cách đều hai gối tựa đầu dầm là 1m. Dầm dùng bê tông M.200, thép A-II. Thiết kế cốt dọc cho dầm. Cho $a_{gt} = 5\text{cm}$; $a_{gt} = 3\text{cm}$.

7.4. Cho dầm có sơ đồ tính, tiết diện, vật liệu như bài tập 7-3. Tại miền bê tông chịu nén đã có $2\phi 12$ làm cốt chịu lực. Thiết kế cốt dọc chịu kéo; $a_{gt} = 5\text{cm}$.

7.5. Cho dầm đơn giản nhịp 5,4m. Tải trọng phân bố đều trên dầm $q = 4115\text{daN/m}$. Dầm có tiết diện chữ T với $b \times h = 20 \times 50(\text{cm}^2)$, $b_c \times h_c = 120 \times 8(\text{cm}^2)$ thuộc vùng nén. Dầm dùng bê tông M.250; thép A-II. Thiết kế cốt dọc cho dầm; $a_{gt} = 4\text{cm}$.

7.6. Cho dầm đơn giản nhịp 4,2m; chịu tải trọng phân bố đều $q = 25\text{KN/m}$. dầm có tiết diện $20 \times 40(\text{cm}^2)$. Dầm dùng bê tông M.200 thép A-I. Thiết kế cốt đai cho dầm khi không dùng cốt xiên. Cho $a_{gt} = 3\text{cm}$.

7.7. Cho dầm tiết diện $b \times h = 25 \times 50(\text{cm}^2)$. Lực cắt lớn nhất tại gối tựa.

$Q = 101\text{KN}$. Trong dầm đã uốn $1\phi 20$ lên làm cốt xiên. Thiết kế cốt đai cho dầm. Dầm dùng bê tông M.250, cốt dọc A-II, cốt đai A-I; $a = 3\text{cm}$.

8.1. Cho cột đổ tại chỗ chịu nén đúng tâm cao 4m, hai đầu liên kết khớp. Tiết diện $25 \times 25(\text{cm}^2)$. lực nén tại đỉnh cột $N = 760\text{KN}$. Cột dùng bê tông M.200, thép A-II. Thiết kế cốt thép cho cột.

8.2. Cho cột nén đúng tâm cao 4m. Cột được ngàm với móng, khớp với sàn. Tiết diện cột $20 \times 25(\text{cm}^2)$. Lực nén tại đỉnh cột $N = 550\text{KN}$. Cột dùng bê tông M.200, thép chịu lực loại A-II. Trong cột đã có $4\phi 18$ làm cốt chịu lực. Kiểm tra K.N.C.L. cho cột.

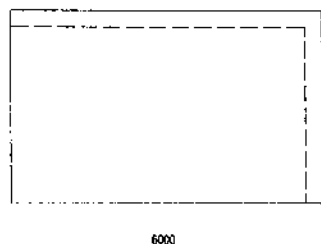
9.1. Thiết kế cốt thép cho sàn như hình vẽ. Biết $q_0 = 788\text{daN/m}^2$.

Sàn dùng bê tông M.200, thép A-I,

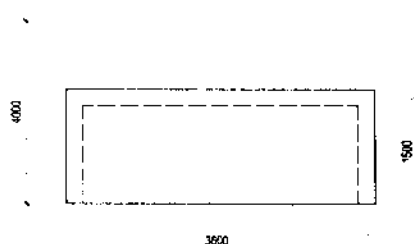
$h_s = 8\text{cm}$. Chiều rộng các gối $b_g = 22\text{cm}$.

Các cạnh khớp của bản được chèn trong tường (hình 1).

9.2. Thiết kế cốt thép cho ô sàn sau. Biết $q_0 = 1100\text{KN/m}^2$. Bản sàn dày 10cm. Sàn dùng bê tông M.200, thép nhóm A-I. Chiều rộng dầm đỡ là 22cm (hình 2).



Hình 1



Hình 2

PHỤ LỤC

Phụ lục 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 dọc thớ	R _k	IV	1,15	11,1
			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 R _{cm} ⁹⁰	IV	0,25/0,25	0,24/0,24
			V	0,28/0,25	0,25/0,22
			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

$$\text{Thường } R_{tr}^{90} = \frac{1}{2} R_u \text{ khi đó } R_u = \frac{R_{tt}}{1 + \sin^3 \alpha}$$

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

Phụ lục 2: Chiều dài tính toán $l_0 = \mu l$

Loại KC	Hệ số μ để tính $l_0 = \mu l$ ứng với 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	 Sơ đồ 1	0,7	 Sơ đồ 2	1	 Sơ đồ 3	2	 Sơ đồ 4

Phụ lục 3: Độ võng tương đối cho phép của cấu kiện gỗ chịu uốn
TCXD 44 -70

Cấu kiện chịu uốn bằng gỗ	$\frac{f}{l}$
1. Dầm sàn	1/250
2. Dầm trần	1/200
3. Xà, gồ, kèo	1/200
4. Cầu phong, ván mái	1/150

Phụ lục 4: Khả năng chịu lực của 1 chốt hoặc đinh

Hình thức làm việc	Kí hiệu	Khả năng chịu lực của mặt cắt (KN)		
		Đinh	Chốt thép	Chốt gỗ
Mặt cắt đối xứng 	T_{em}^3	0,8ad	0,8ad	0,8ad
	T_{em}^c	0,5cd	0,5cd	0,3cd
Mặt cắt không đối xứng 	T_{em}^3	0,8ad	0,8ad	0,5ad
	T_{em}^c	0,35cd	0,35cd	0,2cd
Mặt cắt cả đối xứng và không đối xứng	T_n	$2,5d^2 + 0,01a^2$ và phải $\leq 4d^2$	$1,8d^2 + 0,02a^2$ và phải $\leq 2,5d^2$	$0,45d^2 + 0,002a^2$ và phải $\leq 0,65d^2$

a, c, d tính theo cm thì T tính ra KN

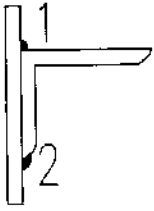
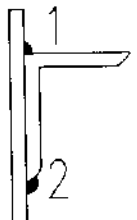
Phụ lục 5: Công thức xác định cường độ tính toán của thép

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

Phụ lục 6: Cường độ tính toán của đường hàn

Đường hàn	Trạng thái ứng suất	Ký 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 $R_g^h = 14 \text{KN/cm}^2$

Phụ lục 7: Phân phối nội lực trong đường hàn liên kết thép góc vào thép bản

Cách liên kết	Sơ đồ liên kết	N^1	N^2
Thép góc cạnh đều		0,7N	0,3N
Thép góc không đều cạnh hàn ghép theo cạnh ngắn		0,75N	0,25N
Thép góc không đều hàn ghép theo cạnh dài		0,65N	0,35N

Phụ lục 8: 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	0,990	0,988	0,986	0,984	0,982	0,980	0,978	0,976	0,974	0,972
20	0,970	0,968	0,966	0,964	0,962	0,960	0,958	0,956	0,954	0,952
30	0,950	0,947	0,944	0,941	0,938	0,935	0,932	0,929	0,926	0,923
40	0,920	0,917	0,914	0,911	0,908	0,905	0,902	0,899	0,896	0,893
50	0,890	0,887	0,884	0,881	0,878	0,875	0,872	0,869	0,866	0,863
60	0,860	0,855	0,850	0,845	0,840	0,835	0,830	0,825	0,820	0,815
70	0,810	0,804	0,798	0,792	0,786	0,780	0,774	0,768	0,762	0,756
80	0,750	0,744	0,738	0,732	0,726	0,722	0,714	0,708	0,702	0,696
90	0,690	0,681	0,672	0,662	0,654	0,645	0,636	0,627	0,618	0,609
100	0,600	0,592	0,584	0,576	0,568	0,560	0,552	0,544	0,536	0,528
110	0,520	0,513	0,506	0,499	0,492	0,485	0,478	0,471	0,464	0,457
120	0,450	0,445	0,440	0,435	0,430	0,425	0,420	0,415	0,410	0,405
130	0,400	0,396	0,392	0,388	0,384	0,380	0,376	0,372	0,368	0,364
140	0,326	0,356	0,352	0,348	0,344	0,340	0,336	0,332	0,328	0,324
150	0,320	0,317	0,314	0,311	0,308	0,305	0,302	0,299	0,296	0,293
160	0,290	0,287	0,284	0,281	0,278	0,275	0,272	0,269	0,266	0,263
170	0,260	0,257	0,254	0,251	0,248	0,245	0,242	0,239	0,236	0,233
180	0,230	0,228	0,226	0,224	0,222	0,220	0,218	0,216	0,214	0,212
190	0,210	0,208	0,206	0,204	0,202	0,200	0,198	0,196	0,194	0,192
200	0,190	0,188	0,186	0,184	0,182	0,180	0,178	0,176	0,174	0,172
210	0,170	0,169	0,168	0,167	0,166	0,165	0,164	0,163	0,162	0,161
220	0,160	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Phụ lục 9: Đặc trưng hình học của tiết diện thép góc đều cạnh

(Theo TCVN 1656 - 1975)

Các ký hiệu:

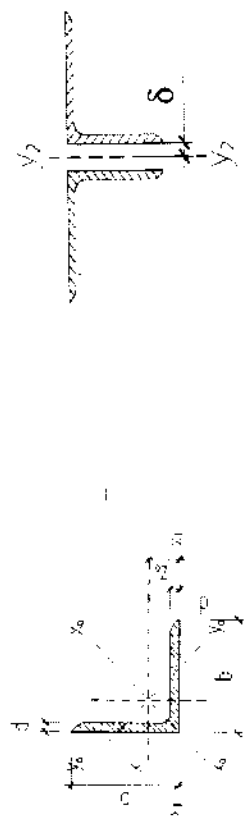
b - Bề rộng cánh

d - Bề dày cánh

J - Mô men 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 1m dài KG	Trị số đối với các trục										Bán kính quán tính r_{y2} (cm) khi δ bằng			
					x-x		$x_0 - x_0$		$y_0 - y_0$		$x_1 - x_1$							
	b	d			J_x cm^4	r_x cm	J_{x0} cm^4	r_{x0} cm	J_{y0} cm^4	J_{y0} cm^4	J_{x1} cm^4	z_0 cm	10 mm	12 mm	14 mm	16 mm		
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
4			3	2,35	3,55	1,85	1,23	5,63	1,55	1,47	0,79	6,35	1,09	-	-	-	-	
	40		4	3,08	2,42	4,58	1,22	7,26	1,53	1,90	0,78	8,53	1,13	-	-	-	-	
			5	3,79	2,97	5,53	1,20	8,75	1,54	2,39	0,79	10,75	1,17	-	-	-	-	
4,5			3	2,65	2,08	5,13	1,39	8,13	1,75	2,12	0,89	9,04	1,21	-	-	-	-	
	45		4	3,48	2,73	6,63	1,38	10,5	1,71	2,74	0,89	12,10	1,26	-	-	-	-	
			5	4,2	3,37	8,03	8,03	12,7	1,72	3,33	0,88	15,3	1,30	-	-	-	-	

5	50	3	2,96	2,32	7,11	1,55	11,3	1,95	2,95	1,00	12,40	1,33	-	-	-
		4	3,89	3,05	9,21	1,54	14,6	1,94	3,80	0,99	16,60	1,38	2,43	2,51	2,58
		5	4,86	3,77	11,20	1,53	17,8	1,92	4,63	0,98	20,90	1,42	2,45	2,53	2,61
5,6	56	4	4,38	3,44	13,1	1,73	20,8	2,18	5,41	1,11	23,3	1,52	2,66	2,74	2,81
		5	5,41	4,25	16	1,72	25,4	2,16	6,59	1,10	29,2	1,57	2,69	2,77	2,85
		4	4,96	3,90	18,90	1,95	29,9	2,45	7,81	1,25	33,1	1,69	2,93	3,01	3,09
6,3	63	5	6,13	4,81	23,10	19,4	36,6	2,44	9,52	1,25	41,5	1,74	2,96	3,04	3,12
		6	7,28	5,72	27,10	1,93	42,9	2,43	11,2	1,24	50	1,78	2,99	3,06	3,14
		4,5	6,20	4,87	29,00	2,16	46	2,72	12	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
7	70	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
		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
7,5	75	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	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
8	80	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
		7	10,80	8,51	65,30	2,45	104	3,09	27,0	1,58	119	2,23	3,67	3,75	3,82
		8	12,80	9,65	73,40	2,44	116	3,08	30,3	1,57	137	2,27	3,69	3,77	3,84
		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
9	90	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
		9	15,60	12,2	118	2,75	186	3,46	48,6	1,77	219	2,55	4,11	4,18	4,25
10	100	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
		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
11	110	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
12,5	125	8	19,7	15,5	294	3,87	467	4,87	122	2,49	516	3,36	5,46	5,53	5,60
		9	22,0	17,3	327	3,86	520	4,86	135	2,48	582	3,40	5,48	5,56	5,63
		10	24,3	19,1	360	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
		14	33,4	26,2	482	3,80	764	4,78	200	2,45	916	3,61	5,60	5,67	5,71
		16	37,8	29,6	539	3,78	853	4,75	224	2,44	1051	3,68	5,63	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	7,06	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
20	200	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
		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		9,78	1942	4,98	8286	6,75	10,62	10,69	10,75
		18	87,7	68,9	5217	7,73	7492	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

Phụ lục 10: Đặc trưng của tiết diện thép góc không đều cạnh

(Theo TCVN 1657 - 1975)

Các ký hiệu:

B - Bề rộng cánh lớn

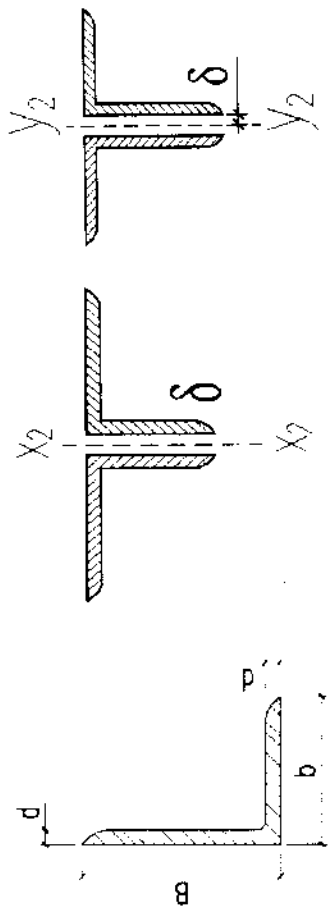
d - Bề rộng cánh nhỏ

δ - Bề dày cánh

J - Mô men quán tính

r - Bán kính quán tính

x_o, y_o - Khoảng từ mép đến trọng tâm



Kích thước, mm				Diện tích tiết diện cm ²	Trọng lượng 1m KG	Trị số đối với các trục										Bán kính quán tính khi δ, mm							
Số hiệu	B	b	d			x - x		y - y		x ₁ - x ₁		y ₁ - y ₁		u - u		r _{x2} , cm				r _{y2} , cm			
						Jx'	rx'	Jy'	ry'	Jx ₁	y ₀ '	Jy ₁	x ₀ '	Ju _{min}	ru _{min}	10 mm	12 mm	14 mm	10 mm	12 mm	14 mm		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
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		
				4,11	3,46	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		
6,3/4	63	40	4	4,04	3,17	16,3	2,01	5,16	1,13	33,0	2,03	8,51	0,91	3,07	0,87	3,23	3,31	3,39	1,80	1,88	1,96		
			5	4,98	3,91	19,9	2,00	6,26	1,12	41,4	2,03	10,8	0,95	3,73	0,86	3,26	3,34	3,42	1,83	1,91	1,99		
			6	5,90	4,63	23,3	1,99	7,28	1,11	49,9	2,12	13,1	0,99	4,36	0,86	3,29	3,37	3,45	1,86	1,94	2,02		

			8	7,68	6,03	29,6	1,96	9,15	1,09	66,9	2,20	17,9	1,07	5,58	0,85	3,34	3,42	3,50	1,91	2,00	2,08
7/4,5	70	45	5	5,59	4,39	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
7,5/5	75	50	5	6,11	4,79	34,8	2,39	12,5	1,43	69,8	2,39	20,8	1,17	7,24	1,09	3,75	3,83	3,90	2,20	2,28	2,35
			6	7,25	5,69	40,9	2,38	14,6	1,42	83,9	2,44	25,2	1,21	8,48	1,08	3,78	3,86	3,94	2,22	2,30	2,38
			8	9,47	7,43	52,4	2,35	18,5	1,40	112	2,52	34,2	1,29	10,90	1,07	3,83	3,91	3,98	2,27	2,35	2,43
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
			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
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	2,51
			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	2,53
			8	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
10/6,3	100	63	6	9,59	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	2,77
			7	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	2,78
			8	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	2,82
			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	2,87
11/7	110	70	6,5	11,4	8,98	142	3,53	45,6	2,00	286	3,55	74,3	1,58	26,9	1,53	5,38	5,45	5,53	2,89	2,97	3,04
			8	13,9	10,9	172	3,54	54,6	1,98	353	3,61	92,3	1,64	32,3	1,52	5,41	5,49	5,55	2,92	2,99	3,06
12,5/8	125	90	7	14,1	11,0	227	4,01	73,7	2,29	452	4,01	119	1,80	43,4	1,76	6,04	6,11	6,18	3,24	3,31	3,39
			8	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
			10	19,7	15,5	312	3,98	100	2,26	649	4,14	173	1,92	59,3	1,74	6,11	6,19	6,27	3,31	3,38	3,46
			12	23,4	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
14/9	140	90	8	18,0	14,1	364	4,49	120	2,58	727	4,49	194	2,03	70,3	1,98	6,72	6,79	6,86	3,61	3,69	3,76
			10	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

16/10	160	90	9	22,9	18,0	606	5,15	186	2,85	1221	5,19	300	2,23	110	2,20	7,67	7,75	7,82	3,95	4,02	4,09
			10	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
			12	30,0	23,6	784	5,11	239	2,82	1631	5,32	405	2,56	142	2,18	7,74	7,82	7,90	4,02	4,09	4,16
			14	3,47	27,3	897	5,08	272	2,80	1910	5,40	477	2,43	162	2,16	7,70	7,85	7,93	4,05	4,13	4,20
18/11	180	110	10	28,3	22,2	952	5,80	276	3,12	1933	5,88	444	2,44	165	2,42	8,62	8,70	8,77	4,29	4,36	4,48
			12	33,7	26,4	1123	5,77	324	3,10	2324	5,97	537	2,52	194	2,40	8,67	8,75	8,82	4,33	4,40	4,47
20/12,5	200	125	11	34,9	27,4	1149	6,45	446	3,58	2920	6,50	718	2,79	264	2,75	9,51	9,59	9,66	4,86	4,93	5,00
			12	37,9	29,7	1588	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
			14	43,9	34,4	1801	6,41	551	3,54	3726	6,62	922	2,91	327	2,73	9,58	9,65	9,73	4,92	4,99	5,06
			16	49,8	39,1	2026	6,38	617	3,52	4264	6,71	1061	2,99	367	2,72	9,63	9,70	9,78	4,95	5,03	5,10
25/16	250	160	12	48,3	37,9	2147	8,07	1031	4,62	6212	7,97	1634	2,53	604	3,54	11,70	11,77	11,84	6,13	6,20	6,26
			16	63,6	49,9	4091	8,02	1331	4,58	8308	8,14	2200	3,69	781	3,50	11,78	11,86	11,93	6,21	6,27	6,34
			18	71,1	55,8	4545	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
			28	78,5	61,7	4987	7,97	1613	4,53	10440	8,31	2776	3,85	949	3,48	11,88	11,95	12,02	6,28	6,35	6,42

Phụ lục 11: Đặc trưng của thép định hình tiết diện I

(Theo TCVN 1655 - 1975)

Các ký hiệu:

h - Chiều cao dầm

b - Bề rộng dầm

d - Bề dày bản bụng

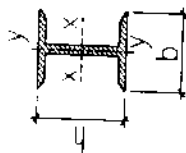
t - Bề dày trung bình của cánh

J - Mô men quán tính

W - Mô men chống uốn

S - Mô men tĩnh của nửa tiết diện

r - Bán kính quán tính

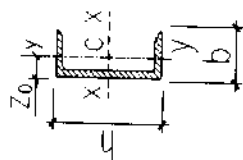


Số hiệu thép hình	Kích thước, mm				Diện tích tiết diện cm ²	Trọng lượng 1m KG	Đặc trưng tiết diện theo các trục								Xoắn đầm J _x cm ⁴
	h	b	d	t			x - x				y - y				
							J _x cm ⁴	W _x cm ³	r _x cm	S _x cm ³	J _y cm ⁴	W _y cm ³	r _y cm		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
10	100	55	4,5	7,2	12,0	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	22,71	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
24a	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	100,0	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

Phụ lục 12: Đặc trưng của thép định hình hình tiết diện C

(Theo TCVN 1654 - 1975)



Các ký hiệu:

h - Chiều cao

b - Bề rộng cánh

d - Bề dày bản bụng

t - Bề dày trung bình của cánh

J - Mô men quán tính

W - Mô men chống uốn

S - Mô men tĩnh của nửa tiết diện

r - Bán kính quán tính

Z₀ - Khoảng cách từ trục y - y

Số hiệu thép hình	Trọng lượng 1m dài KG	Kích thước, mm				Diện tích tiết diện cm ²	Đặc trưng tiết diện theo các trục							
		h	b	d	t		x - x			y - y				
							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
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	8,89	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	5310	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	716	15,7	444	642	73,4	3,23	2,75

Phụ lục 13: Các hệ số để tính chiều dài neo l_{neo}

Điều kiện làm việc của cốt thép	Hệ số m_{neo}		Hệ số λ	l_{neo} không được lấy nhỏ hơn
- 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 bê tông chịu kéo	0,5	0,8	8	15d và 200mm
- Mối nối chồng trong vùng bê tông chịu kéo	0,9	1,5 5	11	30d và 250mm
- Mối nối chồng trong vùng bê tông chịu nén	0,65	1	8	15d và 200mm

Phụ lục 14: Các loại mác bê tông theo cường độ chịu nén (Bê tông nặng)

Tiêu chuẩn	Mác bê tông											
TCVN 5574 - 1991	100	150	200	250	300	350	400	500	600			
TCVN 6025 - 1995	10	12,5	15	20	25	30	35	40	45	50	60	

Phụ lục 15: Cường độ tính toán gốc và mô đun đàn hồi của bê tông
(Tính theo KN/cm^2)

Ký hiệu	Giá trị tính theo KN/cm^2 ứng với mác bê tông theo chịu nén							
	150	200	250	300	350	400	500	600
R_n	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

Phụ lục 16: 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 bê tông tiếp tục tăng cường độ theo thời gian	1
- Môi trường làm cường độ bê tông không đảm bảo tăng theo thời gian	0,85
- Kết cấu ở nơi khô, nóng, nắng (mà không được che phủ)	0,9
- Cột đúc bê tông theo phương đứng mỗi lớp đổ dày hơn 1,5 cm	0,85
- Cột đúc bê tông theo phương đứng cạnh lớn của tiết diện dưới 30 cm	0,85
- Đường hộ bê tông bằng chung hấp áp lực cao	0,9

Phụ lục 17: Giá trị của hệ số α_0 của BTCT

Cường độ chịu kéo của cốt thép R_s (KN/cm ²)	Hệ số α_0 ứng với mác chịu nén của bê tông 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

Phụ lục 18: 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_s
	Về kéo R_s	Về nén R'_s	Khi tính cốt đai và cốt xiên R_{sd}	
C - I	20	20	16	21000
C - II	26	26	21	21000
C - III	34	34	27	20000
C - IV	50	36	40	20000

Phụ lục 19: Cường độ tính toán và mô đun đàn hồi của cốt thép ngoại nhập

(Tính theo KN/cm^2)

Nhóm cốt thép	Các loại cường độ tính toán			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

Phụ lục 20: Hệ số uốn dọc φ đối với bê tông nặng

Tiết diện	Bất kỳ $\frac{l_0}{r}$	28	35	48	62	76	90	110	130
	Chữ nhật $\frac{l_0}{b}$	8	10	14	18	22	26	32	38
	Tròn $\frac{l_0}{D}$	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_0 : 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

Phụ lục 21: 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	0,058	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	0,725	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
$\alpha = \frac{x}{h_0}$			$\gamma = 1 - \frac{\alpha}{2}$			$A = \alpha(1 - \frac{\alpha}{2})$		

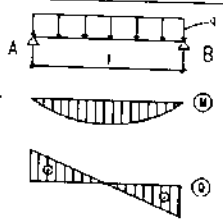
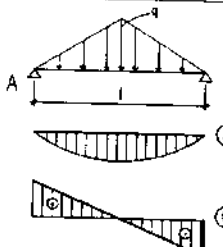
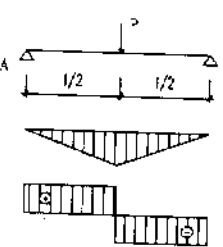
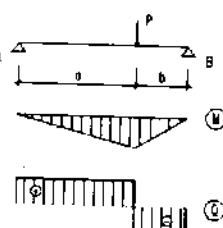
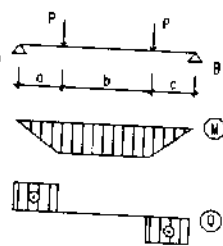
Phụ lục 22: Diện tích và trọng lượng cốt thép tròn

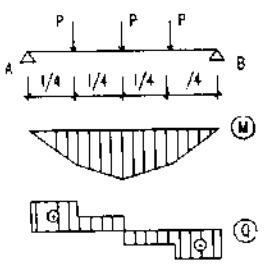
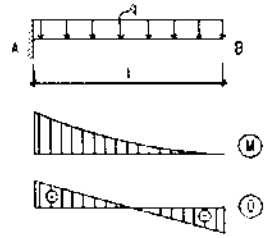
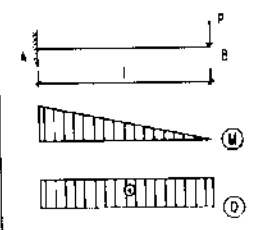
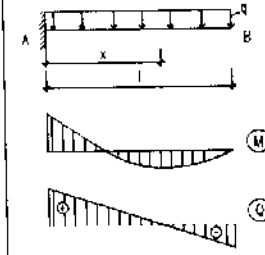
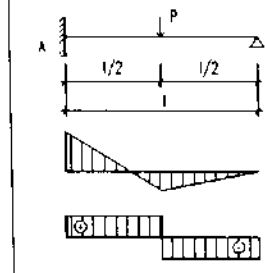
Đường kính thanh thép (mm)	Diện tích tiết diện ngang (cm ²) ứng với số lượng thanh									Trọng lượng 1m (dài) KG
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
3	0,071	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,57	0,64	0,065
4	0,126	0,25	0,38	0,5	0,63	0,75	0,88	1,01	1,13	0,099
5	0,196	0,39	0,59	0,79	0,98	1,18	1,37	1,57	1,77	0,154
6	0,283	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	30,79	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	77,40	87,96	100,5	113,1	9,890

Phụ lục 23: Diện tích cốt thép quy đổi trên dải bản rộng 1m*(Khi cốt thép đặt rải đều thành lưới)*

Khoảng cách giữa các thanh thép (cm)	Diện tích thép (cm ²) cho dải 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

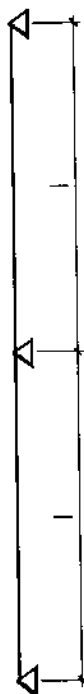
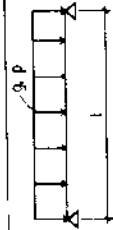
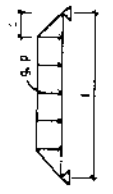
Phụ lục 24: Trị số $Q_{\max}$, $M_{\max}$ và $f_{\max}$ của dầm 1 khẩu độ

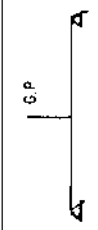
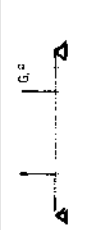
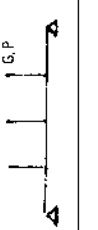
STT	Sơ đồ tải trọng	$Q_{\max}$	$M_{\max}$	$f_{\max}$
1		$Q_A = -Q_B = \frac{ql}{2}$	$M = \frac{ql^2}{2}$	$\frac{5ql^2}{384B}$
2		$Q_A = -Q_B = 0,25ql$	$M = 0,083ql^2$	$\frac{ql^4}{120B}$
3		$Q_A = -Q_B = 0,5P$	$M = 0,25Pl$	$\frac{Pl^3}{48B}$
4		$Q_A = \frac{Pb}{l}$ $Q_B = -\frac{Pa}{l}$	$M = \frac{Pab}{l}$	$\frac{P.a^2.b^2}{3Bl}$ Với $x = a$
5		$Q_A = -Q_B = P$	$M = Pa$	$\frac{Pl^3}{24B} \left[\frac{3l^2}{a^2} - 4 \right]$ Với $x = \frac{1}{2}$

STT	Sơ đồ tải trọng	$Q_{\max}$	$M_{\max}$	$f_{\max}$
6		$Q_A = -Q_B = 1,5P$	$M = 0,5Pl$	$\frac{0,049Pl^3}{B^2}$
7		$Q_A = ql$	$M_A = -0,5ql^2$	$0,125 \cdot \frac{Pl^4}{B}$
8		$Q_A = P$	$M_A = -Pl$	$\frac{0,333Pl^3}{B}$
9		$Q_A = \frac{5ql}{8}$ $Q_B = -\frac{3ql}{8}$	$M_{\max} = \frac{9ql^2}{128}$ Với $x=0,625l$ $M_A = \frac{ql^2}{8}$	$0,0054 \frac{ql^2}{B}$
10		$Q_A = \frac{11P}{16}$ $Q_B = -\frac{5P}{16}$	$M_{\max} = \frac{5Pl}{32}$ $M_A = -\frac{3Pl}{16}$	$0,0093 \frac{Pl^3}{B^2}$

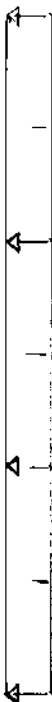
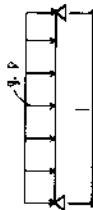
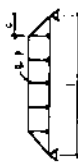
STT	Sơ đồ tải trọng	$Q_{\max}$	$M_{\max}$	$f_{\max}$
11		$Q_A = \frac{Pb}{2l} \left(3 - \frac{b^2}{l^2} \right)$ $Q_B = \frac{Pa^2}{2l^2} \left(2 + \frac{b}{l} \right)$	$M_{\max} = 0,174Pl$ $M_A = -\frac{Pab}{2l^2} (b+l)$	$0,0098 \cdot \frac{Pl^3}{B}$
12		$Q_A = -Q_B = \frac{ql}{2}$	$M_{\max} = \frac{ql^2}{24}$ $M_A = M_B = -\frac{ql^2}{12}$	$\frac{Pl^4}{384B}$
13		$Q_A = -Q_B = 0,5P$	$M_{\max} = \frac{Pl}{8}$ $M_A = M_B = -\frac{Pl}{8}$	$\frac{Pl^3}{192B}$
14		$Q_A = \frac{Pb^2}{l^3} (3a+b)$ $Q_B = -\frac{Pa^2}{l^3} (a+3b)$	$M_{\max} = \frac{2Pa^2b^2}{l^3}$ $M_A = \frac{Pab^2}{l^2}$ $M_B = -\frac{Pba^2}{l^2}$	$\frac{Pa^3b^3}{3l^3B}$

Phụ lục 25: Các hệ số α , β , γ , a và b để tính mômen uốn và lực cắt ở bản và dầm liên tục có khẩu độ bằng nhau, tải trọng đối xứng

Sơ đồ tải trọng	Dầm 1 nhíp		Dầm 2 nhíp							
										
	M	Q	M_B		Q_A		Q_{B1}		-a	-b
	α	a	$+\alpha$	$+\beta$	$-\alpha$	$-\beta$	$+\alpha$	$+\beta$		
	0,125	0,500	0,070	0,096	0,125	0,125	0,375	0,437	0,625	0,625
	0,10	0,450	0,069	0,094	0,123	0,123	0,330	0,389	0,573	0,573
	0,20	0,400	0,067	0,091	0,116	0,116	0,285	0,372	0,372	0,516
	0,25	0,375	0,065	0,088	0,112	0,112	0,265	0,320	0,320	0,486
	0,30	0,350	0,063	0,085	0,106	0,106	0,245	0,297	0,297	0,456
	0,35	0,325	0,060	0,081	0,100	0,100	0,225	0,276	0,276	0,425
	0,098	0,300	0,056	0,076	0,093	0,096	0,207	0,254	0,254	0,393
	0,40	0,275	0,052	0,071	0,086	0,086	0,190	0,233	0,233	0,361
	0,083	0,047	0,064	0,078	0,078	0,078	0,172	0,211	0,328	0,328
	0,063	0,029	0,046	0,068	0,068	0,068	0,184	0,200	0,316	0,316

	0,250	0,500	0,156	0,203	0,188	0,188	0,312	0,406	0,688	0,688
	0,333	0,000	0,222	0,273	0,333	0,333	0,667	0,833	0,1334	0,1334
	0,500	1,500	0,265	0,383	0,469	0,383	1,042	1,266	1,958	1,958

Phụ lục 25: Các hệ số α , β , γ , a và b để tính mômen uốn và lực cắt ở bản và dầm liên tục có khẩu độ bằng nhau, tải trọng đối xứng (tiếp)

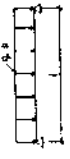
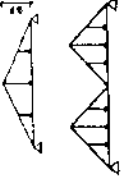
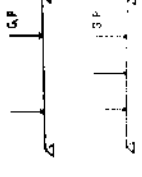
Sơ đồ tải trọng		Dầm 3 nhịp														
				M_1		M_B		M_2			Q_A		Q_{B1}		Q_{B2}	
				$+\alpha$	$+\beta$	$-\alpha$	$-\beta$	$+\alpha$	$+\beta$	$-\gamma$	$+\alpha$	$+\beta$	$-\alpha$	$-\beta$	$+\alpha$	$+\beta$
		0,080	0,101	0,100	0,117	0,025	0,075	0,050	0,400	0,450	0,600	0,617	0,500	0,583		
	0,10	0,079	0,100	0,098	0,115	0,025	0,074	0,049	0,352	0,401	0,548	0,564	0,450	0,532		
	0,20	0,076	0,096	0,093	0,109	0,025	0,072	0,047	0,307	0,354	0,493	0,509	0,400	0,478		
	0,25	0,074	0,093	0,089	0,104	0,025	0,070	0,045	0,286	0,330	0,464	0,480	0,375	0,450		
	0,30	0,071	0,089	0,085	0,099	0,025	0,068	0,043	0,265	0,308	0,435	0,449	0,350	0,421		
	$\frac{c}{l}$	0,068	0,085	0,080	0,094	0,025	0,065	0,041	0,246	0,286	0,405	0,418	0,325	0,329		
	0,40	0,064	0,080	0,075	0,087	0,024	0,061	0,038	0,226	0,263	0,374	0,387	0,300	0,363		
	0,45	0,059	0,074	0,069	0,081	0,023	0,057	0,035	0,207	0,240	0,344	0,355	0,275	0,333		

	0,054	0,068	0,063	0,073	0,021	0,052	0,031	0,188	0,219	0,313	0,323	0,250	0,302
	0,036	0,049	0,053	0,062	0,010	0,036	0,027	0,197	0,224	0,303	0,312	0,250	0,295
	0,175	0,213	0,150	0,175	0,067	0,175	0,075	0,350	0,425	0,650	0,675	0,500	0,625
	0,244	0,289	0,267	0,311	0,100	0,200	0,133	0,733	0,866	0,267	1,311	1,000	1,222
	0,313	0,406	0,375	0,437	0,125	0,313	0,188	1,125	1,313	1,875	1,938	1,500	1,812

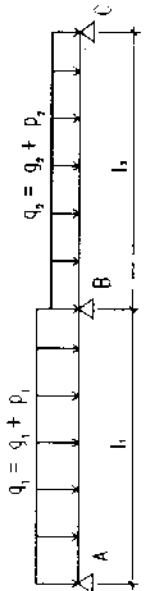
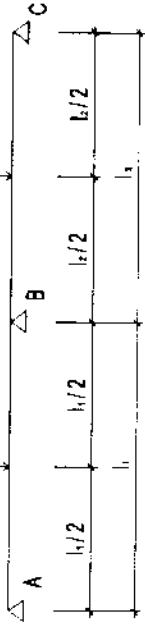
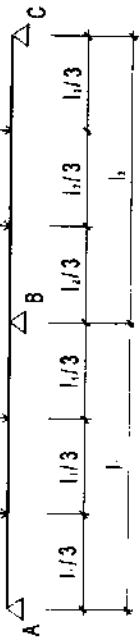
Phụ lục 25: Các hệ số α , β , γ , a và b để tính mômen uốn và lực cắt ở bản và dầm liên tục có khẩu độ bằng nhau, tải trọng đối xứng (tiếp)

Dầm 4 nhịp																		
Sơ đồ tải trọng	M ₁			M _B		M ₂			M _C		Q _A		Q _{B1}		Q _{B2}		Q _C	
	+α	-α	+β	-α	-β	+α	+β	-γ	-α	-β	+α	+β	-a	-b	+a	+b	-a	-b
	0,077	0,010	0,107	0,036	0,081	0,045	0,071	0,107	0,393	0,446	0,607	0,620	0,536	0,603	0,464	0,571		
	0,10	0,076	0,099	0,036	0,080	0,044	0,070	0,105	0,345	0,398	0,555	0,568	0,485	0,550	0,415	0,522		
	0,20	0,073	0,094	0,035	0,077	0,042	0,067	0,100	0,300	0,350	0,500	0,512	0,433	0,495	0,367	0,466		
	0,25	0,071	0,091	0,035	0,075	0,040	0,064	0,096	0,280	0,328	0,472	0,482	0,406	0,466	0,343	0,440		
	0,30	0,069	0,088	0,034	0,072	0,038	0,061	0,091	0,259	0,305	0,441	0,452	0,380	0,437	0,320	0,410		
	0,35	0,065	0,084	0,033	0,069	0,036	0,057	0,085	0,240	0,283	0,410	0,420	0,351	0,406	0,296	0,380		
	0,40	0,062	0,078	0,032	0,065	0,034	0,053	0,080	0,220	0,260	0,380	0,390	0,327	0,376	0,263	0,353		
0,45	0,057	0,073	0,030	0,061	0,031	0,049	0,074	0,202	0,238	0,349	0,358	0,300	0,343	0,250	0,323			
0,052	0,069	0,067	0,028	0,056	0,028	0,045	0,067	0,183	0,216	0,317	0,325	0,272	0,313	0,228	0,294			
0,040	0,048	0,057	0,015	0,039	0,024	0,038	0,057	0,193	0,222	0,307	0,314	0,269	0,305	0,231	0,288			
0,169	0,210	0,161	0,046	0,183	0,067	0,107	0,161	0,339	0,420	0,661	0,681	0,553	0,654	0,449	0,607			
0,238	0,286	0,286	0,111	0,222	0,111	0,191	0,286	0,714	0,857	1,286	1,286	1,095	1,274	0,905	1,190			
0,299	0,40	0,402	0,165	0,333	0,167	0,268	0,402	1,096	1,299	1,902	1,902	1,634	1,885	1,366	1,718			

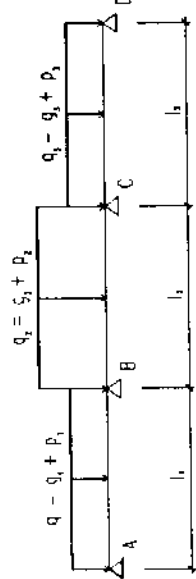
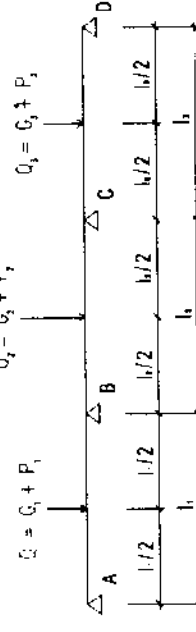
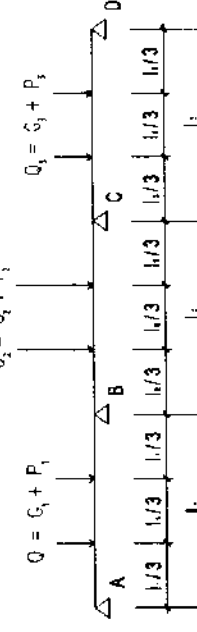
Phụ lục 25: Các hệ số α , β , γ , a và b để tính mômen uốn và lực cắt ở bản và dầm liên tục có khẩu độ bằng nhau, tải trọng đối xứng (tiếp)

Số đồ tải trọng		Dầm 5 nhịp															
		M_1		M_2		M_3		M_4		Q_{a1}		Q_{a2}		Q_{a3}		Q_{a4}	
		$+\alpha$	$-\beta$	$+\alpha$	$-\beta$	$+\alpha$	$-\beta$	$+\alpha$	$-\beta$	$+\alpha$	$-\beta$	$+\alpha$	$-\beta$	$+\alpha$	$-\beta$	$+\alpha$	$-\beta$
 $\frac{C}{l}$	0,10	0,077	0,099	0,103	0,033	0,078	0,078	0,078	0,090	0,045	0,085	0,347	0,399	0,553	0,567	0,426	0,525
	0,20	0,074	0,095	0,098	0,111	0,032	0,075	0,074	0,100	0,044	0,082	0,302	0,351	0,498	0,511	0,376	0,470
	0,25	0,072	0,092	0,094	0,106	0,032	0,073	0,071	0,099	0,043	0,079	0,282	0,328	0,468	0,481	0,352	0,442
	0,30	0,069	0,088	0,089	0,101	0,031	0,070	0,068	0,094	0,040	0,076	0,261	0,305	0,439	0,452	0,329	0,414
	0,35	0,066	0,084	0,084	0,096	0,030	0,067	0,064	0,089	0,040	0,073	0,241	0,283	0,409	0,420	0,305	0,385
 $\frac{C}{l}$	0,40	0,062	0,079	0,079	0,089	0,029	0,064	0,060	0,083	0,039	0,069	0,222	0,261	0,378	0,389	0,281	0,357
	0,45	0,057	0,074	0,072	0,082	0,028	0,059	0,055	0,076	0,037	0,064	0,204	0,239	0,346	0,356	0,258	0,328
		0,053	0,068	0,066	0,075	0,026	0,055	0,050	0,070	0,034	0,059	0,184	0,217	0,316	0,325	0,234	0,301
		0,035	0,049	0,046	0,054	0,014	0,038	0,042	0,059	0,021	0,042	0,194	0,222	0,306	0,313	0,237	0,291
		0,071	0,211	0,158	0,179	0,112	0,181	0,118	0,160	0,132	0,191	0,342	0,421	0,653	0,679	0,460	0,615
 $\frac{C}{l}$	0,140	0,287	0,281	0,319	0,100	0,211	0,211	0,211	0,290	0,122	0,228	0,719	0,860	1,281	1,319	0,930	1,204
		0,302	0,401	0,395	0,449	0,155	0,296	0,296	0,417	0,204	0,352	1,302	1,302	1,895	1,949	1,401	1,787

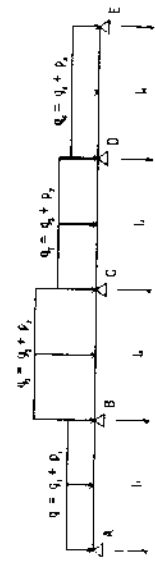
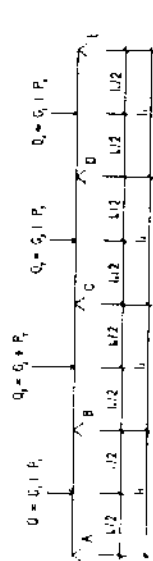
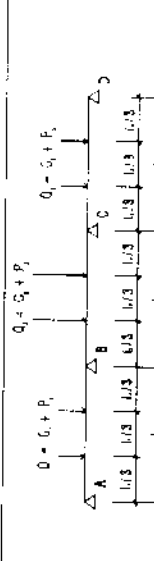
Phụ lục 26: Tính mômen uốn cho dầm có nhịp không đều, tải trọng tác dụng không đều đặt đối xứng trên mỗi nhịp

Sơ đồ tính	M	Mô men uốn	
		Do khẩu độ thứ nhất	Do khẩu độ thứ hai
	M_1	$0,0938q_1l_1^2$	$-0,0313q_2l_2^2$
	M_B	$-0,0625q_1l_1^2$	$-0,0625q_2l_2^2$
	M_2	$-0,0314q_1l_1^2$	$0,0938q_2l_2^2$
	M_1	$0,2030Q_1l_1$	$-0,0467G_1l_1$
	M_B	$-0,0938Q_1l_1$	$-0,0938Q_2l_1$
	M_2	$-0,0467G_1l_1$	$0,2030Q_1l_1$
	M_1	$0,2778Q_1l_1$	$-0,0556G_1l_1$
	M_B	$-0,1667Q_1l_1$	$-0,1667Q_2l_1$
	M_2	$-0,0556G_1l_1$	$0,2778Q_1l_1$

Phụ lục 26: Tính mô men uốn cho dầm có nhịp không đều, tải trọng tác dụng không đều đặt đối xứng trên mỗi nhịp (tiếp)

Sơ đồ tính	M	Mô men uốn		
		Do khẩu độ thứ 1	Do khẩu độ thứ 2	Do khẩu độ thứ 3
	M_1	$+0,092q_1l_1^2$	$-0,025g_3l_3^2$	$+0,008q_3l_3^2$
	M_B	$-0,067q_1l_1^2$	$-0,050q_3l_3^2$	$+0,017g_3l_3^2$
	M_2	$-0,025g_1l_1^2$	$+0,075q_2l_2^2$	$-0,025g_3l_3^2$
	M_C	$+0,017g_1l_1^2$	$-0,050q_3l_3^2$	$-0,067q_3l_3^2$
	M_3	$+0,008q_1l_1^2$	$-0,025g_3l_3^2$	$+0,092q_3l_3^2$
	M_1	$+0,200Q_1l_1$	$-0,038G_2l_2$	$+0,013Q_3l_3$
	M_B	$-0,100Q_1l_1$	$-0,075Q_2l_2$	$+0,025G_3l_3$
	M_2	$-0,038G_1l_1$	$+0,200Q_2l_2$	$-0,100Q_3l_3$
	M_C	$+0,025G_1l_1$	$-0,075Q_2l_2$	$-0,100Q_3l_3$
	M_3	$+0,013Q_1l_1$	$-0,038G_2l_2$	$+0,200Q_3l_3$
	M_1	$+0,274Q_1l_1$	$-0,044G_2l_2$	$+0,015Q_3l_3$
	M_B	$+0,178G_1l_1$	$-0,044Q_2l_2$	$-0,044Q_3l_3$
	M_2	$-0,104G_2l_2$	$+0,200Q_2l_2$	$-0,104G_3l_3$
	M_C	$+0,044G_1l_1$	$-0,133Q_2l_2$	$-0,178Q_3l_3$
	M_3	$+0,015Q_1l_1$	$-0,044G_2l_2$	$+0,274Q_3l_3$

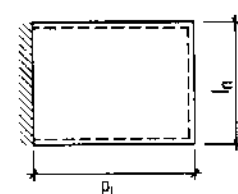
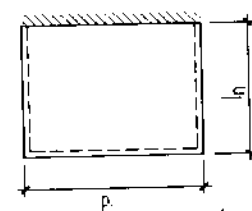
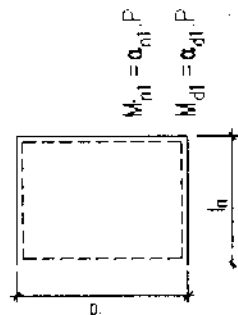
Phụ lục 26: Tính mô men uốn cho dầm có nhịp không đều, tải trọng tác dụng không đều đặt đối xứng trên mỗi nhịp (tiếp)

Sơ đồ tính	M	Mô men uốn			
		Do khẩu độ 1	Do khẩu độ 2	Do khẩu độ 3	Do khẩu độ 4
	M_1	$+0,092q_1l_1^2$	$-0,007g_1l_2^2$	$+0,007q_1l_3^2$	$-0,002g_4l_4^2$
	M_B	$-0,067q_1l_1^2$	$-0,049q_2l_2^2$	$+0,013g_3l_3^2$	$-0,005q_4l_4^2$
	M_2	$-0,025g_1l_1^2$	$+0,020q_2l_2^2$	$-0,020g_3l_3^2$	$+0,007q_4l_4^2$
	M_C	$+0,018g_1l_1^2$	$-0,054q_2l_2^2$	$-0,054q_3l_3^2$	$+0,018g_4l_4^2$
	M_3	$+0,007q_1l_1^2$	$-0,020g_2l_2^2$	$+0,074q_3l_3^2$	$-0,025g_4l_4^2$
	M_D	$-0,005q_1l_1^2$	$+0,013g_2l_2^2$	$-0,049q_3l_3^2$	$-0,067q_4l_4^2$
	M_4	$-0,002g_1l_1^2$	$+0,007q_2l_2^2$	$-0,025g_3l_3^2$	$+0,092q_4l_4^2$
	M_1	$+0,200Q_1l_1$	$-0,037G_2l_2$	$+0,010Q_3l_3$	$-0,003G_4l_4$
	M_B	$-0,100Q_1l_1$	$-0,074Q_2l_2$	$+0,020G_3l_3$	$-0,007Q_4l_4$
	M_2	$-0,037G_1l_1$	$+0,173Q_2l_2$	$-0,030G_3l_3$	$+0,010Q_4l_4$
	M_C	$+0,027G_1l_1$	$-0,080Q_2l_2$	$-0,080Q_3l_3$	$+0,026G_4l_4$
	M_3	$+0,010Q_1l_1$	$-0,030G_2l_2$	$+0,173Q_3l_3$	$-0,037G_4l_4$
	M_D	$-0,007Q_1l_1$	$+0,020G_2l_2$	$-0,074Q_3l_3$	$-0,100Q_4l_4$
	M_4	$-0,003G_1l_1$	$+0,010Q_2l_2$	$-0,037G_3l_3$	$+0,200Q_4l_4$
	M_1	$+0,274Q_1l_1$	$-0,044G_2l_2$	$+0,012Q_3l_3$	$-0,005G_4l_4$
	M_B	$-0,179Q_1l_1$	$-0,131Q_2l_2$	$+0,036G_3l_3$	$-0,012Q_4l_4$
	M_2	$-0,028G_1l_1$	$+0,195Q_2l_2$	$-0,084G_3l_3$	$+0,028Q_4l_4$

	M_C	$+0,048G_1l_1$	$-0,154Q_2l_2$	$-0,143Q_3l_3$	$+0,048G_4l_4$
	M_3	$+0,028Q_1l_1$	$-0,083G_2l_3$	$+0,195Q_3l_3$	$-0,028G_4l_4$
	M_{10}	$-0,012Q_1l_1$	$+0,036G_2l_3$	$-0,131Q_3l_3$	$-0,179Q_4l_4$
	M_4	$-0,004G_1l_1$	$+0,012Q_2l_2$	$-0,044G_3l_3$	$+0,274Q_4l_4$

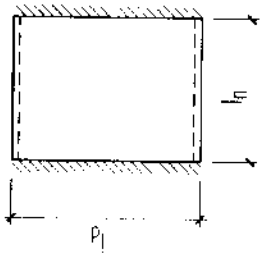
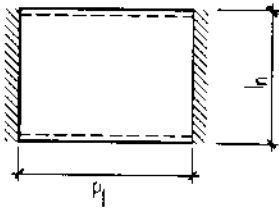
Phụ lục 27: Hệ số α , β để tính mô men cho bản kê bốn cạnh chịu tải trọng phân bố đều

Tỉ số cạnh của bản	Sơ đồ 1		Sơ đồ 2		Sơ đồ 3			
	α_{n1}	α_{d1}	α_{n2}	α_{d2}	β_{n2}	α_{n3}	α_{d3}	β_{d3}
l_d/l_n								
1,0	0,0365	0,0365	0,0334	0,0273	0,0892	0,0273	0,0344	0,0893
1,1	0,0399	0,0330	0,0349	0,0231	0,0892	0,0313	0,0313	0,0867
1,2	0,0428	0,0298	0,0375	0,0196	0,0872	0,0348	0,0292	0,0820
1,3	0,0452	0,0268	0,0359	0,0165	0,0843	0,0378	0,0269	0,0760
1,4	0,0469	0,0240	0,0357	0,0140	0,0808	0,0401	0,0248	0,0688



1,5	0,04802	0,0214	0,0350	0,0119	0,0772	0,0420	0,0228	0,0620
1,6	0,0485	0,0189	0,0341	0,0101	0,0735	0,0443	0,0208	0,0553
1,8	0,0485	0,0148	0,0326	0,0075	0,0668	0,0444	0,0172	0,0432
2,0	0,0473	0,0118	0,0303	0,0056	0,0610	0,0443	0,0142	0,0338

Phụ lục 27: Hệ số α , β để tính mômen cho bản kê bốn cạnh chịu tải trọng phân bố đều (tiếp)

Tỉ số cạnh của bản	Sơ đồ 4				Sơ đồ 5			
	 $M_{n4} = \alpha_{n4} \cdot P$ $M_{d4} = \alpha_{d4} \cdot P$ $M_{n4}^g = \beta_{n4} \cdot P$				 $M_{n5} = \alpha_{n5} \cdot P$ $M_{d5} = \alpha_{d5} \cdot P$ $M_{d5}^g = \beta_{d5} \cdot P$			
	α_{n4}	α_{d4}	β_{n4}	l_d/l_n	α_{n5}	α_{d5}	β_{d5}	l_d/l_n
	0,0267	0,0180	0,0694		0,0180	0,0267	0,0694	
	0,0266	0,0146	0,0667		0,0218	0,0262	0,0708	
	0,0261	0,0118	0,0633		0,0254	0,0254	0,0707	
1,3	0,0254	0,0097	0,0599		0,0287	0,0242	0,0689	

1,4	0,0245	0,0080	0,0565	0,0316	0,0229	0,0660
1,5	0,0235	0,0066	0,0534	0,0341	0,0214	0,0621
1,6	0,0226	0,0056	0,0506	0,0362	0,0200	0,0577
1,8	0,0208	0,0040	0,0454	0,0388	0,0172	0,0484
2,0	0,0193	0,0030	0,0412	0,0400	0,0146	0,0397

Phụ lục 27: Hệ số α , β để tính mômen cho bản kê bốn cạnh chịu tải trọng phân bố đều (tiếp)

Tỉ số cạnh của bản	Sơ đồ 6				Sơ đồ 7			
	α_{n6}	α_{d6}	β_{n6}	β_{d6}	α_{n7}	α_{d7}	β_{n7}	β_{d7}
1,0	0,0269	0,0269	0,0625	0,0625	0,0266	0,0198	0,0556	0,0417
1,1	0,0292	0,0242	0,0675	0,0558	0,0234	0,0169	0,0565	0,0350

Sơ đồ 6

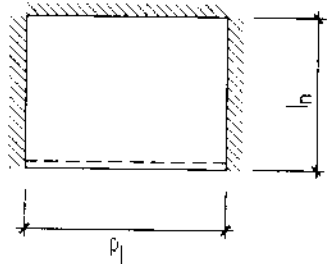
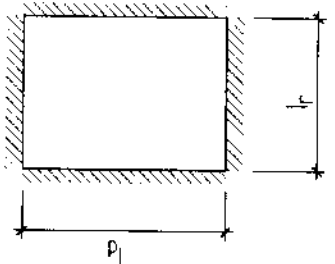
$M_{n6} = \alpha_{n6} \cdot q \cdot b^2$
 $M_{d6} = \alpha_{d6} \cdot q \cdot b^2$
 $M_{n6}^g = -\beta_{n6} \cdot q \cdot b^2$
 $M_{d6}^g = -\beta_{d6} \cdot q \cdot b^2$

Sơ đồ 7

$M_{n7} = \alpha_{n7} \cdot q \cdot b^2$
 $M_{d7} = \alpha_{d7} \cdot q \cdot b^2$
 $M_{n7}^g = -\beta_{n7} \cdot q \cdot b^2$
 $M_{d7}^g = -\beta_{d7} \cdot q \cdot b^2$

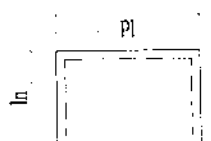
1,2	0,0309	0,0214	0,0703	0,0488	0,0236	0,0142	0,0560	0,0292
1,3	0,0319	0,0188	0,0711	0,0421	0,0235	0,0120	0,0545	0,0242
1,4	0,0323	0,0165	0,0709	0,0361	0,0230	0,0102	0,0526	0,0202
1,5	0,0324	0,0144	0,0695	0,0310	0,0225	0,0086	0,0505	0,0169
1,6	0,0321	0,0125	0,0675	0,0265	0,0218	0,0073	0,0485	0,0142
1,8	0,0308	0,0096	0,0635	0,0196	0,0203	0,0054	0,0442	0,0102
2,0	0,0294	0,0074	0,0588	0,0147	0,0189	0,0040	0,0404	0,0076

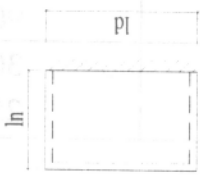
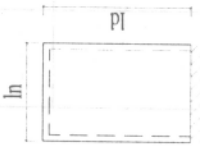
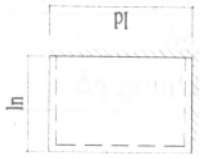
Phụ lục 27: Hệ số α , β để tính mô men cho bản kê bốn cạnh chịu tải trọng phân bố đều (tiếp)

Tỉ số cạnh của bản	Sơ đồ 8				Sơ đồ 9			
	α_{n8}	α_{d8}	β_{n8}	β_{d8}	α_{n9}	α_{d9}	β_{n9}	β_{d9}
	 $M_{n8} = \alpha_{n8} \cdot P$ $M_{d8} = \alpha_{d8} \cdot P$ $M_{n8}^g = -\beta_{n8} \cdot P$ $M_{d8}^g = -\beta_{d8} \cdot P$				 $M_{n9} = \alpha_{n9} \cdot P$ $M_{d9} = \alpha_{d9} \cdot P$ $M_{n9}^g = -\beta_{n9} \cdot P$ $M_{d9}^g = -\beta_{d9} \cdot P$			

1,0	0,0198	0,0226	0,0417	0,0566	0,0179	0,0179	0,0417	0,0417
1,1	0,0226	0,0212	0,0481	0,0530	0,0134	0,0161	0,0450	0,0372
1,2	0,0249	0,0198	0,0530	0,0491	0,0204	0,0142	0,0468	0,0325
1,3	0,0266	0,0181	0,0565	0,0447	0,0209	0,0123	0,0475	0,0281
1,4	0,0279	0,0162	0,0588	0,0400	0,0210	0,0107	0,0473	0,0240
1,5	0,0285	0,0146	0,0597	0,0354	0,0208	0,0093	0,0464	0,0206
1,6	0,0289	0,0130	0,0599	0,0312	0,0205	0,0080	0,0452	0,0177
1,8	0,0288	0,0103	0,0583	0,0240	0,0195	0,0060	0,0423	0,0131
2,0	0,0280	0,0081	0,0555	0,0187	0,0183	0,0046	0,0392	0,0098

Phụ lục 28: Hệ số CN1, CD1 để tính bản kê bốn cạnh khi góc của bản có thể bị nâng lên khi chịu lực

Sơ đồ bản	$\frac{l_d}{l_n}$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
	C _{nl}	0,5	0,594	0,675	0,741	0,793	0,835	0,868	0,893	0,913	0,920	0,941

	C_{d1}	0,5	0,406	0,325	0,259	0,207	0,165	0,132	0,107	0,087	0,071	0,059
	C_{n2}	0,714	0,785	0,835	0,877	0,906	0,926	0,942	0,954	0,986	0,986	0,976
	C_{d2}	0,286	0,215	0,162	0,123	0,094	0,074	0,058	0,046	0,037	0,037	0,024
	C_{n3}	0,714	0,671	0,621	0,556	0,506	0,433	0,375	0,311	0,245	0,245	0,135
	C_{d3}	0,286	0,329	0,379	0,434	0,494	0,567	0,625	0,689	0,755	0,755	0,865
	C_{n6}	0,5	0,594	0,675	0,471	0,793	0,835	0,868	0,893	0,913	0,913	0,941
	C_{d6}	0,5	0,406	0,325	0,259	0,207	0,165	0,132	0,107	0,087	0,087	0,059

Phụ lục 29: 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 x 20 x 2 cm	1 viên	1,200
2	Gạch hoa 20 x 20 x 2 cm	-	1,800
3	Gạch men 15 x 15 x 1 cm	-	1,000
4	Ngói máy loại 13v/m ²	-	3,100
5	Ngói máy loại 22v/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 xỉ than	-	1300
10	Đất pha cát	-	2000
11	Đất pha sét	-	2200
12	Cát khô	-	1500
13	Bột xi măng	-	1700
14	Bê tông không có cốt thép	-	2200
15	Bê tông cốt thép	-	2500
16	Bê tông gạch vỡ	-	1600
17	Gỗ nhóm I - II	-	800 - 1600
18	Gỗ nhóm III - IV - V	-	600 - 800
19	Mái fibrô xi măng tròn tay gỗ	m ²	25
20	Mái fibrô xi măng tròn tay thép hình	-	30
21	Mái ngói đỏ tròn tay gỗ	-	60
22	Mái tôn thiếc tròn tay gỗ	-	15
23	Mái tôn thiếc tròn tay thép hình	-	20
24	Trần ván ép dầm gỗ	-	30
25	Trần gỗ dầm 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

Phụ lục 30: Hoạt tải tiêu chuẩn phân bố trên sàn (daN/m²)

TT	Loại phòng	Đặc điểm	Hoạt tải P
1	Phòng ngủ	- Khách sạn, bệnh viện, trại giam - Nhà ở, ký túc xá, nội trú, nhà nghỉ	200 150
2	Phòng khách, ăn, vệ sinh	- Thuộc nhà ở - Thuộc cơ quan, trường học, bệnh viện, nhà máy	150 200
3	Bếp, phòng giặt	- Thuộc nhà ở - Thuộc khách sạn, bệnh viện, nhà trẻ, điều dưỡng	150 300
4	Văn phòng	- Cơ quan, trường học, bệnh viện, cơ sở nghiên cứu khoa học	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, chỗ đợi, khán đài	- Có lắp ghế cố định - Không lắp 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 ở, văn phòng, thí nghiệm, phòng vệ sinh - Nhà hàng, hội nghị, khiêu vũ, khán giả - Sân khấu	300 400 500
15	Mái bằng có sử dụng	- Phần có đông người đứng được - Phần ít người đứng - Các phần khác	400 150 50

16	Mái không sử dụng	- Mái (ngói, fibro ximăng, 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 tấn - Xưởng lớn có lắp máy, có đường đi	2000 500 400
19	Gara ô tô		500
20	Trại chăn nuôi	- Gia súc nhỏ - Gia súc lớn	200 500

Phụ lục 31: 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 bê tông có $\gamma > 1600 \text{ kG/m}^3$ - Kết cấu bê tông 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 $\leq 200 \text{ daN/m}^2$	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 năm	1,2

Phụ lục 32: Đổi đơn vị giữa 2 hệ US và SI

Đổi từ đơn vị US sang đơn vị SI nhân với	Đơn vị US	Đơn vị SI	Đổi từ đơn vị SI sang đơn vị US nhân với
25,40000	in	mm	0,0397
0,30480	ft	m	3,2810
645,20000	in ²	mm ²	$1,55 \cdot 10^{-3}$
$16,39 \cdot 10^3$	in ³	mm ³	$61,02 \cdot 10^{-6}$
$416,2 \cdot 10^3$	in ⁴	mm ⁴	$2,403 \cdot 10^{-6}$
0,09290	ft ²	m ²	10,76000
0,02832	ft ³	m ³	35,31000
0,45360	lb (khối lượng)	kg	2,20500
4,44800	lb (lực)	N	0,22480
4,44800	kip (lực)	kN	0,22480
1,35600	ft - lb (mômen)	Nm	0,73760
1,35600	kip - ft (mô men)	kNm	0,73760
1,44800	lb/ft (khối lượng)	kg/m	0,67200
14,59000	lb/ft (tải trọng)	N/m	0,06858
14,59000	kip/ft (tải trọng)	kN/m	0,06858
6,89500	PSi (ứng suất)	kPa	0,14500
6,89500	Ksi (ứng suất)	MPa	0,14500
0,04788	psf (tải trọng, áp lực)	kPa	20,93000
47,88000	ksf (tải trọng, áp lực)	kPa	0,02093
$0,566 \times (^{\circ}\text{F} - 32)$	^o F	^o C	$(1,8 \times ^{\circ}\text{C}) + 32$

Ghi chú:

lb = pound

psf = lb/ft²

pcf = lb/ft³

1kN = 1000N

$$1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2 = 0,1 \text{ kG/ m}^2$$

$$1\text{kPa} = 1000\text{Pa} = 1000 \text{ N/m}^2 = 100 \text{ kG/m}^2$$

$$1\text{Mpa} = 1.000.000 \text{ Pa} = 1000 \text{ kPa} = 100.000 \text{ kG/m}^2 = 100 \text{ T/m}^2 = 10\text{kG/cm}^2$$

$$1\text{Gpa} = 1.000.000.000 \text{ Pa} = 1000 \text{ MPa} = 100.000 \text{ T/m}^2$$

$$1\text{kip} = 1000 \text{ lb}$$

$$\text{ksf} = \text{kip/ft}^2$$

$$\text{psi} = \text{lb/in}^2;$$

$$\text{ksi} = \text{kip/in}^2$$

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. ***Giáo trình Kết cấu bê tông cốt thép (KCBTCT)***, trường Cao đẳng xây dựng số 1, chủ biên: GS -TS. Nguyễn Đình Cống, Nxb Xây dựng - năm 2004.
2. ***Sàn BTCT toàn khối***, chủ biên: GS -TS. Nguyễn Đình Cống - Nxb KH &KT - năm 2000.
3. ***Cấu tạo bê tông cốt thép (BTCT) do công ty Tư vấn Xây dựng dân dụng Việt Nam***, Bộ Xây dựng tái bản năm 2004,
4. ***Sổ tay thực hành kết cấu công trình***, trường đại học Kiến trúc Thành phố Hồ Chí Minh, chủ biên: PGS.TS. Vũ Mạnh Hùng, Nxb Xây dựng - năm 1999.
5. ***Kết cấu bê tông cốt thép (Phần cấu kiện cơ bản)***, chủ biên: Ngô Thế Phong - Nxb KH & KT - năm 2000.
6. ***Giáo trình Kết cấu thép - gỗ***, trường Cao đẳng Xây dựng số 1, chủ biên thạc sĩ Tạ Thanh Vân, Nxb Xây dựng - năm 2003.
7. ***Giáo trình Kết cấu xây dựng (KCXD)***, trường Trung học Xây dựng Hà Nội, dùng cho ngành Kỹ thuật xây dựng hạ tầng, chủ biên: Phạm Thị Thuý An, xuất bản 2005.
8. ***Giáo trình Kết cấu xây dựng (KCXD)***, trường Trung học xây dựng Hà Nội, dùng cho ngành Thi công nội thất, chủ biên: Đào Xuân Thu, biên soạn năm 2005.
9. ***Tuyển tập Tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam***, tập III của Bộ Xây dựng - Nxb Xây dựng, xuất bản năm 1997.

MỤC LỤC

Lời giới thiệu	3
Lời nói đầu	5
Phần một. PHẦN MỞ ĐẦU	7
Bài mở đầu	7
1. Mục tiêu môn học	7
2. Nội dung tóm tắt của giáo trình	8
Chương 1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ KẾT CẤU CÔNG TRÌNH	10
I. Kết cấu công trình (KCCT)	10
II. Tải trọng tác dụng - phân loại tải trọng	12
III. Phương pháp tính	14
IV. Trình tự thiết kế	16
Phần hai. KẾT CẤU GỖ	17
Chương 2. GỖ TRONG XÂY DỰNG	17
I. Khái niệm chung	17
II. Các đặc trưng cơ học	19
III. Các yếu tố ảnh hưởng tới tính chất cơ học của gỗ	27
Chương 3. TÍNH TOÁN CÁC CẤU KIỆN CƠ BẢN	30
I. Tính toán cấu kiện chịu kéo đúng tâm	30
II. Tính toán cấu kiện chịu nén đúng tâm	33
III. Tính toán cấu kiện chịu uốn phẳng	42
IV. Cấu kiện chịu uốn xiên	47
V. Liên kết kết cấu gỗ	51
Phần ba. KẾT CẤU THÉP	54
Chương 4. THÉP TRONG XÂY DỰNG	54
I. Khái niệm	54
II. Các đặc trưng cơ học của thép	64
III. Cường độ của thép	72

Chương 5. TÍNH TOÁN KẾT CẤU THÉP	73
A. Tính toán liên kết	73
I. Khái niệm về liên kết	73
II. Liên kết hàn	74
B. Tính toán cấu kiện cơ bản	93
III. Cột chữ I định hình chịu nén đúng tâm	93
IV. Dầm chữ I định hình.....	95
Phần bốn. KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP	103
Chương 6. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP	103
I. Khái niệm chung	103
II. Tính chất cơ học của vật liệu	107
III. Cấu tạo cốt thép.....	122
Chương 7. CẤU KIỆN CHỊU UỐN (TÍNH TOÁN THEO CƯỜNG ĐỘ)	128
I. Yêu cầu cấu tạo	128
II. Sự làm việc của cấu kiện chịu uốn.....	132
III. Tính toán điều kiện cường độ trên tiết diện thẳng góc	133
IV. Tính toán điều kiện cường độ trên tiết diện nghiêng.....	157
Chương 8. CẤU KIỆN CHỊU NÉN	172
I. Khái niệm chung	172
II. Đặc điểm cấu tạo	173
III. Tính toán cấu kiện chịu nén đúng tâm	178
IV. Cấu kiện chịu nén lệch tâm	182
Phần năm. TÍNH TOÁN CÁC BỘ PHẬN THƯỜNG GẶP TRONG CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG DÂN DỤNG	185
Chương 9. DẦM VÀ BẢN ĐỒ TẠI CHỖ	185
I. Xác định tải trọng đơn vị.....	185
II. Bản đơn hình chữ nhật	187
III. Tính bản đơn chịu lực một phương (bản dầm)	190

IV. Tính bản đơn chịu lực hai phương (bản kê bốn cạnh).....	198
V. Sàn toàn khối có bản liên tục, chịu lực một phương.....	215
VI. Dầm sàn toàn khối có bản liên tục chịu lực hai phương.....	230
Chương 10. CẦU THANG	237
I. Phân loại cầu thang - tải trọng đơn vị	237
II. Tính cầu thang hai dợt có cốn.....	237
III. Tính cầu thang không dùng cốn	246
Chương 11. MỘT SỐ CẤU KIỆN KHÁC	248
I. Lanh tô, ô văng đổ tại chỗ.....	248
II. Sê nô ngoài.....	252
III. Móng BTCT đổ tại chỗ.....	254
IV. Khung BTCT đổ tại chỗ	261
<i>Phụ lục</i>	265
<i>Tài liệu tham khảo</i>	309

BỘ GIÁO TRÌNH XUẤT BẢN NĂM 2006
KHOẢ TRƯỜNG TRUNG HỌC XÂY DỰNG

1. KẾT CẤU CÔNG TRÌNH
2. KỸ THUẬT THI CÔNG CÔNG TRÌNH HẠ TẦNG
3. THIẾT KẾ VÀ THI CÔNG ĐIỆN NỘI THẤT
4. CẤP THOÁT NƯỚC BÊN TRONG CÔNG TRÌNH
5. TIẾNG ANH CHUYÊN NGÀNH XÂY DỰNG
6. TIẾNG ANH CHUYÊN NGÀNH KẾ TOÁN XÂY DỰNG

GT Kết cấu công trình



1011080000083

42,000



Giá: 42.000đ