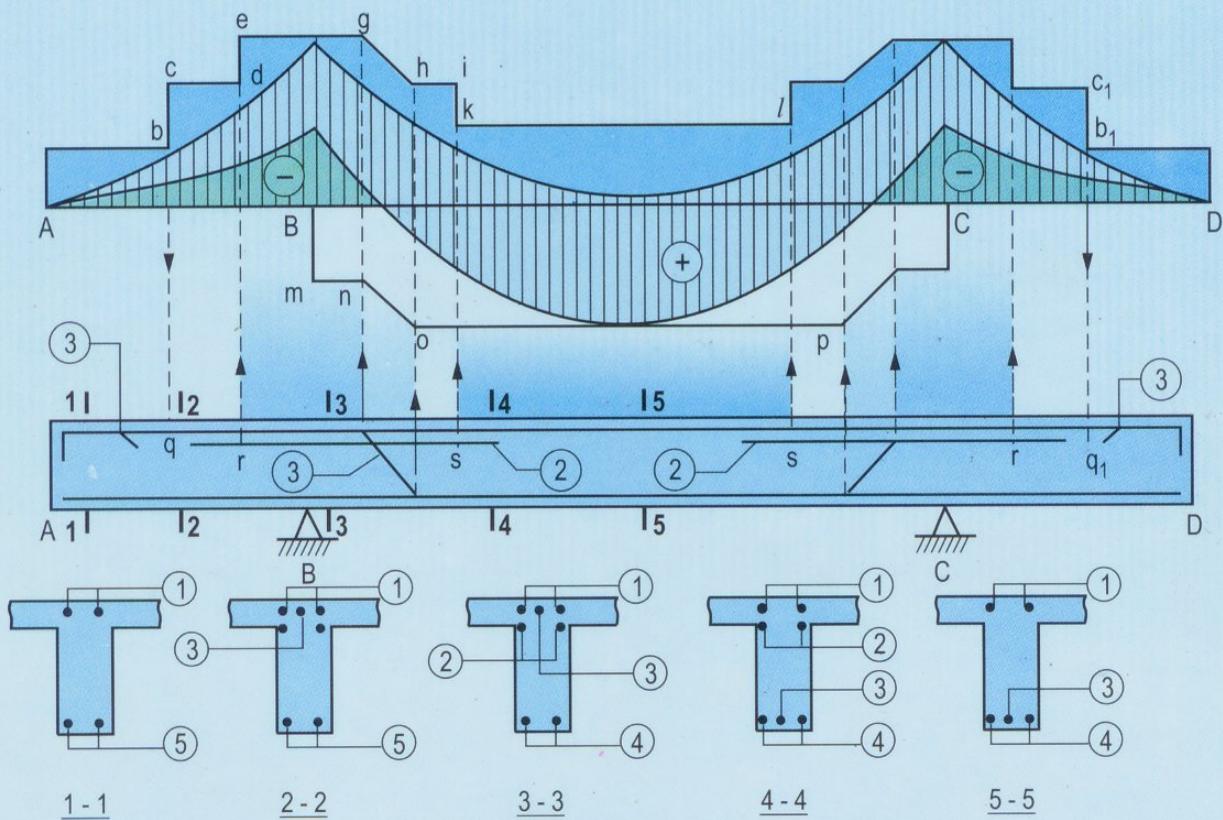


GS. TS. NGUYỄN ĐÌNH CÔNG

# TÍNH TOÁN THỰC HÀNH CẤU KIỆN BÊ TÔNG CỐT THÉP

THEO TIÊU CHUẨN TCXDVN 356 - 2005



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

GS. TS. NGUYỄN ĐÌNH CÔNG

**TÍNH TOÁN THỰC HÀNH  
CẤU KIỆN BÊ TÔNG CỐT THÉP  
THEO TIÊU CHUẨN TCXDVN 356 - 2005  
TẬP I**

(Tái bản)

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG  
HÀ NỘI - 2009

## LỜI NÓI ĐẦU

Tháng 11 năm 2005 Bộ Xây dựng ban hành Tiêu chuẩn Thiết kế kết cấu bêtông và bêtông cốt thép TCXDVN 356 - 2005 để thay thế cho Tiêu chuẩn TCVN 5574 - 1991. Sự thay thế này là nhằm hòa nhập với cộng đồng quốc tế và cũng để phù hợp với sự phát triển của khoa học kĩ thuật và công nghệ.

So với TCVN 5574 thì TCXDVN 356 vẫn giữ nguyên phương pháp tính toán theo hai trạng thái giới hạn, các đổi mới tập trung ở một số nội dung sau:

- *Đổi mới một số công thức, điều kiện, hệ số;*
- *Đổi mới một số kí hiệu;*
- *Dùng đơn vị tính toán theo hệ SI thay cho hệ kĩ thuật;*
- *Với bêtông dùng khái niệm cấp độ bền thay cho mác thiết kế;*
- *Cách trình bày tổng quát hơn.*

Thực chất của TCVN 5574 và TCXDVN 356 đều được tham khảo từ Tiêu chuẩn CHuП của Nga. Trong đó TCVN 5574 đã được trình bày lại và lược bỏ một số phần, còn TCXDVN 356 đã theo sát các nội dung của Tiêu chuẩn CHuП.

Về tính toán TCVN 5574 cũng như TCXDVN 356 chỉ đưa ra các điều kiện và công thức cơ bản mà không trình bày cách tính cụ thể. Việc hướng dẫn tính toán thường được giới thiệu trong các quy trình hoặc giáo trình. Tài liệu này nhằm hướng dẫn các kĩ sư và sinh viên ngành xây dựng làm quen với TCXDVN 356 - 2005, vận dụng được các công thức và điều kiện của Tiêu chuẩn để tính toán các cấu kiện bêtông cốt thép thông thường.

Vì là tài liệu tính toán thực hành nên tác giả không đi sâu vào việc chứng minh các công thức mà tập trung chủ yếu vào việc vận dụng. Độc giả muốn tìm hiểu sâu về lý thuyết xin tham khảo giáo trình của Bộ môn Công trình bêtông cốt thép Trường Đại học Xây dựng, trong đó tác giả có tham gia biên soạn.

Tài liệu này thuộc hệ thống giáo trình của Trường Đại học Xây dựng, được xuất bản thành hai tập:

*Tập 1 trình bày việc tính toán các cấu kiện chịu mômen uốn và lực cắt;*

*Tập 2 trình bày việc tính toán các cấu kiện chịu nén, kéo, xoắn, chịu lực cuci bộ và tính toán về nứt, biến dạng.*

Tác giả xin hoan nghênh và tỏ lòng biết ơn các bạn đọc chỉ ra, góp ý kiến cho những thiếu sót hoặc chưa được vừa ý để tác giả có thể bổ sung, sửa chữa, làm cho tài liệu được hoàn thiện hơn trong lần tái bản sau. Mọi góp ý xin gửi về Phòng biên tập sách Khoa học kĩ thuật Xây dựng, Nhà xuất bản Xây dựng.  
ĐT: 04.9741954.

Tác giả

# **Chương 1**

## **NGUYÊN TẮC CHUNG VỀ THIẾT KẾ KẾT CẤU BÊTÔNG CỐT THÉP**

### **1.1. CÁC BƯỚC THIẾT KẾ**

Thiết kế kết cấu bêtông cốt thép thường theo các bước, thứ tự như sau:

1. Giới thiệu, mô tả kết cấu cần thiết kế.
2. Lựa chọn phương án, lập sơ đồ tính toán của kết cấu.
3. Chọn sơ bộ kích thước tiết diện, chọn vật liệu.
4. Xác định các loại tải trọng, các trường hợp tải trọng có thể tác dụng lên kết cấu.
5. Tính toán nội lực ứng với từng trường hợp tải trọng, tổ hợp nội lực.
6. Tính toán tiết diện BTCT, kiểm tra các điều kiện sử dụng.
7. Thiết kế chi tiết, chọn cấu tạo, thể hiện lên bản vẽ.

Nội dung của tài liệu này chủ yếu trình bày các công việc của bước 6, được thể hiện bằng hai loại bài toán: Kiểm tra hoặc tính toán tiết diện.

Bài toán kiểm tra được tiến hành khi đã biết đầy đủ các số liệu về tiết diện và cốt thép, cần kiểm tra xem tiết diện có thỏa mãn điều kiện được đề ra hay không.

Bài toán tính tiết diện được tiến hành khi đã biết nội lực và một số liệu về tiết diện (chưa đầy đủ), cần xác định những số liệu cần thiết còn lại để tiết diện đáp ứng được các điều kiện đề ra. Trong bài toán này thường biết trước kích thước tiết diện cần xác định cốt thép chịu lực.

Việc chọn giải bài toán nào là phụ thuộc vào tình huống và điều kiện của thiết kế.

### **1.2. NỘI LỰC**

Nội lực trong kết cấu bêtông cốt thép có thể được xác định theo sơ đồ đàn hồi hoặc sơ đồ dẻo có xét đến sự phân phối lại mômen. Khi tính toán về bêtông cốt thép cần biết rõ nội lực đã được xác định theo sơ đồ nào để dùng đúng điều kiện hạn chế.

### **1.3. PHƯƠNG PHÁP TRẠNG THÁI GIỚI HẠN**

Hiện nay, phương pháp chủ yếu và phổ biến để tính toán kết cấu BTCT là phương pháp trạng thái giới hạn (TTGH), trong đó chia ra hai nhóm: nhóm TTGH thứ nhất và nhóm TTGH thứ hai.

### **1.3.1. Nhóm TTGH thứ nhất**

Đó là TTGH về khả năng chịu lực hoặc về ổn định. Cho kết cấu chịu tải trọng tăng dần. Đến một lúc nào đó kết cấu không thể chịu thêm được tải trọng tăng lên nữa vì sắp bị phá hỏng hoặc bị mất ổn định. Nói rằng kết cấu đã đạt đến TTGH thứ nhất. Đó là trạng thái mà kết cấu không thể vượt qua để bảo đảm cho nó đủ khả năng chịu lực hoặc giữ được ổn định. Tính toán theo TTGH thứ nhất là bắt buộc đối với mọi loại kết cấu, ứng với các trường hợp làm việc khác nhau của kết cấu: lúc thi công hoặc chế tạo, vận chuyển, lúc sử dụng lâu dài, lúc sửa chữa...

### **1.3.2. Nhóm TTGH thứ hai**

Đó là TTGH về điều kiện sử dụng bình thường. Lúc này, cần hạn chế độ biến dạng và sự phát triển của khe nứt không vượt quá giới hạn cho phép. Tính theo TTGH thứ hai là cần thiết đối với những kết cấu có khả năng biến dạng lớn hoặc có độ mở rộng khe nứt lớn. Đó thường là các kết cấu tĩnh định, kết cấu sử dụng vật liệu cường độ khá cao, kết cấu có tiết diện tương đối bé so với các yêu cầu thông thường (vì một lít do nào đấy cần thu nhỏ kích thước tiết diện). Tiêu chuẩn TCXDVN 356 - 2005 cho phép không cần tính toán kiểm tra sự mở rộng vết nứt và biến dạng nếu qua thực nghiệm hoặc thực tế sử dụng các kết cấu tương tự đã khẳng định được: bề rộng vết nứt ở mọi giai đoạn không vượt quá giá trị cho phép và kết cấu có đủ độ cứng ở giai đoạn sử dụng (điều 4.2.2).

### **1.3.3. Hai loại bài toán**

Khi tính toán theo TTGH thứ nhất có thể gấp một trong hai loại bài toán là kiểm tra hoặc tính toán tiết diện. Khi tính toán theo TTGH thứ hai thường chỉ gấp bài toán kiểm tra, nếu kiểm tra không đạt thì tăng kích thước tiết diện, tăng cốt thép hoặc tăng cấp độ bê tông để kiểm tra lại.

## **1.4. CÔNG THỨC LÍ THUYẾT VÀ CÔNG THỨC THỰC NGHIỆM**

Khi tính toán về BTCT có thể gấp các công thức lí thuyết và công thức thực nghiệm.

Công thức lí thuyết được thành lập bằng cách dùng các quy luật, các nguyên lý để liên kết các đại lượng tính toán, dùng công cụ toán học để chứng minh. Khi lập công thức thường dùng thêm các giả thiết, đó là những phán đoán gần đúng nhằm làm đơn giản hóa quá trình chứng minh. Khi dùng các công thức lí thuyết cần xem xét phạm vi phù hợp với giả thiết. Nếu kết quả tính toán vượt ra ngoài phạm vi của giả thiết thì không được chấp nhận. Công thức lí thuyết luôn có sự cân bằng về thứ nguyên vì vậy có thể dùng với mọi hệ đơn vị. Tuy vậy, khi sử dụng công thức cần thống nhất đơn vị giữa các đại lượng, khi cần phải sử dụng hệ số đổi đơn vị.

Công thức thực nghiệm được thành lập bằng cách xử lý các số liệu thu được từ thực nghiệm. Khi dùng công thức thực nghiệm phải chú ý đến phạm vi sử dụng của nó và đơn vị

của các đại lượng trong công thức. Trong phần lớn các công thức thực nghiệm các hệ số được cho phụ thuộc vào đơn vị của các đại lượng, khi đơn vị thay đổi thì các hệ số thay đổi theo.

## 1.5. MỘT SỐ VẤN ĐỀ CƠ BẢN VỀ CẤU TẠO

Thiết kế kết cấu BTCT bao gồm việc tính toán và cấu tạo. Sau đây là một số vấn đề cơ bản về cấu tạo.

### 1.5.1. Chọn kích thước tiết diện

Kích thước tiết diện của các cấu kiện cần được chọn nhằm thỏa mãn các yêu cầu về kiến trúc, bảo đảm khả năng chịu lực, ổn định và thuận tiện cho thi công.

Kích thước tiết diện thường được chọn sơ bộ (bước 3 mục 1.1) để xác định tải trọng và nội lực. Sau khi tính toán về BTCT ở bước 6 mới có được cơ sở để đánh giá sự hợp lí về phương diện chịu lực của kích thước đã chọn. Chỉ tiêu để đánh giá là tỉ lệ cốt thép nằm trong giới hạn hợp lí. Nếu xét thấy kích thước đã chọn là chưa hợp lí (lớn quá hoặc bé quá so với yêu cầu) thì cần chọn lại và tính toán lại.

### 1.5.2. Cốt thép chịu lực và cốt thép cấu tạo

Cốt thép đặt trong kết cấu không để rời từng thanh mà phải liên kết lại thành lưới hoặc khung. Lưới gồm các thanh đặt theo hai phương, liên kết với nhau, được dùng trong kết cấu bê tông và tường. Khung gồm cốt thép dọc và cốt thép ngang (cốt thép đai), dùng trong dầm và cột.

Tùy theo nhiệm vụ và quan niệm về sự làm việc của cốt thép người ta chia ra cốt thép chịu lực và cốt thép cấu tạo.

Cốt thép chịu lực có nhiệm vụ chịu một loại ứng lực nào đó, được xác định hoặc kiểm tra bằng tính toán. Cốt thép cấu tạo dùng để liên kết với cốt thép chịu lực, tạo thành lưới hoặc khung, giữ ổn định cho cốt thép chịu lực khi thi công cũng như khi làm việc, chịu những ứng lực phụ phát sinh trong kết cấu mà trong tính toán chưa kể đến (ứng lực sinh ra do nhiệt độ thay đổi, do co ngót của bê tông...). Cốt thép cấu tạo thường được chọn theo các quy định của tiêu chuẩn hoặc theo kinh nghiệm của người thiết kế.

### 1.5.3. Chiều dày lớp bảo vệ

Chiều dày lớp bảo vệ được tính từ mặt ngoài của cốt thép đến mặt ngoài của bê tông gần nhất, không được nhỏ hơn đường kính cốt thép và không nhỏ hơn giá trị tối thiểu được quy định như sau:

#### a) Đối với cốt thép chịu lực, kết cấu dùng bê tông nắp

- Trong bê tông và tường có chiều dày:

+ từ 100mm trở xuống ... 10mm (15mm)

+ trên 100mm ... 15mm (20 mm)

- Trong dầm và sườn có chiều cao:

+ nhỏ hơn 250 mm .... 15mm (20 mm)

+ lớn hơn hoặc bằng 250 mm ... 20mm (25mm)

- Trong cột... 20mm (25mm)

- Trong dầm móng... 30mm

- Trong móng:

+ lắp ghép...30mm

+ toàn khối khi có lớp bêtông lót... 35mm

+ toàn khối khi không có lớp bêtông lót ... 70mm

**b) Đối với cốt thép dài, cốt thép cấu tạo**

- Khi chiều cao tiết diện nhỏ hơn 250mm ... 10mm (15mm)

- Khi chiều cao tiết diện bằng 250mm trở lên ... 15mm (20mm)

*Ghi chú:* + Giá trị trong ngoặc áp dụng cho những kết cấu ngoài trời hoặc những nơi ẩm ướt.

+ Đối với kết cấu trong vùng chịu ảnh hưởng của môi trường biển chiều dày lớp bảo vệ cần được lấy tăng lên, theo quy định của tiêu chuẩn TCXDVN 327 - 2004.

+ Đối với kết cấu làm bằng bêtông nhẹ, bêtông tổ ong cần lấy tăng chiều dày lớp bảo vệ (điều 8.3 của TCXDVN 356-2005).

**1.5.4. Khoảng hở của cốt thép**

Khoảng hở giữa hai mép cốt thép (khoảng cách thông thuỷ) không được nhỏ hơn đường kính thanh thép lớn nhất và không nhỏ hơn các trị số quy định sau:

**a) Khi đổ bêtông các thanh thép có vị trí nằm ngang hoặc xiên**

- Với cốt thép đặt dưới: ... 25mm

- Với cốt thép đặt trên ... 30mm

- Khi cốt thép đặt dưới bố trí nhiều hơn hai lớp theo chiều cao thì từ lớp thứ 3 (từ dưới lên) khoảng hở giữa các thanh theo phương ngang không nhỏ hơn 50mm.

- Khi sử dụng đầm dùi để làm chật bêtông cần đảm bảo khoảng hở giữa các thanh cốt thép cho phép đút lọt được đầm dùi.

**b) Khi đổ bêtông các thanh thép có vị trí thẳng đứng**

- Trường hợp thông thường ... 50mm

- Khi kiểm soát một cách có hệ thống kích thước cốt liệu bêtông, có thể giảm khoảng hở xuống còn 35mm nhưng không được nhỏ hơn 1,5 lần kích thước lớn nhất của cốt liệu thô.

**c) Trường hợp đặc biệt**

Trong điều kiện chật hẹp, cần đặt nhiều thanh cốt thép, cho phép bố trí các thanh cốt thép theo cặp (không có khe hở giữa chúng) theo phương chuyển động của vữa bê tông.

### **1.5.5. Khoảng cách giữa trục các thanh cốt thép**

Cốt thép trong lưới và khung không được đặt cách nhau quá xa để bảo đảm sự làm việc chung giữa bêtông và cốt thép.

#### **a) Cốt thép chịu lực trong bản**

Ở những vùng chịu mômen lớn (mômen dương ở giữa nhịp, mômen âm ở trên gối) khoảng cách cốt thép chịu lực không được lớn quá:

200mm khi chiều dày bản  $h \leq 150\text{mm}$ .

1,5  $h$  và 400mm khi chiều dày bản  $h > 150\text{mm}$ .

Trong bản sàn khoảng cách giữa các thanh cốt thép phía dưới được kéo vào gối không được vượt quá 400mm đồng thời diện tích tiết diện của các thanh cốt thép này không được nhỏ hơn một phần ba diện tích tiết diện các thanh cốt thép trong nhịp được xác định theo mômen uốn lớn nhất.

#### **b) Cốt thép cấu tạo trong bản**

Khoảng cách giữa các cốt thép cấu tạo trong bản không vượt quá: 330mm khi chiều dày bản  $h \leq 150\text{mm}$ .

2,2 $h$  và 500mm khi chiều dày bản  $h > 150\text{mm}$ .

#### **c) Cốt thép dọc trong đầm**

Trong đầm có bề rộng lớn hơn 150mm số cốt thép dọc chịu lực được kéo vào gối không được ít hơn hai thanh.

Trong sườn của các panen lắp ghép và trong đầm có bề rộng từ 150mm trở xuống cho phép kéo vào gối một thanh cốt thép dọc chịu lực.

Trong các đầm có chiều cao tiết diện lớn hơn 700mm ở các cạnh bên cần đặt cốt thép dọc cấu tạo sao cho khoảng cách giữa chúng theo chiều cao không lớn hơn 400mm.

#### **d) Cốt thép dọc trong cột chịu nén lệch tâm**

Khoảng cách giữa trục các cốt thép dọc không được quá:

400mm - theo phương vuông góc với mặt phẳng uốn

500mm - theo phương mặt phẳng uốn

### **1.5.6. Tỉ lệ cốt thép tối thiểu**

Đặt  $\mu = \frac{A_s}{A_b}$  hoặc  $\mu = \frac{A'_s}{A_b}$  là tỉ lệ cốt thép dọc

$A_s, A'_s$  - diện tích tiết diện cốt thép dọc.

$A_b$  - diện tích tiết diện bêtông.

Để đảm bảo sự phối hợp làm việc giữa hai loại vật liệu cần thỏa mãn điều kiện

$$\mu \geq \mu_{\min} \quad (1.1)$$

$\mu_{\min}$  - tỉ lệ cốt thép tối thiểu.

Tiêu chuẩn TCXDVN 356 - 2005 cho giá trị  $\mu_{min}$  tính theo phần trăm trong bảng 1.1.

**Bảng 1.1. Tỉ lệ tối thiểu của cốt thép dọc  $\mu_{min} \%$**

Điều kiện làm việc của cốt thép	$\mu_{min} \%$
1. Cốt thép $A_s$ trong cấu kiện chịu uốn, kéo lệch tâm khi lực dọc nằm ngoài giới hạn chiều cao làm việc của tiết diện (kéo lệch tâm lớn)	0,05 (0,10)
2. Cốt thép $A_s, A'_s$ trong cấu kiện kéo lệch tâm khi lực dọc nằm giữa $A_s$ và $A'_s$ (kéo lệch tâm bé)	0,06 (0,10)
3. Cốt thép $A_s$ và $A'_s$ trong cấu kiện nén lệch tâm khi:	
Độ mảnh $\lambda = \frac{l_o}{r} \leq 17$	0,05 (0,10)
$17 < \lambda \leq 35$	0,10 (0,15)
$35 < \lambda \leq 85$	0,20
$\lambda > 83$	0,25
<i>Chú thích:</i> 1. Trị số cho trong ngoặc đơn ( ) là đề nghị của tác giả vì thấy rằng Tiêu chuẩn cho giá trị quá bé.	
2. Với tiết diện có tiết diện chữ nhật và chữ T có cốt thép đặt tập trung theo cạnh b thì $A_b = bh_o$ .	
3. Trong cấu kiện có cốt thép đặt theo chu vi cũng như trong cấu kiện chịu kéo trung tâm thì $A_b$ lấy bằng diện tích tiết diện bê tông và $\mu_{min}$ lấy gấp đôi giá trị cho trong bảng.	
4. Tỉ số cốt thép $A_s, A'_s$ trong cấu kiện chịu nén lệch tâm mà khả năng chịu lực của chúng ứng với độ lệch tâm tính toán được sử dụng không quá 50% được lấy bằng 0,05 (0,10) không phụ thuộc độ mảnh $\lambda$ của cấu kiện.	
5. $l_o$ là chiều dài tính toán của cấu kiện, r là bán kính quán tính của tiết diện.	

## Chương 2

# SỐ LIỆU CƠ BẢN ĐỂ TÍNH TOÁN

### 2.1. CƯỜNG ĐỘ CỦA BÊTÔNG

Với bêtông cần xác định cường độ chịu nén và cường độ chịu kéo. Ứng với mỗi loại cường độ cần phân biệt 4 giá trị: giá trị trung bình, giá trị đặc trưng, giá trị tiêu chuẩn và giá trị tính toán. Riêng về giá trị trung bình và giá trị đặc trưng của cường độ chịu nén còn phụ thuộc vào hình dạng mẫu thí nghiệm. Theo các tiêu chuẩn hiện hành của Việt Nam mẫu thí nghiệm chuẩn là khối vuông có cạnh 150mm.

#### 2.1.1. Giá trị trung bình của cường độ chịu nén: $R_{tb}$

Gọi tắt là cường độ trung bình. Đó là giá trị trung bình số học của cường độ một số mẫu thử:

$$R_{tb} = \frac{\sum R_i}{n} \quad (2.1)$$

$R_i$  - cường độ mẫu thử thứ i;  $i = 1, 2, \dots, n$ .

n - số lượng mẫu thử.

#### 2.1.2. Giá trị đặc trưng của cường độ: $R_c$

Gọi tắt là cường độ đặc trưng. Đó là giá trị cường độ được lấy với xác suất bảo đảm 95%.

$$R_c = R_{tb} (1 - S\sigma) = \beta_b R_{tb} \quad (2.2)$$

$\beta_b$  - hệ số đồng chất của bêtông (hệ số tương quan giữa  $R_c$  và  $R_{tb}$ );

$\sigma$  - hệ số biến động cường độ các mẫu thử, xác định theo tính toán thống kê:

$$\sigma = \frac{1}{R_{tb}} \sqrt{\frac{\sum (R_i - R_{tb})^2}{n-1}}$$

S - hệ số, phụ thuộc vào xác suất bảo đảm. Với xác suất 95% có  $S = 1,64$ .

Trong trường hợp công nghệ chế tạo bêtông là ổn định, có kiểm tra thường xuyên thành phần của bêtông, thống kê cho biết giá trị của  $\sigma$  vào khoảng 0,135 và như vậy  $\beta_b = 0,778$ . Khi thi công thử công hoặc thiếu kiểm tra thành phần của bêtông thì  $\sigma$  có thể lớn hơn 0,15 và  $\beta_b$  giảm xuống dưới 0,75.

#### 2.1.3. Giá trị tiêu chuẩn của cường độ chịu nén: $R_{bn}$

Gọi tắt là cường độ tiêu chuẩn về chịu nén.

Khi thí nghiệm mẫu thử khối vuông thường đạt được cường độ cao hơn so với bêtông ở trong kết cấu thực. Đó là vì ảnh hưởng của một số yếu tố như ma sát giữa bàn máy nén

và mẫu, kích thước mẫu, tốc độ gia tải... Để kể đến điều này người ta xác định cường độ tiêu chuẩn  $R_{bn}$  như sau:

$$R_{bn} = \theta_{Kc} R_c \quad (2.3)$$

$\theta_{Kc}$  - hệ số kết cấu, chuyển đổi cường độ của mẫu thử sang cường độ bêtông của kết cấu. Thông thường  $\theta_{Kc} = 0,7 \div 0,75$

Giá trị  $R_{bn}$  được cho ở phụ lục 1.

Khi thí nghiệm nếu dùng mẫu hình lăng trụ có chiều cao bằng 4 cạnh đáy thì thu được cường độ gần giống như cường độ của bêtông trong kết cấu thực. Vì vậy, cường độ của bêtông (trung bình hoặc đặc trưng) được nhân với  $\theta_{Kc}$  cũng thường được gọi là cường độ lăng trụ.

#### 2.1.4. Giá trị tính toán của cường độ chịu nén: $R_b$

Đó là giá trị được dùng để tính toán theo trạng thái giới hạn, được gọi tắt là cường độ tính toán. Nó được xác định với một mức độ an toàn và kể đến các điều kiện làm việc.

Cường độ tính toán gốc  $R_b$  được xác định theo công thức (2.4)

$$R_b = \frac{R_{bn}}{k_b} \quad (2.4)$$

$k_b = 1,3$  - Hệ số độ tin cậy (hệ số an toàn;

Giá trị của  $R_b$  được cho ở phụ lục 3.

Trong những trường hợp cần xét đến điều kiện làm việc của bêtông thì cần nhân  $R_b$  với hệ số điều kiện làm việc  $\gamma_b$  cho ở phụ lục 2.

#### 2.1.5. Cường độ tiêu chuẩn và tính toán về kéo

Cường độ tiêu chuẩn về kéo của bêtông, kí hiệu  $R_{btm}$  được cho ở phụ lục 1.

Cường độ tính toán về kéo của bêtông, kí hiệu  $R_{bt}$  được cho ở phụ lục 3.

#### 2.1.6. Đơn vị của cường độ

Tiêu chuẩn TCXDVN 356-2005 dùng đơn vị của cường độ theo hệ SI là MPa (Mêga Pascan).

$$1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pascan} = 10^6 \frac{\text{Niuton}}{\text{m}^2} = \frac{\text{Niuton}}{\text{mm}^2}$$

So sánh với đơn vị trong hệ kỹ thuật là kG/cm<sup>2</sup> thì:

$$1 \text{ MPa} = 9,81 \text{ kG/cm}^2; \text{ lấy gần đúng } 1 \text{ MPa} = 10 \text{ kG/cm}^2$$

Các loại bêtông thông thường có  $R_b = 6 \div 30 \text{ MPa}$ ;  $R_{bt} = 0,5 \div 1,6 \text{ MPa}$

## 2.2. MÁC VÀ CẤP ĐỘ BỀN CỦA BÊTÔNG

Mác và cấp độ bền đều được dùng để biểu thị chất lượng của bêtông. Mác là cách gọi theo tiêu chuẩn cũ TCVN 5574 - 1991. Cấp độ bền là cách gọi theo tiêu chuẩn mới TCXDVN 356 - 2005.

### **2.2.1. Mác theo TCVN 5574.**

Theo tiêu chuẩn TCVN 5574 - 1991, mác bêtông là con số lấy bằng cường độ trung bình của mẫu thử chuẩn tính theo đơn vị kG/cm<sup>2</sup>. Kí hiệu mác bằng chữ M. Bêtông có mác thiết kế M100; M150; M200... M600.

### **2.2.2. Cấp độ bền theo TCXDVN 356**

Tiêu chuẩn TCXDVN 356 - 2005 đưa ra khái niệm cấp độ bền của bêtông kí hiệu là B. Cấp độ bền là con số lấy bằng cường độ đặc trưng của mẫu thử chuẩn tính theo đơn vị MPa. Bêtông có các cấp độ bền là B5; B7,5; B10; B12,5; B15; B20; B25; B30; B35; B40; B45; B50; B55; B60.

Tương quan giữa cấp độ bền B và mác M là:

$$B = \alpha_b \beta_b M \quad (2.1)$$

$\alpha_b$  - hệ số đổi đơn vị, từ đơn vị của M là kG/cm<sup>2</sup> sang MPa;  $\alpha_b = \frac{1}{9,81} = 0,1$ ;

$\beta_b$  - hệ số tương quan giữa cường độ đặc trưng  $R_c$  và cường độ trung bình  $R_{ib}$ . Với  $\sigma = 0,135$  thì  $\beta_b = 0,778$ .

### **2.2.3. Số liệu để thiết kế**

Khi thiết kế kết cấu BTCT cần căn cứ vào đặc điểm của kết cấu và điều kiện của thi công để quy định cấp độ bền (hoặc mác) thiết kế của bêtông. Từ cấp độ bền tra ra các giá trị cường độ tính toán gốc ở các phụ lục.

## **2.3. CÁC LOẠI CỐT THÉP**

Cốt thép được dùng ở Việt Nam có từ nhiều nguồn: được sản xuất trong nước theo tiêu chuẩn Việt Nam, được sản xuất theo tiêu chuẩn nước ngoài (nhập phôi thép của nước ngoài) hoặc cốt thép nhập từ nước ngoài.

Tiêu chuẩn hiện hành của Việt Nam có:

TCVN 1651 - 1985. Thép cốt bê tông - Thép cán nóng.

TCVN 6285 - 1997. Thép cốt bêtông - Thanh thép vằn.

TCVN 3101 - 1979. Dây thép kéo nguội.

Theo TCVN 1651 - 1985 cốt thép cán nóng được chia thành 4 nhóm: CI, CII, CIII, CIV. Cốt thép nhóm CI là thép tròn trơn, cốt thép nhóm CII, CIII, CIV là thép có gờ.

Theo TCVN 6285 - 1997 cốt thép được chia thành 5 loại: RB300, RB400, RB500, RB400W, RB500W. Con số ghi ở mỗi loại thép bằng giới hạn chảy tính theo đơn vị MPa. Các loại thép RB400W và RB500W là thép dễ hàn. Các loại RB300, RB400 và RB500 là loại khó hàn.

Cốt thép của Nga có các loại AI, AII, AIII, AIV, AV, AVI.

## 2.4. CƯỜNG ĐỘ CỦA CỐT THÉP

### 2.4.1. Giới hạn chảy của cốt thép

Khi thí nghiệm kéo các mẫu thép tìm được giới hạn chảy của nó. Với cốt thép dẻo có giới hạn chảy thực tế. Với cốt thép rắn, không có giới hạn chảy rõ ràng thì xác định giới hạn chảy quy ước (lấy bằng ứng suất với biến dạng dư 0,2%).

### 2.4.2. Cường độ tiêu chuẩn: $R_{sn}$

Cường độ tiêu chuẩn của cốt thép lấy bằng giới hạn chảy với xác suất bảo đảm không nhỏ hơn 95%.

Cường độ tiêu chuẩn của một số cốt thép được cho ở phụ lục 5.

### 2.4.3. Cường độ tính toán của cốt thép về kéo: $R_s$

Cường độ tính toán được dùng khi tính theo trạng thái giới hạn. Tiêu chuẩn TCXDVN 356 - 2005 quy định:

$$R_s = \frac{R_{sn}}{k_s} \quad (2.6)$$

$k_s$  - hệ số độ tin cậy của cốt thép lấy bằng  $1,05 \div 1,25$  tuỳ loại thép.

Giá trị cường độ tính toán của các loại thép được cho ở phụ lục 6.

Khi tính toán theo TTGH thứ nhất cường độ tính toán của cốt thép còn có thể được giảm xuống (hoặc tăng lên) bằng cách nhân với hệ số điều kiện làm việc  $\gamma_s$ . Giá trị của các hệ số  $\gamma_s$  được cho ở phụ lục 7.

### 2.4.4. Cường độ tính toán của cốt thép về nén $R_{sc}$

Với cốt thép có  $R_s \leq 400$  MPa thì lấy  $R_{sc} = R_s$ .

Với cốt thép có  $400 \text{ MPa} < R_s < 500 \text{ MPa}$  lấy  $R_{sc} = 400 \text{ MPa}$

Với cốt thép có  $R_s > 500 \text{ MPa}$ , trong nhiều trường hợp cũng chỉ lấy  $R_{sc} = 400 \text{ MPa}$ . Trong trường hợp khi tính toán có kể đến nhiều loại tải trọng tác dụng dài hạn và ngắn hạn có thể lấy  $R_{sc} = 450 \text{ MPa}$  với cốt thép CIV, AIV và  $R_{sc} = 500 \text{ MPa}$  với cốt thép từ AV trở lên.

## 2.5. HỆ SỐ GIỚI HẠN CHIỀU CAO VÙNG NÉN $\xi_R$ VÀ $\xi_d$

### 2.5.1. Hệ số $\xi_R$

Khi tính toán cấu kiện chịu uốn, nén lệch tâm, kéo lệch tâm thường gặp trường hợp trên tiết diện có một vùng chịu nén, một vùng chịu kéo.

Đặt:  $x$  - chiều cao vùng bêtông chịu nén.

$h_o$  - chiều cao làm việc của tiết diện, bằng khoảng cách từ trọng tâm cốt thép chịu kéo đến mép chịu nén.

Tiêu chuẩn TCXDVN 356 - 2005 đưa ra các trường hợp tính toán khi  $x \leq \xi_R h_o$  và  $x > \xi_R h_o$ .

Giá trị của hệ số  $\xi_R$  được xác định bằng công thức thực nghiệm. Với BTCT thường (không có ứng lực trước).

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{R_s}{\sigma_{sc.u}} \left( 1 - \frac{\omega}{1,1} \right)} \quad (2.7)$$

Trong đó:  $\omega$  đặc trưng vùng chịu nén của bêtông

$$\omega = \alpha - 0,008 R_b$$

$R_b$  - cường độ tính toán của bêtông, tính bằng MPa.

$\alpha$  - hệ số lấy phụ thuộc vào loại bêtông. Với bêtông nặng  $\alpha = 0,85$ .

- Với bêtông hạt nhỏ nhóm A và bêtông nhẹ  $\alpha = 0,80$ .
- Với bêtông hạt nhỏ nhóm B, C:  $\alpha = 0,75$ .

Đối với các loại bêtông được chung áp hệ số  $\alpha$  lấy giảm 0,05.

$\sigma_{sc.u}$  - ứng suất giới hạn của cốt thép ở vùng chịu nén được lấy như sau:

a) Đối với cấu kiện làm từ bêtông nặng, bêtông hạt nhỏ, bêtông nhẹ, tùy thuộc vào các yếu tố nêu trong bảng phụ lục 2.

- + Với tải trọng tác dụng như tại mục 2a: ... 500 MPa
- + Với tải trọng tác dụng như tại mục 2b: ... 400 MPa

b) Đối với kết cấu làm từ bêtông rỗng và bêtông tổ ong, trong mọi trường hợp tải trọng đều lấy  $\sigma_{sc.u}$  bằng 400 MPa. Khi tính toán kết cấu trong giai đoạn nén trước giá trị  $\sigma_{sc.u} = 330$  MPa.

Những giá trị thường dùng của  $\xi_R$  (tính toán với  $\alpha = 0,85$  và  $\sigma_{sc.u} = 400$ ) được cho ở phụ lục 9A.

### 2.5.2. Hệ số $\xi_d$

Khi nội lực của dầm và bản được tính toán theo sơ đồ dẻo, để bảo đảm sự hình thành khớp dẻo thì cần hạn chế chiều cao vùng nén ở những tiết diện dự kiến xuất hiện khớp dẻo:

$$x \leq \xi_d h_o \text{ hoặc } \xi = \frac{x}{h_o} \leq \xi_d \quad (2.8)$$

$\xi_d$  - hệ số hạn chế chiều cao vùng nén ở khớp dẻo.

Với bêtông cấp độ bênh B25 trở xuống lấy  $\xi_d = 0,37$ . Với B60 lấy  $\xi_d = 0,3$ . Trong khoảng giữa, lấy  $\xi_d$  theo nội suy:

$$\xi_d = 0,37 - 0,002(B - 25)$$

Giá trị  $\xi_d$  cho ở phụ lục 9B.

### 2.5.3. Thí dụ xác định $\xi_R$

**Thí dụ 2.1.** Bêtông nặng cấp độ bênh B15, cốt thép CII. Yêu cầu xác định hệ số  $\xi_R$ .

Bêtông nặng có  $\alpha = 0,85$ ; cấp B15 có  $R_b = 8,5 \text{ MPa}$ .

Thép CII có  $R_s = 285 \text{ MPa}$ .

$$\omega = \alpha - 0,008R_b = 0,85 - 0,008 \times 8,5 = 0,782$$

Lấy  $\sigma_{sc.u} = 400 \text{ MPa}$

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{R_s}{\sigma_{sc.u}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,782}{1 + \frac{285}{400} \left(1 - \frac{0,782}{1,1}\right)} = 0,648$$

**Thí dụ 2.2.** Bêtông nặng cấp B40, cốt thép CIII, xác định  $\xi_R$ .

Có:  $\alpha = 0,85$ ;  $R_b = 22$ ;  $R_s = 365 \text{ MPa}$ ;  $\sigma_{sc.u} = 400 \text{ MPa}$

$$\omega = \alpha - 0,008R_b = 0,85 - 0,008 \times 22 = 0,674.$$

$$\xi_R = \frac{0,674}{1 + \frac{365}{400} \left(1 - \frac{0,674}{1,1}\right)} = 0,498$$

## Chương 3

# TÍNH TOÁN CỐT THÉP DỌC CẤU KIỆN CHỊU UỐN

### 3.1. ĐẠI CƯƠNG VỀ TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU UỐN

#### 3.1.1. Nội lực

Cấu kiện chịu nội lực chủ yếu là mômen uốn  $M$ , ngoài ra thường có thêm lực cắt  $Q$ . Dưới tác dụng của  $M$  cấu kiện có thể bị phá hoại theo tiết diện thẳng góc với trục. Dưới tác dụng của  $Q$  sự phá hoại xảy ra theo tiết diện nghiêng. Chương này, trình bày cách tính toán cấu kiện chịu mômen, theo tiết diện thẳng góc. Tính toán chịu lực cắt theo tiết diện nghiêng được giới thiệu trong chương 4 và 5.

Trong kết cấu tĩnh định nội lực được tính toán theo một sơ đồ duy nhất, đó là sơ đồ đàn hồi.

Trong kết cấu siêu tĩnh nội lực có thể được tính theo sơ đồ đàn hồi hoặc sơ đồ dẻo có kể đến sự phân phối lại mômen uốn.

Khi lấy giá trị mômen uốn  $M$  để tính toán cần phân biệt đó là mômen dương hay âm để đặt đúng vị trí cốt thép chịu lực và biết  $M$  được tính theo sơ đồ đàn hồi hay dẻo để lấy đúng giá trị giới hạn vùng nén là  $\xi_R$  hoặc  $\xi_d$ .

#### 3.1.2. Tiết diện thẳng góc

Cấu kiện chịu uốn thường là bản hoặc dầm, tiết diện thường có dạng chữ nhật, chữ T. Dùng các kí hiệu sau:

$h$  - chiều cao tiết diện, là cạnh trong phương mặt phẳng uốn. Với bản  $h$  là chiều dày của nó.

$b$  - Bề rộng tiết diện chữ nhật hoặc bề rộng phần sườn của tiết diện chữ T, là cạnh vuông góc với mặt phẳng uốn. Với bản  $b$  được lấy bằng bề rộng của dải bản đã dùng để tính  $M$ , thông thường bề rộng dải bản bằng 1m.

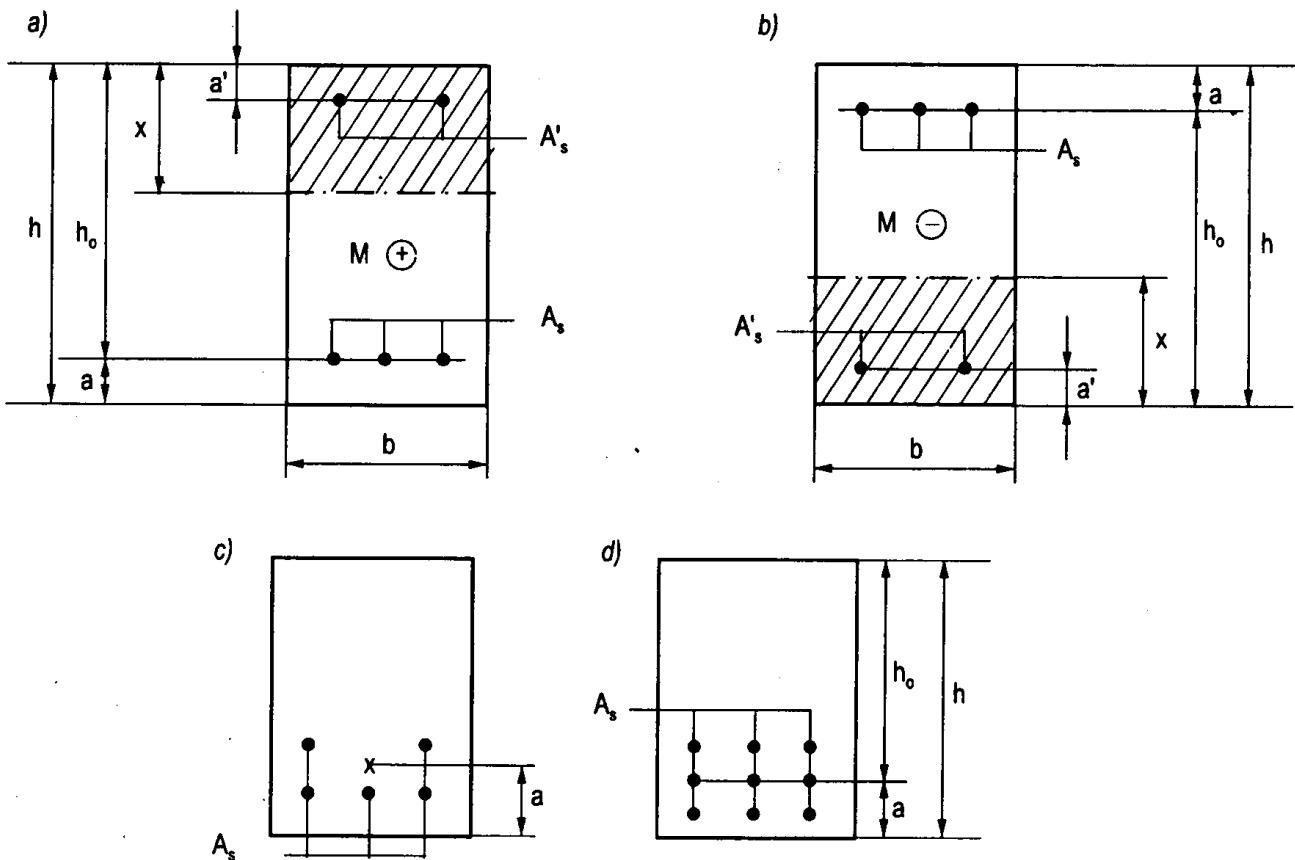
$A_s; A'_s$  - diện tích các cốt thép chịu lực đặt trong vùng kéo và trong vùng nén. Khi trong tính toán có kể đến cả  $A_s$  và  $A'_s$  ta có tiết diện đặt cốt thép kép. Khi trong tính toán chỉ kể đến  $A_s$  (trong vùng nén không có cốt thép hoặc có nhưng chỉ được xem là cốt thép cấu tạo, không kể vào trong tính toán) ta có tiết diện đặt cốt thép đơn.

$a, a'$  - chiều dày lớp đệm,  $a$  là khoảng cách từ trọng tâm cốt thép  $A_s$  đến mép chịu kéo của tiết diện,  $a'$  là khoảng cách từ trọng tâm  $A'_s$  đến mép chịu nén.

Cốt thép  $A_s, A'_s$  có thể được đặt thành một lớp hoặc nhiều lớp. Khi đặt cốt thép một lớp việc xác định  $a, a'$  là đơn giản. Khi đặt cốt thép thành nhiều lớp cần tìm vị trí trọng tâm của  $A_s, A'_s$ , từ đó xác định  $a, a'$ . Để xác định vị trí trọng tâm của  $A_s, A'_s$  có thể dùng cách tính chính xác hoặc gần đúng.

$h_o = h - a$  - chiều cao làm việc của tiết diện, bằng khoảng cách từ trọng tâm cốt thép  $A_s$  đến mép vùng nén;

$x$  - chiều cao vùng bê tông chịu nén.



**Hình 3.1: Sơ đồ tính toán tiết diện chữ nhật**

a) Tiết diện chịu mômen dương, b) Tiết diện chịu mômen âm;

c, d) Chiều dày lớp đệm  $a$  khi đặt  $A_s$  thành nhiều lớp.

### 3.1.3. Điều kiện về khả năng chịu lực

Tính toán cấu kiện chịu uốn theo trạng thái giới hạn về khả năng chịu lực, điều kiện cần thoả mãn là:

$$M \leq M_{gh} \quad (3.1)$$

$M$  - mômen uốn bất lợi mà tiết diện phải chịu, được lấy theo tổ hợp nội lực hoặc hình bao mômen.

$M_{gh}$  - khả năng chịu lực của tiết diện ở trạng thái giới hạn. Sau đây sẽ tiến hành lập biểu thức xác định  $M_{gh}$  cho từng loại tiết diện và trình bày cách giải các loại bài toán.

## 3.2. TIẾT DIỆN CHỮ NHẬT ĐẶT CỐT THÉP ĐƠN

### 3.2.1. Sơ đồ, công thức cơ bản

Sơ đồ tiết diện thể hiện ở hình 3.1 trong đó cho  $A'_s = 0$ . Để lập công thức tính  $M_{gh}$  dùng các giả thiết sau:

- Bỏ qua sự làm việc của bêtông vùng kéo (xem là bị nứt), toàn bộ nội lực kéo do cốt thép  $A_s$  chịu. Khi thoả mãn điều kiện  $x \leq \xi_R h_o$  thì ứng suất trong cốt thép  $A_s$  đạt đến giá trị cường độ chịu kéo tính toán  $R_s$ . xem hợp lực trong cốt thép chịu kéo là bằng  $R_s A_s$  và đặt tại trọng tâm của  $A_s$ .

- Ứng suất trong bêtông vùng nén đạt giá trị  $R_b$  và phân bố đều.

Lấy mômen đối với trục vuông góc với mặt phẳng uốn và đi qua điểm đặt hợp lực trong cốt thép  $A_s$ , có được:

$$M_{gh} = R_b b x \left( h_o - \frac{x}{2} \right) \quad (3.2)$$

Chiều cao vùng nén  $x$  được xác định từ điều kiện cân bằng lực;

$$R_s A_s = R_b b x \quad (3.3)$$

Điều kiện của  $x$  là:

Khi nội lực được tính theo sơ đồ đàn hồi:

$$x \leq \xi_R h_o \text{ hoặc } \xi = \frac{x}{h_o} \leq \xi_R \quad (3.4a)$$

Khi nội lực được tính theo sơ đồ dẻo, tại các tiết diện dự kiến có khớp dẻo xuất hiện:

$$x \leq \xi_d h_o \text{ hoặc } \xi \leq \xi_d \quad (3.4b)$$

$\xi_R$  - hệ số hạn chế chiều cao vùng nén, xác định theo công thức (2.7) hoặc theo phụ lục 9a.

$\xi_d$  - hệ số hạn chế chiều cao vùng nén ở khớp dẻo, lấy theo chỉ dẫn ở công thức (2.8) hoặc theo phụ lục 9b.

Biểu thức (3.2) là khả năng chịu lực tính theo vùng nén. Đem thay  $R_b b x$  bằng  $R_s A_s$  sẽ được biểu thức (3.5) là khả năng chịu lực tính theo cốt thép chịu kéo

$$M_{gh} = R_s A_s \left( h_o - \frac{x}{2} \right) \quad (3.5)$$

### 3.2.2. Biến đổi công thức

Để thuận tiện cho việc tính toán đem biến đổi công thức như sau:

$$\text{Đặt } \xi = \frac{x}{h_o}; \quad \gamma = 1 - 0,5\xi; \quad \alpha_m = \xi\gamma \quad (3.6)$$

Khi có:  $\alpha_m$  thì tính  $\xi$  và  $\gamma$  theo  $\alpha_m$  như sau:

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} \quad (3.6a)$$

$$\gamma = 1 - 0,5\xi = 0,5 \left( 1 + \sqrt{1 - 2\alpha_m} \right) \quad (3.6b)$$

Cũng có thể tra các hệ số theo bảng ở phụ lục 10.

Khả năng chịu lực được biến đổi thành:

$$\text{Tính theo vùng nén: } M_{gh} = \alpha_m R_b b h_o^2 \quad (3.2a)$$

$$\text{Tính theo cốt thép: } M_{gh} = R_s A_s \gamma h_o \quad (3.5a)$$

$$\text{Phương trình cân bằng lực: } R_s A_s = \xi R_b b h_o$$

### 3.2.3. Bài toán xác định khả năng chịu lực

Biết kích thước tiết diện và cấu tạo của cốt thép, yêu cầu xác định  $M_{gh}$ . Mục đích của việc xác định  $M_{gh}$  là để kiểm tra khả năng chịu lực theo điều kiện (3.1) khi đã biết mômen  $M$  hoặc để vẽ hình bao vật liệu (xem mục 5.6).

Từ (3.3a) rút ra  $\xi$

$$\xi = \frac{R_s A_s}{R_b b h_o} \quad (3.7)$$

Trường hợp 1 - khi  $\xi \leq \xi_R$  tính  $\gamma = 1 - 0,5\xi$ . Tính  $M_{gh}$  theo công thức (3.5a).

Trường hợp 2 - Khi  $\xi > \xi_R$  chứng tỏ cốt thép quá lớn, ứng suất trong cốt thép không thể đạt đến  $R_s$ , sự phá hoại xảy ra từ phía bê tông chịu nén. Lúc này phải tính  $M_{gh}$  theo công thức (3.2) hoặc (3.2a) trong đó giá trị của  $x$  được xác định bằng cách giải đồng thời hệ hai phương trình (3.8) và (3.9).

$$\sigma_s A_s = R_b b x \quad (3.8)$$

$$\sigma_s = \frac{(0,2 + \xi_R) h_o R_s}{0,2 h_o + x} \quad (3.9)$$

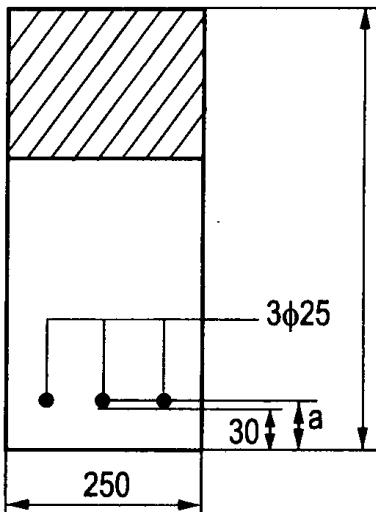
$\sigma_s \leq R_s$  - ứng suất trong cốt thép chịu kéo

Có thể không cần giải hai phương trình trên mà lấy gần đúng  $x = \xi_R h_o$  hoặc  $\alpha_m = \alpha_R = \xi_R (1 - 0,5\xi_R)$  để tính toán  $M_{gh}$ .

Trường hợp 3. Khi có yêu cầu tính toán tiết diện của kết cấu siêu tĩnh, tại nơi dự định hình thành khớp dẻo thì cần kiểm tra điều kiện  $\xi \leq \xi_d$ . Nếu xảy ra  $\xi > \xi_d$  thì tiết diện đang xét không thể hình thành khớp dẻo.

**Thí dụ 3.1.** Dầm có tiết diện như hình vẽ. Bê tông cấp cường độ B20, cốt thép CII. Yêu cầu kiểm tra xem dầm có đủ khả năng chịu mô men uốn  $M = 150$  kNm. Số liệu:  $b = 250$ ;  $h = 600\text{mm}$ ; chiều dày lớp bảo vệ  $30\text{mm}$ ;

$$a = 30 + \frac{25}{2} = 43\text{mm} \quad h_o = h - a = 600 - 43 = 557\text{mm},$$



$A_s = 3\phi 25 = 1173 \text{mm}^2$ . B20 có  $R_b = 11,5 \text{MPa}$  (không có hệ số điều kiện làm việc). CII có  $R_s = 280 \text{ MPa}$ . Hệ số  $\xi_R = 0,622$  (phụ lục 9A).

Tính toán:

$$\xi = \frac{R_s A_s}{R_b b h_o} = \frac{280 \times 1173}{11,5 \times 250 \times 557} = 0,205 < \xi_R = 0,62$$

$$\gamma = 1 - 0,5\xi = 1 - 0,5 \times 0,205 = 0,897$$

$$M_{gh} = R_s A_s \gamma h_o = 280 \times 1173 \times 0,897 \times 557 = 164000000 \text{ Nmm}$$

$$M_{gh} = 164 \text{ kNm}; M = 150 \text{ kNm}$$

Thoả mãn điều kiện  $M < M_{gh}$

**Thí dụ 3.2.** Dầm có tiết diện như hình vẽ.

Bê tông cấp B25. Cốt thép CIII.

Yêu cầu xác định  $M_{gh}$ .

Số liệu:  $b = 200$ ;  $h = 550$ mm

Cốt thép được đặt thành hai lớp:

Lớp 1 gồm  $3\phi 18$ ;  $A_{s1} = 763 \text{mm}^2$ ;

$$a_1 = 25 + \frac{18}{2} = 34 \text{mm}$$

Lớp 2 gồm  $2\phi 20$ ;  $A_{s2} = 628 \text{mm}^2$ ;

$$a_2 = 25 + 18 + 30 + \frac{20}{2} = 83 \text{mm}$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 763 + 628 = 1391 \text{mm}^2$$

Tính khoảng cách a theo lí thuyết:

$$a = \frac{A_{s1}a_1 + A_{s2}a_2}{A_s} = \frac{763 \times 34 + 628 \times 83}{1391} = 56 \text{mm}$$

**Chú thích:** Trong tính toán thực hành có thể tính gần đúng a nằm giữa  $A_{s1}$  và  $A_{s2}$ .

$$a = 25 + 18 + \frac{30}{2} = 58 \text{mm} \text{ hoặc } a = \frac{a_1 + a_2}{2} = \frac{34 + 83}{2} = 59 \text{mm}$$

$$h_o = h - a = 550 - 58 = 492 \text{mm}$$

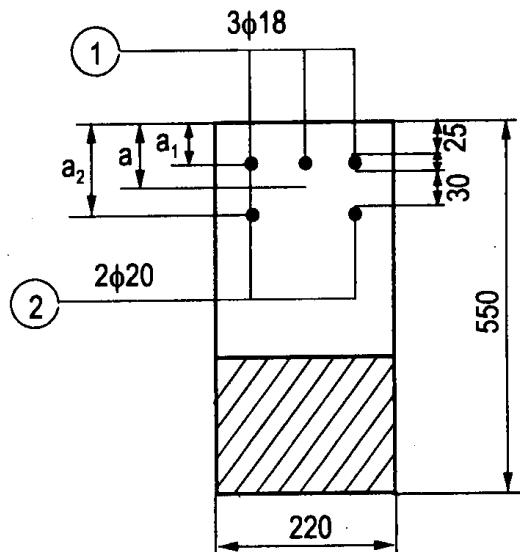
B25 có  $R_b = 14,5 \text{ MPa}$ ; CII có  $R_s = 365 \text{ MPa}$ ;  $\xi_R = 0,563$

$$\text{Tính toán: } \xi = \frac{R_s A_s}{R_b b h_o} = \frac{365 \times 1391}{14,5 \times 220 \times 492} = 0,324 < \xi_R = 0,563$$

$$\gamma = 1 - 0,5\xi = 1 - 0,5 \times 0,324 = 0,838$$

$$M_{gh} = R_s A_s \gamma h_o = 365 \times 1391 \times 0,838 \times 492 = 209000000 \text{ Nmm} = 209 \text{ kNm}$$

Cốt thép chịu kéo đặt ở phía trên vậy khả năng chịu lực của tiết diện là ứng với mômen âm.



**Thí dụ 3.3.** Dầm có tiết diện như hình vẽ. Bêtông cấp B30, cốt thép RB500. Yêu cầu xác định khả năng chịu lực (mômen dương)

Số liệu:  $b = 300$ ;  $h = 800\text{mm}$

Tính gần đúng chiều dày lớp đệm  $a$ .

$$a = 30 + 28 + 30 + \frac{28}{2} = 100\text{mm}$$

$$h_o = 800 - 100 = 700\text{mm}; A_s = 10\phi 28 = 6158\text{mm}^2;$$

Bê tông B30 có  $R_b = 17 \text{ MPa}$ ; thép RB500 có  $R_s = 400\text{MPa}$ ;  $\xi_R = 0,528$

$$\xi = \frac{R_s A_s}{R_b b h_o} = \frac{400 \times 6158}{17 \times 300 \times 700} = 0,69 > \xi_R = 0,528$$

Cốt thép quá nhiều. Tính chiều cao vùng nén  $x$  bằng hệ hai phương trình:

$$\text{Từ: } \sigma_s A_s = R_b b x \text{ có } \sigma_s = \frac{R_b b x}{A_s} = \frac{17 \times 300}{6158} x = 0,8282x$$

$$\sigma_s = \frac{(0,2 + \xi_R) h_o R_x}{0,2 h_o + x} = \frac{(0,2 + 0,528) 700 \times 400}{0,2 \times 700 + x} = 0,8282x$$

Phương trình của  $x$  là:  $0,8282x^2 + 115,948x - 203840 = 0$

Giải phương trình tìm được  $x = 430\text{mm}$

$$M_{gh} = R_b b x \left( h_o - \frac{x}{2} \right) = 17 \times 300 \times 430 \left( 700 - \frac{430}{2} \right) = 1063000000\text{Nmm}$$

$$M_{gh} = 1063 \text{ kNm}$$

Nếu dùng cách tính gần đúng, lấy  $x = \xi_R h_o = 0,528 \times 700 = 370\text{mm}$  hoặc  $\alpha_R = 0,528 (1 - 0,5 \times 0,528) = 0,388$ . Lấy  $\alpha_m = \alpha_R = 0,388$

$$M_{gh} = \alpha_m R_b b h_o^2 = 0,388 \times 17 \times 300 \times 700^2 = 969600000\text{Nmm}$$

$$M_{gh} = 969,6 \text{ kNm. So với giá trị } 1063 \text{ kNm thì có sai số } 8\%.$$

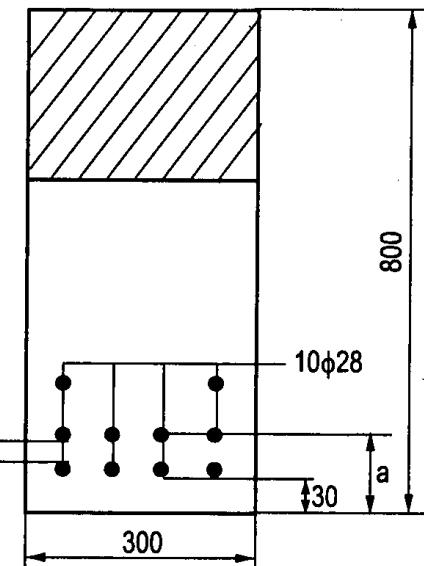
### 3.2.4. Bài toán tính cốt thép

Biết kích thước tiết diện và mômen  $M$ , yêu cầu xác định cốt thép chịu lực  $A_s$ .

Vì chưa có cấu tạo của cốt thép nên chưa thể tính được khoảng cách  $a$  mà phải giả thiết  $a$  để tính  $h_o$ .

Cho  $M = M_{gh}$  theo công thức (3.2a) tính ra  $\alpha_m$

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_o^2} \quad (3.10)$$



Từ  $\alpha_m$  tra bảng ở phụ lục 9 ra  $\xi$  hoặc tính  $\xi$  theo công thức (3.6a). Kiểm tra giá trị  $\xi$  theo điều kiện (3.4). Khi điều kiện (3.4) được thoả mãn, tính  $\gamma = 1 - 0,5\xi$ . Từ điều kiện  $M = M_{gh}$  theo (3.5a) rút ra công thức tính  $A_s$ :

$$A_s = \frac{M}{R_s \gamma h_o} \quad (3.11)$$

$$\text{Tính tỉ lệ cốt thép } \mu = \frac{A_s}{bh_o} \text{ hoặc } \mu\% = \frac{100A_s}{bh_o}$$

Điều kiện về cấu tạo là  $\mu \geq \mu_{min}$ . Khi xảy ra  $\mu < \mu_{min}$  chứng tỏ tiết diện quá lớn so với  $M$ , lúc này nếu có thể thì rút bớt kích thước tiết diện để tính lại, nếu không rút bớt kích thước thì cần chọn đặt cốt thép theo yêu cầu tối thiểu,  $A_s = \mu_{min}bh_o$ .

Khi mà điều kiện (3.4) không được thoả mãn chứng tỏ tiết diện quá bé, lúc này nên tăng kích thước để tính lại, nếu không thể tăng kích thước thì cần tính toán tiết diện theo trường hợp đặt cốt thép kép.

Sau khi đã chọn và bố trí cốt thép cần xác định lại khoảng cách  $a$  và  $h_o$ . Khi  $h_o$  theo cấu tạo thực tế lớn hơn giá trị  $h_o$  đã dùng trong tính toán là bảo đảm an toàn. Nếu  $h_o$  thực tế nhỏ hơn  $h_o$  đã dùng thì cần tính lại theo giá trị  $h_o$  thực tế.

**Thí dụ 3.4.** Bản sàn có chiều dày  $h = 80mm$ . Nội lực tính theo sơ đồ dẻo có được  $M = 5,8 kNm$  trên dài bản rộng  $b = 1m$ . Bê tông cấp độ bền B15. Yêu cầu tính toán cốt thép bằng thép CI.

Số liệu:  $b = 1m = 1000mm$ ;  $h = 80mm$ . Giả thiết  $a = 20mm$ ;  $h_o = 80 - 20 = 60$ .

B15 có  $R_b = 8,5 MPa$ ; Thép CI có  $R_s = 225 MPa$ ;

Nội lực theo sơ đồ dẻo, với B15 có  $\xi_d = 0,37$ .

$$\text{Tính toán: } \alpha_m = \frac{M}{R_b bh_o^2} = \frac{5,8 \times 10^6}{8,5 \times 1000 \times 60^2} = 0,19$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,19} = 0,212 < \xi_d = 0,37$$

$$\gamma = 1 - 0,5\xi = 1 - 0,5 \times 0,212 = 0,894$$

$$A_s = \frac{M}{R_b \gamma h_o} = \frac{5,8 \times 10^6}{225 \times 0,894 \times 60} = 480 mm^2$$

$$\mu = \frac{A_s}{bh_o} = \frac{480}{1000 \times 60} = 0,008 = 0,8\% > \mu_{min} = 0,1\%$$

Chọn cốt thép  $\phi 8$  có diện tích  $a_s = 50,3 mm^2$

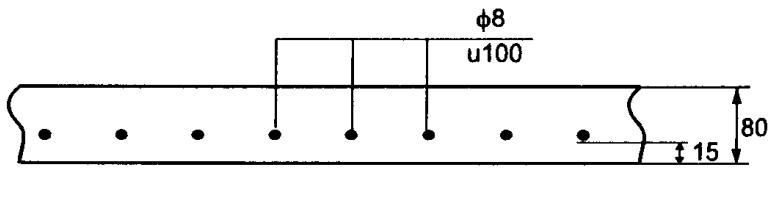
Khoảng cách giữa các thanh cốt thép là  $u$ :

$$u = \frac{b \cdot a_s}{A_s} = \frac{1000 \times 50,3}{480} = 104 mm$$

Chọn đặt  $\phi 8$ , khoảng cách 100.

Chiều dày lớp bảo vệ  $c = 15\text{mm}$

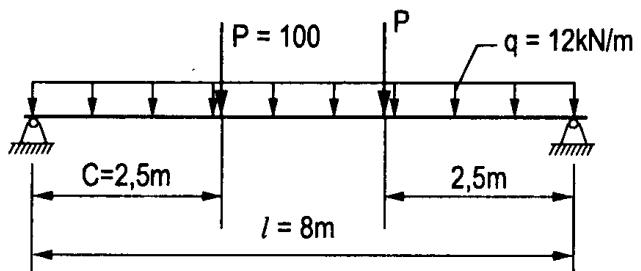
$$a = 15 + \frac{8}{2} = 19\text{mm}$$



$$h_o = 80 - 19 = 61\text{mm} \text{ lớn hơn giá trị đã dùng để tính toán.}$$

*Chú thích:* Trong thí dụ trên giá trị  $M$  được nhân với  $10^6$  là hệ số chuyển đơn vị từ  $\text{kNm}$  thành  $\text{Nmm}$  để tính toán.

**Thí dụ 3.5.** Cho dầm có sơ đồ như hình vẽ, chịu tải trọng phân bố đều  $q = 12\text{kN/m}$ , tải trọng tập trung  $P = 100\text{kN}$ . Tiết diện dầm:  $b = 220$ ;  $h = 700\text{mm}$ . Bêtông cấp B20. Yêu cầu tính cốt thép bằng thép nhóm CIII. Tính nội lực theo sơ đồ dầm tĩnh định:



$$M = q \frac{l^2}{8} + P.C = 12 \times \frac{8^2}{8} + 100 \times 2,5 = 346 \text{ kNm}$$

Số liệu: giả thiết  $a = 40\text{mm}$ ;  $h_o = 700 - 40 = 660\text{mm}$ .

B20 có  $R_b = 11,5 \text{ MPa}$ ; CIII có  $R_s = 365$ ;  $\xi_R = 0,590$

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_o^2} = \frac{346 \times 10^6}{11,5 \times 220 \times 660^2} = 0,314; \quad \xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,314} = 0,39$$

$$\xi = 0,39 < \xi_R = 0,59; \quad \gamma = 1 - 0,5\xi = 1 - 0,5 \times 0,39 = 0,805$$

$$A_s = \frac{M}{R_s \gamma h_o} = \frac{346 \times 10^6}{365 \times 0,805 \times 660} = 1784 \text{ mm}^2 \text{ chọn } 6\phi 20 = 1885.$$

$$\mu = \frac{A_s}{b h_o} = \frac{1784}{22,0 \times 640} = 0,0126 = 1,26\% > \mu_{min}$$

Chọn lớp bảo vệ  $c = 25$ . Bố trí cốt thép như hình vẽ.

Khoảng hở cốt thép:

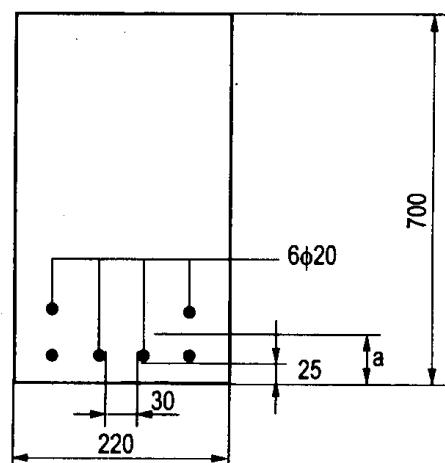
$$t = \frac{220 - 2 \times 25 - 4 \times 20}{3} = 30\text{mm}$$

Tính  $a$  (gắn đúng)

$$a = 25 + 20 + 15 = 60\text{mm}.$$

$h_o = 700 - 60 = 640$  bé hơn giá trị đã dùng để tính toán là 660. Cần tính lại với  $h_o = 640$ .

$$\alpha_m = \frac{346 \times 10^6}{11,5 \times 220 \times 640^2} = 0,334; \quad \xi = 0,424; \quad \gamma = 0,788$$



$$A_s = \frac{346 \times 10^6}{365 \times 0,788 \times 640} = 1879 \text{mm}^2. Đã chọn } 6\phi 20 = 1885 \text{mm}^2.$$

Đủ theo yêu cầu, không cần phải chọn lại.

**Thí dụ 3.6.** Cho dầm liên tục tính theo sơ đồ dẻo, mômen âm ở gối tựa  $M = 96 \text{kNm}$ . Tính toán theo tiết diện chữ nhật  $b = 180$ ,  $h = 500 \text{mm}$ . Bê tông cấp độ bê tông B20, cốt thép loại RB 300.

Số liệu: Giả thiết  $a = 60$ ;  $h_o = 500 - 60 = 440 \text{mm}$ .

B20 có  $R_b = 11,5 \text{MPa}$ ; thép RB300 có  $R_s = 280 \text{ MPa}$ .

Nội lực theo sơ đồ dẻo, với B20 có  $\xi_d = 0,37$ .

Tính toán:  $\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_o^2} = \frac{96 \times 10^6}{11,5 \times 180 \times 440^2} = 0,24$ .

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,24} = 0,28 < \xi_d = 0,37$$

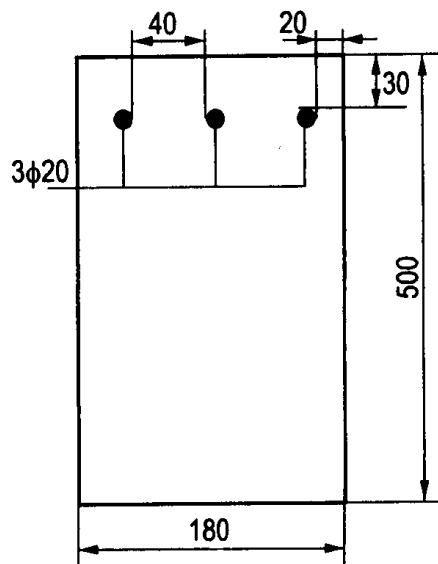
$$\gamma = 1 - 0,5\xi = 1 - 0,5 \times 0,28 = 0,86$$

$$A_s = \frac{M}{R_s \gamma h_o} = \frac{96 \times 10^6}{280 \times 0,86 \times 440} = 906 \text{mm}^2$$

$$\mu = \frac{906}{180 \times 440} = 0,011 = 1,1\% > \mu_{min} = 0,1\%$$

Chọn  $3\phi 20 = 9,42 \text{mm}^2$ . Mômen âm, đặt cốt thép chịu lực phía trên. Đặt cốt thép thành một lớp, khoảng hở 40mm. Lớp bảo vệ 30mm;  $a = 30 + \frac{20}{2} = 40$ ,

$$h_o = 500 - 40 = 460 \text{mm} \text{ lớn hơn giá trị đã dùng để tính toán.}$$



### 3.3. TIẾT DIỆN CHỮ NHẬT ĐẶT CỐT THÉP KÉP

#### 3.3.1. Các trường hợp

Tiết diện đặt cốt thép kép là tiết diện được tính toán với cốt thép trong vùng kéo  $A_s$  và trong vùng nén  $A'_s$ . Kể thêm cốt thép  $A'_s$  trong hai trường hợp: hoặc là bê tông chưa đủ khả năng chịu lực cần đặt thêm cốt thép chịu nén hoặc là trong vùng nén đã có sẵn cốt thép mà ta muốn kể vào trong tính toán.

#### 3.3.2. Sơ đồ, công thức cơ bản

Sơ đồ tiết diện thể hiện ở hình 3.1a, b. Giả thiết tính toán như ở mục 3.2.1, ngoài ra còn thêm: ứng suất trong cốt thép chịu nén  $A'_s$  đạt đến cường độ chịu nén  $R_{sc}$  khi  $x \geq 2a'$ . Nếu  $x < 2a'$  ứng suất chưa đạt  $R_{sc}$ .

Lấy mômen các lực đối với trục đi qua trọng tâm cốt thép chịu kéo có được  $M_{gh}$  là khả năng chịu lực theo vùng nén.

$$M_{gh} = R_b b x \left( h_o - \frac{x}{2} \right) + R_{sc} A'_s (h_o - a') \quad (3.12)$$

Phương trình cân bằng lực:

$$R_s A_s = R_b b x + R_{sc} A'_s \quad (3.13)$$

Hai biểu thức (3.10), (3.11) được dùng khi thoả mãn điều kiện hạn chế của x:

$$x \leq \xi_R h_o \text{ (hoặc } x \leq \xi_d h_o \text{) theo (3.4)}$$

$$x \geq 2a'$$

Nếu trong tính toán xảy ra  $x < 2a'$  thì phải xác định  $M_{gh}$  theo khả năng của vùng kéo bằng cách lấy mômen các lực đối với trục đi qua điểm đặt hợp lực của vùng nén, theo công thức (3.14)

$$M_{gh} = R_s A_s Z \quad (3.14)$$

Z - cánh tay đòn nội lực. Xác định Z một cách gần đúng như sau:

$$Z = \max (Z_a ; Z_b) \quad (3.15)$$

$$Z_a = h_o - a'$$

$$Z_b = h_o - \frac{x}{2} = (1 - 0,5\xi) h_o \quad (3.16)$$

Trong đó  $\xi$  được tính theo công thức (3.7) hoặc x được tính từ phương trình (3.3) không kể đến  $A'_s$ .

Thông thường lấy  $Z = Z_a$ , chỉ khi  $a'$  khá lớn mới lấy  $Z = Z_b$ .

### 3.3.3. Điều kiện hạn chế của M và $M_{gh}$

Tiết diện đặt cốt thép kép có thể chịu được một mômen M khá lớn so với tiết diện đặt cốt thép đơn. Tuy vậy, với M khá lớn sẽ phải đặt  $A'_s$  và  $A_s$  quá lớn, không hợp lý về phương diện sử dụng vật liệu. Kinh nghiệm thiết kế thấy rằng cần hạn chế giá trị M theo điều kiện (3.17).

$$M \leq M_{gh\max} = 0,5 R_b b h_o^2 \quad (3.17)$$

Giá trị  $M_{gh\max}$  được tính dựa vào khả năng chịu lực của vùng nén, theo công thức (3.2a) trong đó lấy  $\alpha_m = 0,5$ .

### 3.3.4. Bài toán xác định $M_{gh}$

Biết kích thước của tiết diện, cấu tạo của  $A'_s, A_s$ . Yêu cầu xác định khả năng chịu lực  $M_{gh}$ .

Từ phương trình (3.13) rút ra x

$$x = \frac{R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} \quad (3.18)$$

Trường hợp 1. Khi thoả mãn điều kiện:  $2a' \leq x \leq \xi_R h_o$ , đem thay x và  $A'_s$  vào công thức (3.12) để tính  $M_{gh}$ .

Trường hợp 2. Khi xảy ra  $x < 2a'$  (kể cả khi  $x < 0$ ) chứng tỏ  $A_s$  là tương đối bé, tính  $M_{gh}$  theo công thức (3.14).

Trường hợp 3. Khi xảy ra  $x > \xi_R h_o$  chứng tỏ  $A_s$  quá lớn. Lúc này cần xác định x bằng cách giải đồng thời hai phương trình (3.9) và (3.19).

$$\sigma_s A_s - R_{sc} A'_s = R_b b x \quad (3.19)$$

Có được x, dùng công thức (3.12) để tính  $M_{gh}$ . Có thể không cần giải hệ hai phương trình để xác định x mà lấy gần đúng  $x = \xi_R h_o$  để tính toán.

*Chú ý:* Giá trị  $M_{gh}$  tính được cùng không lấy lớn hơn  $M_{ghmax}$  theo công thức (3.17).

### 3.3.5. Bài toán tính cốt thép $A'_s$ và $A_s$

Biết kích thước tiết diện và mômen M. Yêu cầu tính cốt thép. Trước hết tính  $\alpha_m$  theo công thức (3.10), từ  $\alpha_m$  tính hoặc tra bảng ra  $\xi$ . Khi  $\xi$  thoả mãn điều kiện (3.4) thì tính toán theo tiết diện cốt thép đơn, xác định  $A_s$  theo công thức (3.11) còn  $A'_s = 0$ .

Khi điều kiện (3.4) không được thoả mãn có nghĩa là  $\xi > \xi_R$  hoặc  $\xi > \xi_d$  (nếu nội lực theo sơ đồ dẻo) mà không tăng kích thước tiết diện (hoặc tăng cấp bêtông) để tính lại thì cần tính cốt thép  $A'_s$ . Tuy vậy cũng chỉ tính  $A'_s$  khi mà  $\alpha_m \leq 0,5$  (theo điều kiện 3.17). Nếu  $\alpha_m > 0,5$  thì bắt buộc phải tăng kích thước tiết diện hoặc tăng cấp bêtông để giảm  $\alpha_m$  xuống dưới 0,5 rồi mới tính toán tiếp.

Lúc này có hai phương trình (3.12) và (3.13) để xác định 3 ẩn số là x,  $A'_s$  và  $A_s$ . Bài toán có nhiều nghiệm trong lúc với thiết kế thực tế chỉ cần một nghiệm hợp lí là được. Để giải bài toán có thể chọn trước giá trị x hoặc  $A'_s$  để xác định hai ẩn còn lại.

Chọn trước x một giá trị trong khoảng hạn chế:  $2a' \leq x \leq \xi_R h_o$  (hoặc  $\xi_d h_o$ ). Đem thay x vào biểu thức (3.12), dùng điều kiện  $M = M_{gh}$  rút ra công thức tính  $A'_s$ .

$$A'_s = \frac{M - R_b b x (h_o - \frac{x}{2})}{R_{sc} (h_o - a')} \quad (3.20)$$

Khi tính được  $A'_s > 0$ , đem thay  $A'_s$  và x vào phương trình (3.13) rút ra công thức tính  $A_s$

$$A_s = \frac{R_b b x + R_{sc} A'_s}{R_s} \quad (3.21)$$

Tổng  $A_{st} = A_s + A'_s$  phụ thuộc vào x. Có thể chứng minh với  $x = \frac{h_o + a'}{2}$  thì sẽ có được  $A_{stmin}$ . Vì vậy trong tính toán nên chọn x gần với giá trị  $\frac{h_o + a'}{2}$ . Thông thường có thể lấy  $x = \xi_R h_o$  hoặc  $x = \xi_d h_o$  để tính toán.

### 3.3.6. Bài toán tính $A_s$ khi đã biết $A'_s$

Biết kích thước tiết diện,  $A'_s$  và  $M$ . Yêu cầu tính cốt thép  $A_s$ . Có thể biết trước  $A'_s$  bằng cách: do cấu tạo mà đã có sẵn cốt thép trong vùng nén, nó được kể đến trong tính toán, hoặc trong bài toán ở mục 3.3.5 chúng ta chọn trước  $A'_s$  theo một dự kiến nào đó. Lúc này cần xác định hai ẩn số là  $x$  và  $A_s$ .

Để tính  $x$ , cho  $M = M_{gh}$  và đưa vào phương trình (3.10). Để tránh việc giải phương trình bậc 2, đem đặt  $\xi = \frac{x}{h_o}$  và  $\alpha_m^* = \xi(1 - 0,5\xi)$ .

$$\alpha_m^* = \frac{M - R_{sc}A'_s(h_o - a')}{R_b b h_o^2} \quad (3.22)$$

Từ  $\alpha_m^*$  tra bảng hoặc tính ra  $\xi$ :

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m^*}$$

Tính  $x = \xi h_o$ . Xét ba trường hợp

Trường hợp 1: Khi  $x$  thoả mãn điều kiện hạn chế  $2a' \leq x \leq \xi_R h_o$  (hoặc  $\xi_d h_o$ ) thì tính  $A_s$  theo công thức (3.21).

Trường hợp 2: Khi  $x > 2a'$  (kể cả trường hợp  $\alpha_m < 0$ ) chứng tỏ cốt thép  $A'_s$  là quá lớn, nếu được thì giảm bớt  $A'_s$  để tính lại. Nếu không giảm  $A'_s$  để tính lại thì tính  $A_s$  theo công thức (3.23) rút ra từ điều kiện  $M = M_{gh}$  trong đó  $M_{gh}$  được xác định theo (3.14).

$$A_s = \frac{M}{R_s z} \quad (3.23)$$

Trường hợp 3: Khi  $x > \xi_R h_o$  (hoặc  $\xi_d h_o$ ) chứng tỏ cốt thép  $A'_s$  đã biết là quá bé, chưa đủ, cần xác định  $A'_s$  theo công thức (3.20).

### 3.3.7. Thí dụ tính toán

**Thí dụ 3.7.** Cho dầm có tiết diện và cấu tạo cốt thép như hình vẽ. Bê tông B20; cốt thép CII trong đó các thanh số (2) đặt sát với thanh số (1) thành cặp theo phương đứng. Chiều dày lớp bảo vệ  $c = 25\text{mm}$ . Yêu cầu xác định khả năng chịu lực.

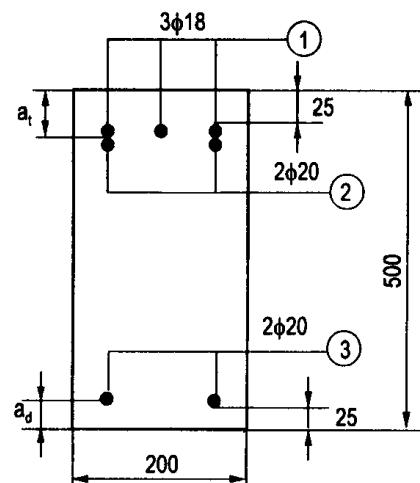
Số liệu:  $R_b = 11,5 \text{ MPa}$ ;  $R_s = R_{sc} = 280 \text{ MPa}$ ;  $\xi_R = 0,622$ .

$b = 200$ ;  $h = 500\text{mm}$ . Khoảng cách từ trọng tâm cốt thép đến mép tiết diện.

- Với cốt thép phía trên (tính gần đúng)

$$a_t = 25 + 18 = 43\text{mm}$$

- Với cốt thép phía dưới:  $a_d = 25 + \frac{20}{2} = 35\text{mm}$



Tính toán  $M_{gh}$  theo hai trường hợp:

Trường hợp 1. Xem tiết diện chịu mômen âm, cốt thép phía trên chịu kéo,  $A_s = 3\phi 18 + 2\phi 20 = 763 + 628 = 1391 \text{ mm}^2$

$$a = a_t = 43; h_o = 500 - 43 = 457 \text{ mm}$$

$$A'_s = 2\phi 20 = 628 \text{ mm}^2; a' = a_d = 35 \text{ mm}$$

Tính toán:

$$x = \frac{R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{280 \times 1391 - 280 \times 628}{11,5 \times 200} = 92,8 \text{ mm}$$

$$\xi_R h_o = 0,62 \times 457 = 283 \text{ mm}; 2a' = 2 \times 35 = 70 \text{ mm}$$

Thoả mãn điều kiện  $2a' < x < \xi_R h_o$ .

$$M_{gh} = R_b b x (h_o - x/2) + R_{sc} A'_s (h_o - a')$$

$$M_{gh} = 11,5 \times 200 \times 92,8 (457 - \frac{92,8}{2}) + 280 \times 628 (457 - 35)$$

$$M_{gh} = 161,8 \times 10^6 \text{ Nmm} = 161,8 \text{ kNm.}$$

Trường hợp 2. Xem tiết diện chịu mômen dương, cốt thép phía dưới chịu kéo,

$$A_s = 2\phi 20 = 628 \text{ mm}^2, a = a_d = 35, h_o = 500 - 35 = 465 \text{ mm};$$

$$A'_s = 3\phi 18 + 2\phi 20 = 1391 \text{ mm}^2, a' = a_t = 43 \text{ mm.}$$

$$x = \frac{R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{280 \times 628 - 280 \times 1391}{11,5 \times 200} < 0$$

$x < 0$ , tính theo trường hợp đặc biệt  $x < 2a'$

$$M_{gh} = R_s A_s Z$$

$$Z = \max (Z_a; Z_b)$$

$$Z_a = h_o - a' = 465 - 43 = 422 \text{ mm.}$$

$$Z_b = h_o - \frac{x}{2} \text{ với } x = \frac{R_s A_s}{R_b b} = \frac{280 \times 628}{11,5 \times 200} = 76,4 \text{ mm}$$

$$Z_b = 465 - \frac{76,4}{2} = 426,8. \text{ Vậy lấy } Z = 426,8 \text{ mm}$$

$$M_{gh} = 280 \times 628 \times 426,8 = 75 \times 10^6 \text{ Nmm} = 75 \text{ kNm}$$

Như vậy tiết diện đã cho có hai khả năng chịu lực:

- Với mômen âm có  $M_{gh} = 161,8 \text{ kNm}$

- Với mômen dương có  $M_{gh} = 75 \text{ kNm}$ .

*Chú thích:* 1. Nếu trên tiết diện đã chỉ rõ vị trí của  $A_s$  thì chỉ cần tính một giá trị  $M_{gh}$  ứng với  $A_s$  đã cho.

2. Trong trường hợp trên, với mômen âm,  $A_s = 1391 \text{ mm}^2$ , nếu bỏ qua  $A'_s$ , tính toán theo trường hợp tiết diện cốt thép đơn thì sẽ tính được  $\xi = 0,37$ ;  $\gamma = 0,815$ ;  $M_{gh} = 145 \text{ kNm}$ . Trong nhiều trường hợp khi kể đến cốt thép  $A'_s$  sẽ làm tăng khả năng chịu lực của tiết diện.

**Thí dụ 3.8.** Cho dầm khung được tính theo sơ đồ đàn hồi, có mômen dương  $M = 560$  kNm. Tiết diện chữ nhật  $b = 300$ ;  $h = 600\text{mm}$ ; bêtông B25. Yêu cầu tính toán cốt thép bằng loại RB400.

Số liệu:  $R_b = 14,5 \text{ MPa}$ ;  $R_s = 365 \text{ MPa}$ ;  $\xi_R = 0,563$ .

Giả thiết  $a = 60\text{mm}$ ;  $h_o = 600 - 60 = 540 \text{ mm}$ .

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_o^2} = \frac{560 \times 10^6}{14,5 \times 300 \times 540^2} = 0,442$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,442} = 0,66 > \xi_R = 0,563$$

$\xi > \xi_R$  - tiết diện hơi bé. Trường hợp không tăng kích thước tiết diện thì phải tính cốt thép kép. Đồng thời có  $\alpha_m = 0,442 < 0,5$ , thoả mãn điều kiện hạn chế  $M < 0,5 R_b b h_o^2$ .

Giả thiết  $a' = 40\text{mm}$ .  $\xi_R h_o = 0,563 \times 540 = 304$ . Chọn  $x = 280\text{mm} < \xi_R h_o$  đồng thời  $x > 2a' = 80\text{mm}$ .

$$A'_s = \frac{M - R_b b x (h - x/2)}{R_{sc} (h_o - a')} = \frac{560 \times 10^6 - 14,5 \times 300 \times 280(540 - 140)}{365(540 - 40)}$$

$$A'_s = 399 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \frac{R_b b x + R_{sc} A'_s}{R_s} = \frac{14,5 \times 300 \times 280 + 365 \times 399}{365} = 3736 \text{ mm}^2$$

Chọn  $A'_s = 2\phi 16 = 402 \text{ mm}^2$

$$A_s = 4\phi 30 + 2\phi 25 = 3809 \text{ mm}^2$$

$$\mu = \frac{3809}{300 \times 540} = 0,0235 = 2,35\%$$

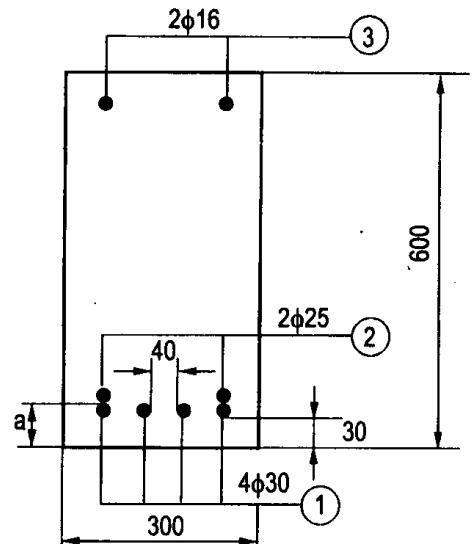
Đặt thanh số ②  $\phi 25$  sát với thanh số ①  $\phi 30$  thành cặp.

Tính  $a$  (gần đúng):  $a = 30 + 30 = 60\text{mm}$

$h_o = 600 - 60 = 540$ , bằng giá trị đã dùng để tính toán.

Khoảng hở giữa các cốt thép

$$t = \frac{(300 - 6 \times 30)}{3} = 40 \text{ mm}$$



**Thí dụ 3.9.** Cho dầm sàn được tính theo sơ đồ dẻo có mô men âm ở gối tựa giữa  $M = 72$  kNm. Tiết diện chữ nhật  $b = 180$ ,  $h = 400$ , bêtông cấp B15. Yêu cầu tính cốt thép bằng loại RB300.

Số liệu:  $R_b = 8,5$ ;  $R_s = R_{sc} = 280 \text{ MPa}$ . Nội lực được tính theo sơ đồ dẻo,  $\xi_d = 0,37$ .

Giả thiết  $a = 60\text{mm}$ ;  $h_o = 400 - 60 = 340$ .

Tính toán:

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_o^2} = \frac{72 \times 10^6}{8,5 \times 180 \times 340^2} = 0,407$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,407} = 0,569 > \xi_d = 0,37$$

Đồng thời thoả mãn điều kiện  $\alpha_m \leq 0,5$ .

Tính toán tiết diện đặt cốt thép kép.

Giả thiết  $a' = 35\text{mm}$ ;  $\xi_d h_o = 0,37 \times 340 = 125\text{mm}$ .

Chọn  $x = 120\text{mm} > 2a' = 60$ .

$$A'_s = \frac{M - R_b b x (h_o - x/2)}{R_{sc} (h_o - a')} = \frac{72 \times 10^6 - 8,5 \times 180 \times 120(340 - 60)}{280(340 - 35)} = 241\text{mm}^2$$

$$A_s = \frac{R_b b x + R_{sc} A'_s}{R_s} = \frac{8,5 \times 180 \times 120 + 280 \times 241}{280} = 898\text{mm}^2$$

$$\mu = \frac{898}{180 \times 340} = 0,0146 = 1,46\%$$

Chọn cốt thép:  $A_s = 2\phi 14 + 3\phi 16 = 911\text{mm}^2$ .

Lớp bảo vệ 25mm. Khoảng hở của

$$\text{Cốt thép: } t = \frac{180 - 2 \times 25 - 2 \times 14 - 16}{2} = 43\text{mm}$$

$$A'_s = 2\phi 14 = 308\text{ mm}^2;$$

Kiểm tra kích thước đã giả thiết:

$a$  (tính gần đúng).

$$a = 25 + 16 + 15 = 56\text{mm} < 60 \text{ đã dùng.}$$

$$a' = 25 + \frac{14}{2} = 32\text{mm} < 35 \text{ đã dùng}$$

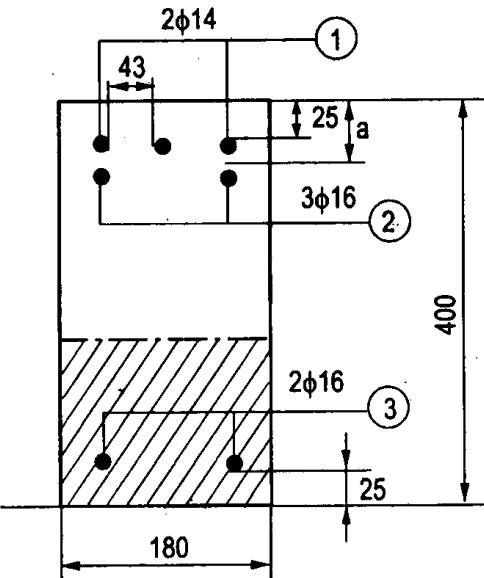
**Thí dụ 3.10.** Với số liệu ở thí dụ 3.9, trong vùng nén (phía dưới) đã có sẵn  $2\phi 16$  từ nhịp kéo vào. Yêu cầu tính cốt thép chịu kéo.

$$\text{Số liệu: } A'_s = 2\phi 16 = 402\text{ mm}^2; a' = 25 + \frac{16}{2} = 33\text{mm}$$

Giả thiết  $a = 56\text{mm}$ ;  $h_o = 400 - 56 = 344$ .

$$\alpha_m^* = \frac{M - R_{sc} A'_s (h_o - a')}{R_b b h_o^2} = \frac{72 \times 10^6 - 280 \times 402(344 - 33)}{8,5 \times 180 \times 344^2} = 0,204$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,204} = 0,231 < \xi_d = 0,37$$



$$x = \xi h_o = 0,231 \times 344 = 79 \text{mm} > 2a' = 66 \text{mm}$$

$$A_s = \frac{R_b b x + R_{sc} A'_s}{R_s} = \frac{8,5 \times 180 \times 79}{280} + 402 = 833 \text{mm}^2$$

**Thí dụ 3.11.** Với số liệu ở thí dụ 3.9, với  $A'_s = 2\phi 18 = 509 \text{mm}^2$ ,

$$a' = 25 + \frac{18}{2} = 34 \text{mm} ; \text{ giả thiết } a = 56 ; h_o = 344.$$

$$\alpha_m^* = \frac{72 \times 10^6 - 280 \times 509(344 - 33)}{8,5 \times 180 \times 344^2} = 0,1528$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,1528} = 0,1667 ; x = 0,1667 \times 344 = 57,4 \text{mm}$$

$x = 57,4 < 2a' = 68 \text{mm}$ . Tính  $A_s$  theo công thức (3.20) với  $Z = Z_a = h_o - a' = 344 - 34 = 310 \text{mm}$  (phán đoán  $Z_a > Z_b$ )

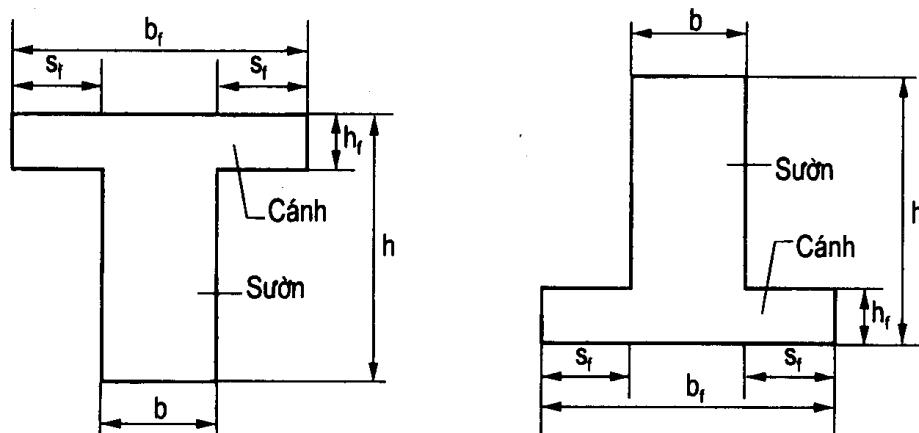
$$A_s = \frac{M}{R_s Z} = \frac{72 \times 10^6}{280 \times 310} = 829 \text{ mm}^2$$

Nhận xét. Qua thí dụ 9, 10, 11 thấy rằng khi tăng  $A'_s$  thì  $A_s$  giảm.

### 3.4. TIẾT DIỆN CHỮ T

#### 3.4.1. Đại cương về tiết diện chữ T

Tiết diện chữ T gồm có cánh và sườn (hình 3.2). Tuỳ theo cấu tạo mà cánh có thể ở phía trên hoặc phía dưới.



Hình 3.2: Tiết diện chữ T

Dầm có tiết diện chữ T có thể là dầm độc lập, người ta làm thêm phần cánh để dùng cho một mục đích nào đó (hoặc để mở rộng vùng nén hoặc để làm chỗ tựa cho bản, panen lắp ghép v.v...). Thông thường gấp dầm tiết diện chữ T trong các sàn sườn toàn khối, cánh là phần bản sàn được đúc liền với dầm (sườn).

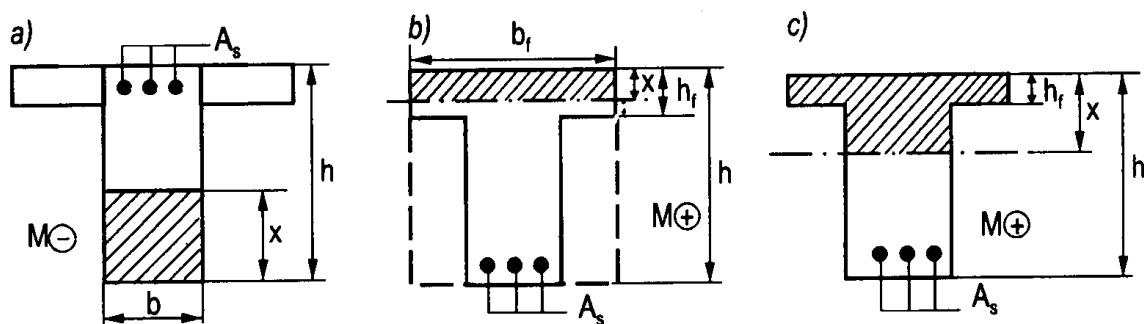
Kích thước tiết diện chữ T được ghi trên hình 3.2.

b - bề rộng sườn;  
 h - chiều cao tiết diện;  
 $b_f$  - bề rộng cánh ;  $h_f$  - bề dày của cánh.  
 $s_f$  - độ vươn của cánh (tính từ mép sườn).

### 3.4.2. Các trường hợp tính toán

Tùy theo cánh nằm ở vùng kéo hoặc nén mà chia ra ba trường hợp.

- a) Trường hợp 1. Cánh nằm trong vùng chịu kéo. Bỏ qua tác dụng của cánh, tính toán theo tiết diện chữ nhật  $b \times h$  (hình 3.3a).
- b) Trường hợp 2. Cánh nằm trong vùng chịu nén, trục trung hoà nằm trong cánh ( $x < h_f$ ). Tính toán theo tiết diện chữ nhật  $b_f \times h$  (hình 3.3b).
- c) Trường hợp 3. Cánh nằm trong vùng chịu nén ( $x > h_f$ ), trục trung hoà cắt qua sườn (hình 3.3c).



Hình 3.3: Các trường hợp tính toán tiết diện chữ T

*Chú thích.* Trên hình 3.3 và 3.4 vẽ các trường hợp khi cánh ở phía trên. Trường hợp cánh ở phía dưới sẽ được quay ngược lại với các mômen đổi dấu.

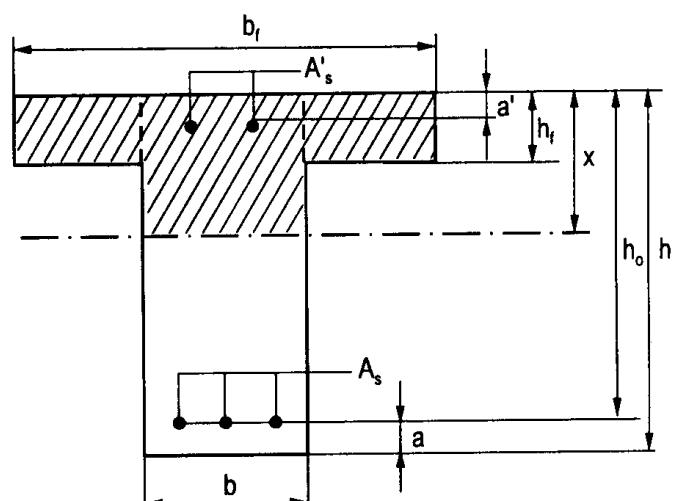
### 3.4.3. Sơ đồ, công thức cơ bản

Trường hợp 1 và 2 được tính theo tiết diện chữ nhật vì vậy không cần lập công thức mà dùng các công thức đã có. Chỉ cần lập công thức cho trường hợp 3 trong đó xét tiết diện đặt cốt thép kép gồm  $A_s$  và  $A'_s$ . Với trường hợp đặt cốt thép đơn chỉ cần cho  $A'_s = 0$ .

Sơ đồ tính toán thể hiện trên hình 3.4.

Các giả thiết tính toán được lấy như đối với tiết diện chữ nhật.

Khả năng chịu lực  $M_{gh}$  được lập bằng cách lấy mômen đối với trục đi qua trọng tâm cốt thép  $A_s$ .



Hình 3.4: Sơ đồ tính toán tiết diện chữ T

$$M_{gh} = R_b bx \left( h_o - \frac{x}{2} \right) + R_b (b_f - b) h_f \left( h_o - \frac{h_f}{2} \right) + R_{sc} A'_s (h_o - a') \quad (3.24)$$

Phương trình hình chiếu, cân bằng lực:

$$R_s A_s = R_b bx + R_b (b_f - b) h_f + R_{sc} A'_s \quad (3.25)$$

Điều kiện để dùng hai phương trình (3.24) và (3.25) là  $x > h_f$ . Ngoài ra  $x$  còn phải thoả mãn điều kiện (3.4):  $x \leq \xi_R h_o$  hoặc  $x \leq \xi_d h_o$ . Khi mà trong tính toán có kể đến  $A'_s$  thì còn cần điều kiện  $x \geq 2a'$ .

#### 3.4.4. Bề rộng cánh đưa vào trong tính toán

Trường hợp cánh chịu nén, độ vươn của cánh  $s_f$  đưa vào trong tính toán không được lớn hơn  $\frac{1}{6}$  nhịp cầu kiện và không được lớn hơn các giá trị sau:

- Khi có dầm ngang hoặc khi bề dày cánh  $h_f > 0,1 h$  thì  $s_f$  không lớn hơn  $\frac{1}{2}$  khoảng cách giữa các dầm dọc.
- Khi không có dầm ngang hoặc khi khoảng cách giữa chúng lớn hơn khoảng cách giữa các dầm dọc và khi  $h_f < 0,1h$  thì  $s_f \leq 6h_f$ .
- Khi cánh có dạng công xôn (dầm độc lập):

$$s_f \leq 6 h_f \text{ với } h_f \geq 0,1h$$

$$s_f \leq 3 h_f \text{ với } 0,05h \leq h_f < 0,1h$$

$$s_f = 0 \text{ (bỏ qua cánh) với } h_f < 0,05 h.$$

#### 3.4.5. Xác định khả năng chịu lực

Biết kích thước tiết diện, cấu tạo cốt thép. Yêu cầu xác định  $M_{gh}$ .

Cần dựa vào vị trí của cốt thép chịu kéo  $A_s$  để biết cánh nằm trong vùng kéo hoặc vùng nén.

Khi cánh nằm trong vùng kéo ( $A_s$  ở trong phạm vi cánh) tiến hành tính toán như đối với tiết diện chữ nhật bề rộng  $b$  (trường hợp 1).

Khi cánh nằm trong vùng nén ( $A_s$  nằm trong sườn ngược phía với cánh), để biết được vị trí trục trung hoà cần tính thử chiều cao vùng nén  $x$ .

Giả thiết trục trung hoà qua cánh, tính  $x_1$  theo công thức (3.26)

$$x_1 = \frac{R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b_f} \quad (3.26)$$

Khi  $x_1 \leq h_f$  - trục trung hoà nằm trong cánh (trường hợp 2).

Tính  $\xi = \frac{x_1}{h_o}$ ;  $\gamma = 1 - 0,5\xi$  và  $M_{gh}$  theo công thức (3.5a).

Khi  $x_1 > h_f$ , trục trung hoà qua sườn, tính  $x$  theo công thức (3.27) được rút ra từ phương trình (3.25)

$$x = \frac{R_s A_s - R_b (b_f - b) h_f - R_{sc} A'_s}{R_b b} \quad (3.27)$$

Kiểm tra điều kiện  $h_f < x \leq \xi_R h_o$ ; đồng thời nếu trong tính toán có kể đến  $A'_s$  thì còn cần  $x \geq 2a'$ . Khi các điều kiện về  $x$  đều thoả mãn thì tính  $M_{gh}$  theo công thức (3.24).

Nếu xảy ra  $x > \xi_R h_o$  thì cần xác định  $x$  bằng cách giải đồng thời phương trình (3.9) và phương trình (3.28):

$$\sigma_s A_s = R_b b x + R_f (b_f - b) h_f + R_{sc} A'_s \quad (3.28)$$

Phương trình (3.28) là phương trình (3.25) trong đó thay  $R_s$  bằng  $\sigma_s$  và  $\sigma_s$  được cho ở phương trình (3.9). Có thể không cần giải hệ phương trình để xác định  $x$  mà dùng giá trị gần đúng  $x = \xi_R h_o$  để tính  $M_{gh}$ .

Nếu trong tính toán có kể đến  $A'_s$  mà xảy ra  $x < 2a'$  thì nên bỏ qua cốt thép chịu nén, tính lại  $x$  và  $M_{gh}$  với  $A'_s = 0$  hoặc dùng công thức (3.14) với  $Z = Z_a = h_o - a'$ .

### 3.4.6. Tính cốt thép

Biết kích thước tiết diện và mômen  $M$ , yêu cầu tính cốt thép chịu lực. Cần dựa vào chiều tác dụng của  $M$  để biết cánh nằm trong vùng nén hoặc vùng kéo.

Trường hợp cánh chịu kéo - Tính toán theo tiết diện chữ nhật  $b \times h$ , bỏ qua phần vuông của cánh (trường hợp 1).

Trường hợp cánh chịu nén - cần xác định vị trí trục trung hoà bằng điều kiện phân giới. Lấy  $x = h_f$ , cho  $A'_s = 0$  thay vào công thức (3.24) tính được giá trị  $M_{gh}$ , đặt là  $M_f$ .

$$M_f = R_b b_f h_f (h_o - 0,5 h_f) \quad (3.29)$$

Khi  $M \leq M_f$  - trục trung hoà qua cánh (trường hợp 2) tính toán theo trường hợp tiết diện chữ nhật có bề rộng bằng  $b_f$ .

Khi  $M > M_f$  trục trung hoà qua sườn (trường hợp 3). Trước hết tính toán theo trường hợp đặt cốt thép đơn (nếu cần thiết mới chuyển sang tính theo tiết diện đặt cốt thép kép). Cho  $M = M_{gh}$  theo công thức (3.24), giải phương trình tính được  $x$ . Để tránh việc giải

phương trình bậc 2 đem đặt  $\xi = \frac{x}{h_o}$  và  $\alpha_m = \xi(1 - 0,5\xi)$ , rút ra công thức tính  $\alpha_m$ .

$$\alpha_m = \frac{M - R_b (b_f - b) h_f (h_o - \frac{h_f}{2})}{R_b b h_o^2} \quad (3.30)$$

Từ  $\alpha_m$  tra bảng ra  $\xi$  hoặc tính:

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m}$$

Kiểm tra điều kiện (3.4):  $\xi \leq \xi_R$  hoặc  $\xi \leq \xi_d$ .

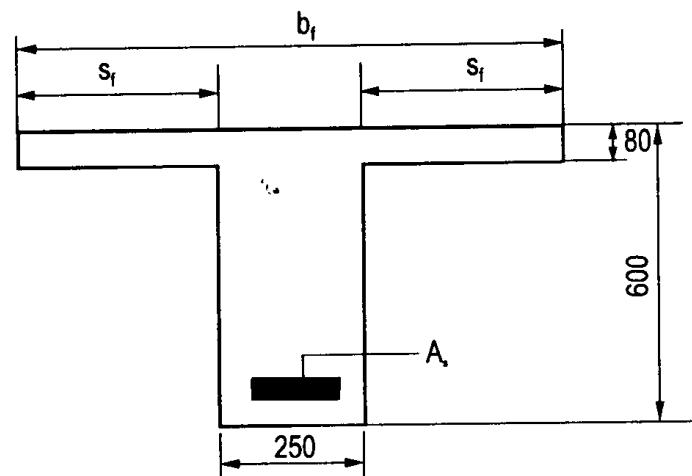
Khi điều kiện (3.4) được thỏa mãn, tính  $x = \xi h_o$  và nghiệm lại điều kiện  $x > h_f$ . Từ phương trình (3.25) với  $A'_s = 0$  rút ra công thức tính  $A_s$ .

$$A_s = \frac{R_b b x + R_b (b_f - b) h_f}{R_s} \quad (3.31)$$

Nếu xảy ra  $x > \xi_R h_o$  (hoặc  $x > \xi_d h_o$ ) chứng tỏ kích thước tiết diện quá bé. Nên tăng kích thước tiết diện (hoặc tăng cấp bê tông) để tính lại hoặc chuyển sang tính toán tiết diện đặt cốt thép kép. Lúc này chọn trước giá trị  $x$  thay vào phương trình (3.24), cho  $M = M_{gh}$  rút ra công thức tính  $A'_s$ , sau đó dùng phương trình (3.25) rút ra công thức  $A_s$ .

### 3.4.7. Thí dụ tính toán

**Thí dụ 3.12.** Cho dầm khung tính theo sơ đồ đàn hồi có mômen dương  $M = 285 \text{ kNm}$ . Dầm đúc liền với bản sàn ở phía trên, chiều dày bản 80mm, nhịp dầm  $l = 7,2\text{m}$ . Kích thước tiết diện  $b = 250$ ,  $h = 600\text{mm}$ . Khoảng cách giữa các dầm ngang lớn hơn khoảng cách giữa các dầm dọc. Bê tông cấp B20: Yêu cầu tính toán cốt thép bằng thép nhóm CII.



*Lời giải:* Tiết diện chữ T có cánh ở phía trên, chịu mômen dương, cánh nằm trong vùn nén.

Chiều dày cánh  $h_f = 80\text{mm}$ .

Độ vươn của cánh  $s_f \leq 6 h_f = 6 \times 80 = 480\text{mm}$

$$\text{Lấy } s_f = 480 < \frac{1}{6} l = 1200$$

$$b_f = b + 2s_f = 250 + 2 \times 480 = 1210\text{mm}$$

$$\text{Giả thiết } a = 60 ; h_o = 600 - 60 = 540\text{mm}$$

$$R_b = 11,5 ; R_s = 280 \text{ MPa.}$$

Mômen được tính theo sơ đồ đàn hồi, hệ số  $\xi_R = 0,62$ .

Tính toán:  $M_f = R_b b_f h_f (h_o - 0,5 h_f)$ .

$$M_f = 11,5 \times 1210 \times 80 (540 - 0,5 \times 80) = 556 \times 10^6 \text{ Nmm} = 556 \text{ kNm}$$

$M = 285 \text{ kNm} < M_f$ . Trục trung hoà qua cánh.

Tính toán theo tiết diện chữ nhật, thay  $b$  bằng  $b_f$ .

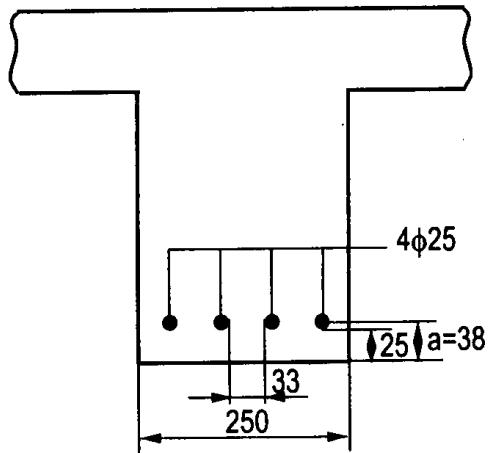
$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b_f h_o^2} = \frac{285 \times 10^6}{11,5 \times 1210 \times 540^2} = 0,07$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,07} = 0,072;$$

$$\xi < \xi_R = 0,62 ; \gamma = 1 - \frac{0,072}{2} = 0,96$$

$$A_s = \frac{M}{R_s \gamma h_0} = \frac{285 \times 10^6}{280 \times 0,96 \times 540} = 1963 \text{ mm}^2$$

$$\mu = \frac{A_s}{bh_o} = \frac{1963}{250 \times 540} = 0,0145 = 1,45\%.$$



Chọn cốt thép 4φ25 đặt thành một lớp. Chiều dày lớp bảo vệ 25mm.

Kiểm tra khe hở:

$$t = \frac{250 - 2 \times 25 - 4 \times 25}{3} = 33 \text{ mm}$$

$$a = 25 + \frac{25}{2} = 38 \text{ mm}$$

$$h_o = 600 - 38 = 562 > 540 \text{ đã dùng để tính toán.}$$

**Thí dụ 3.13.** Dầm độc lập tiết diện chữ T có kích thước như hình vẽ. Bêtông cấp B25. Dầm chịu mômen dương  $M = 680 \text{ kNm}$ , tính theo sơ đồ đàn hồi. Yêu cầu tính cốt thép bằng loại RB400.

Số liệu:  $b = 200$ ;  $h = 800$ ;

$h_f = 100$ ;  $b_f = 500$ ;  $s_f = 150 \text{ mm}$

Tiết diện có cánh công xôn

$$h_f = 100 > \frac{1}{10} h = 80$$

Điều kiện  $s_f \leq 6h_f = 600$  được thỏa mãn.

B25 có  $R_b = 14,5$ ; RB400 có  $R_s = 365 \text{ MPa}$ .

Nội lực theo sơ đồ đàn hồi,  $\xi_R = 0,563$ .

Giả thiết  $a = 50$ ;  $h_o = 800 - 50 = 750 \text{ mm}$ .

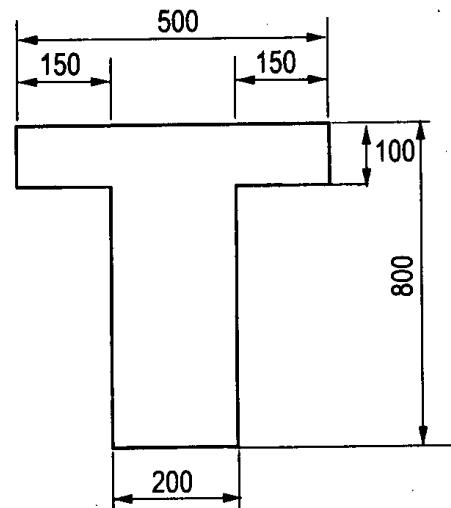
Tính toán. Tiết diện có cánh trong vùng nén

$$M_f = R_b b_f h_f (h_o - 0,5h_f) = 14,5 \times 500 \times 100 (750 - 50) = 507 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$M_f = 507 \text{ kNm}$ .  $M = 680 > M_f$ . Trục trung hoà qua sườn.

$$\alpha_m = \frac{M - R_b(b_f - b)h_f(h_o - 0,5h_f)}{R_b b h_o^2} = \frac{680 \times 10^6 - 14,5(500 - 200)100(750 - 50)}{14,5 \times 200 \times 750^2}$$

$$\alpha_m = 0,23 ; \xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,23} = 0,265 < \xi_R = 0,563$$



$$x = \xi h_o = 0,265 \times 750 = 199 \text{mm} > h_f$$

$$A_s = \frac{R_b b x + R_b (b_f - b) h_f}{R_s} = \frac{14,5 \times 200 \times 199 + 14,5(500 - 200)100}{365} = 2773 \text{mm}^2$$

$$\mu = \frac{2773}{200 \times 750} = 0,0185 = 1,85\%.$$

Chọn  $6\phi 20 + 4\phi 18 = 1885 + 1018 = 2903 \text{mm}^2$ , đặt thành ba lớp như hình vẽ. Chiều dày lớp bảo vệ phía dưới là 25mm, ở mặt bên là 20mm. Kiểm tra khe hở của cốt thép.

$$t = \frac{200 - 2 \times 20 - 4 \times 20}{3} = 27 \text{mm} > 25 \text{mm} \text{ theo quy định}$$

Tính lại  $h_o$ .

Tính  $a$  (gần đúng)

$$a = 25 + 20 + 30 + \frac{18}{2} = 84$$

$$h_o = 800 - 84 = 716 \text{mm}$$

$h_o$  bé hơn giá trị đã dùng để tính toán là 750. Cần phải tính lại

Với  $h_o = 716$ , tính

$$\alpha_m = \frac{680 \times 10^6 - 14,5(500 - 200)100(716 - 50)}{14,5 \times 200 \times 716^2} = 0,263$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,263} = 0,312 < \xi_R = 0,563 ; x = 0,312 \times 716 = 223 \text{mm}$$

$$A_s = \frac{14,5 \times 200 \times 223 + 14,5(500 - 200)100}{365} = 2963 \text{mm}^2$$

Số lượng thép đã chọn  $2903 \text{mm}^2$  là chưa đủ.

Chọn lại cốt thép:  $8\phi 20 + 2\phi 18 = 2514 + 509 = 3023 \text{mm}^2$ .

**Thí dụ 3.14.** Cho tiết diện chữ T như hình vẽ, bêtông B30, cốt thép CIII. Yêu cầu xác định khả năng chịu lực.

Số liệu:  $b = 220$ ;  $h = 700$ ;  $b_f = 1300$ ;  $h_f = 90$ .  
 $(s_f = 540 = 6 h_f)$

$$R_n = 17 ; R_s = 365 \text{ MPa} ; \xi_R = 0,54.$$

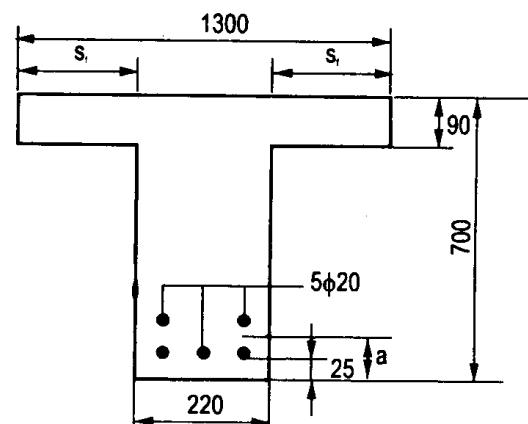
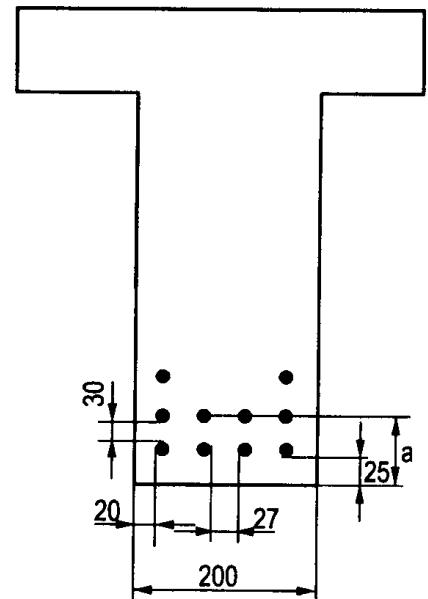
Lớp bảo vệ 25mm. Tính  $a$  (gần đúng)

$$a = 25 + 20 + 15 = 60 \text{mm} ; h_o = 700 - 60 = 640$$

$$A_s = 5\phi 20 = 1570 \text{mm}^2$$

Cốt thép chịu kéo ở phía dưới, cánh bên trên, ở vào vùng nén.

Tính  $x_1$  theo (3.26) với  $A'_s = 0$



$$x_1 = \frac{R_s A_s}{R_b b_f} = \frac{365 \times 1570}{17 \times 1300} = 26 \text{mm} < h_f = 90.$$

$$\xi = \frac{x_1}{h_o} = \frac{26}{640} = 0,04 ; \gamma = 1 - 0,5\xi = 1 - 0,5 \times 0,04 = 0,98$$

$$M_{gh} = R_s A_s \gamma h_o = 365 \times 1570 \times 0,98 \times 640 = 359 \times 10^6 \text{ Nmm.}$$

$$M_{gh} = 359 \text{ kNm.}$$

**Thí dụ 3.15.** Cho tiết diện chữ T ở thí dụ 13:

$$b = 200 ; h = 800 ; b_f = 500 ; h_f = 100 ; R_b = 14,5 \text{ MPa} ;$$

Cốt thép chịu kéo  $A_s = 3023 \text{ mm}^2$ ,  $a = 84\text{mm}$  ;  $R_s = 365 \text{ MPa}$  ;  $\xi_R = 0,563$ . Yêu cầu xác định khả năng chịu lực.

Tiết diện có cánh trong vùng nén

$$x_1 = \frac{R_s A_s}{R_b b_f} = \frac{365 \times 3023}{14,5 \times 500} = 152 \text{mm} > h_f = 100$$

Trục trung hoà qua sườn. Tính x theo công thức (3.27) với  $A'_s = 0$ .

$$x = \frac{R_s A_s - R_b (b_f - b) h_f}{R_b b} = \frac{365 \times 3023 - 14,5(500 - 200)100}{14,5 \times 200} = 230 \text{m}$$

$$h_o = 800 - 84 = 716 ; \xi_R h_o = 0,563 \times 716 = 403 \text{ mm}$$

$$x = 230 < \xi_R h_o ;$$

$$M_{gh} = R_b b x \left( h_o - \frac{x}{2} \right) + R_b (b_f - b) h_f \left( h_o - \frac{h_f}{2} \right)$$

$$M_{gh} = 14,5 \times 200 \times 230(716 - 115) + 14,5(500 - 200)100(716 - 50) = 690 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{gh} = 690 \text{ kNm}$$

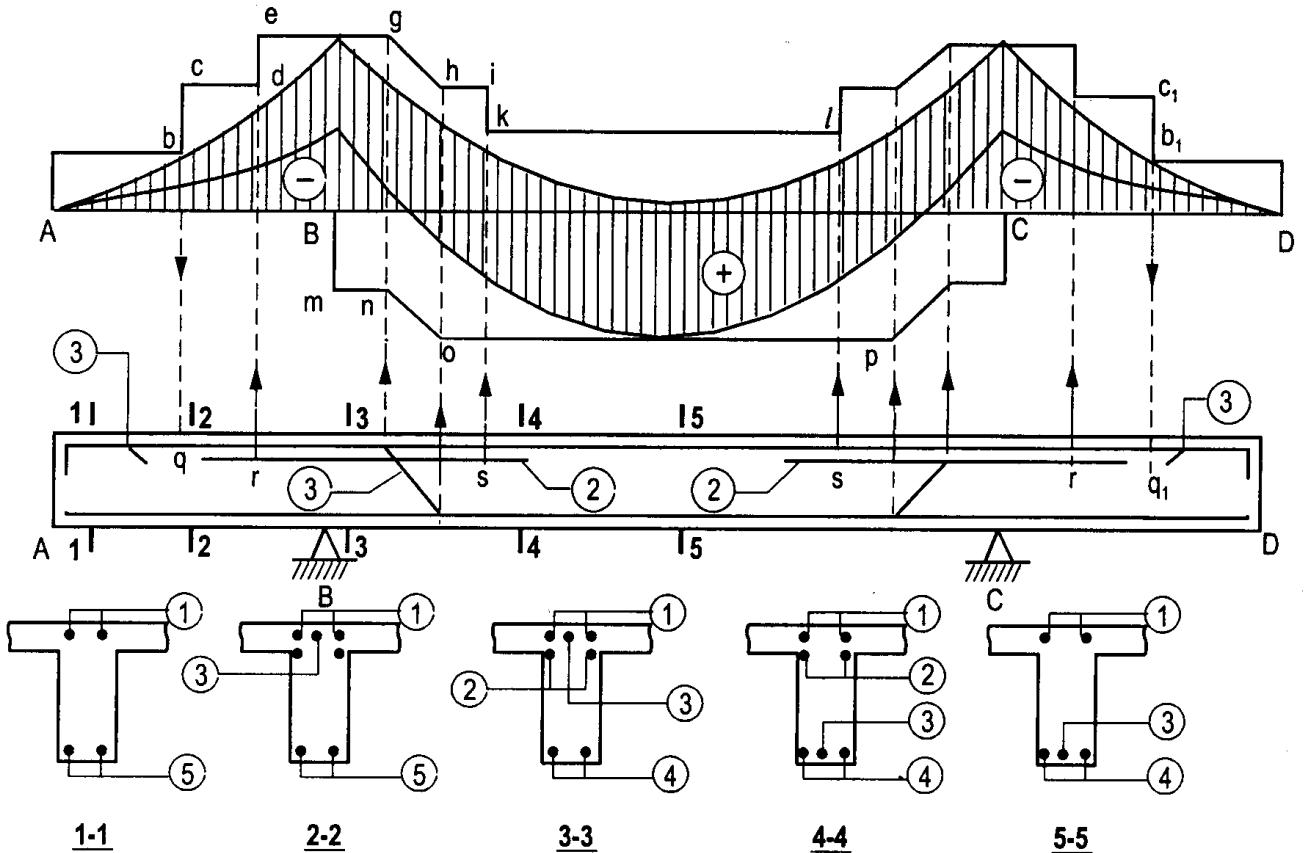
## 3.5. HÌNH BAO VẬT LIỆU

### 3.5.1. Khái niệm về hình bao vật liệu

Hình bao vật liệu (HBVL) của một dầm là biểu đồ thể hiện khả năng chịu lực các tiết diện của dầm đó. HBVL được vẽ theo trục dầm, tung độ của nó lấy bằng giá  $M_{gh}$ . Thông thường HBVL được thể hiện cùng với hình bao mô men (HBMM). Hình 3.5 trình bày HBMM và HBVL của một dầm đơn giản ABCD có hai công xôn AB và CD.

### 3.5.2. Các tính toán và thể hiện HBVL

Tung độ của HBVL là  $M_{gh}$  được xác định theo các mục 3.2.3; 3.3.4; 3.4.5 với các thí dụ 3.1; 2; 3; 7; 14; 15 tùy thuộc vào hình dáng, kích thước tiết diện và bố trí cốt thép đã biết. Khi trong một đoạn dầm mà HBMM có cả nhánh mômen dương và mômen âm thì tại mỗi tiết diện (trong đoạn dầm đó) cần xác định hai giá trị  $M_{gh}$  thể hiện khả năng chịu mômen dương và khả năng chịu mômen âm (xem thí dụ 4.7).



**Hình 3.5: Hình bao men và HBVL**  
(Mũi tên chỉ chiều của đường gióng)

HBVL thay đổi theo trục dầm phụ thuộc vào sự thay đổi của cốt thép chịu lực và kích thước tiết diện. Trong đoạn dầm mà kích thước tiết diện và bố trí cốt thép không thay đổi thì  $M_{gh}$  là hằng số và HBVL thể hiện bằng đoạn nằm ngang song song với trục. Tại vị trí cốt thép giảm đột ngột (cắt bớt một số thanh) HBVL có bước nhảy. Trên hình 3.5 các bước nhảy cb; ed ứng với việc cắt cốt thép số ③ và số ② ở trong đoạn côngxôn AB, bước nhảy ik ứng với việc cắt cốt thép số ② ở bên phải gối B, trong đoạn giữa dầm.

Khi cắt một thanh cốt thép cần phân biệt tiết diện cắt thực tế và tiết diện cắt lí thuyết. Tiết diện cắt thực tế chính là đầu mút của cốt thép. Tiết diện cắt lí thuyết cách mút cốt thép một đoạn W gọi là đoạn neo. Chỉ bắt đầu từ tiết diện cắt lí thuyết (trở vào trong) thì cốt thép mới phát huy khả năng chịu lực. Bước nhảy của HBVL là ứng với tiết diện cắt lí thuyết. Trên hình 3.5 kí hiệu tiết diện cắt lí thuyết là các điểm s và r. Từ các điểm đó gióng lên HBVL xác định được bước nhảy ik và de. Giá trị của đoạn neo W được xác định theo cách tính toán và lấy  $W \geq 20\phi$ .

Khi uốn chuyển vùng một thanh cốt thép thì quy ước thể hiện HBVL bằng một đoạn xiên (đoạn gh và on ở hình 3.5). Tung độ HBVL ứng với hai đầu mút đoạn xiên bằng  $M_{gh}$  của các thanh cốt thép trước và sau khi uốn. Trên hình 3.5 các điểm g, n phải thẳng hàng (theo phương đứng) với điểm uốn phía trên của thanh số ③, các điểm h, 0 thẳng hàng với điểm uốn phía dưới.

Xác định điểm cắt lí thuyết và điểm uốn cốt thép có thể theo một trong hai cách.

a) Cách thứ nhất: Giả thiết và kiểm tra. Giả thiết chọn điểm uốn và điểm cắt các cốt thép. Tính toán tung độ HBVL (giá trị  $M_{gh}$ ) theo cốt thép có trong từng đoạn, xác định vị trí bước nhảy và đoạn xiên theo các điểm cắt lí thuyết và điểm uốn đã chọn. Vẽ HBVL với nhánh dương và nhánh âm cho các đoạn dầm. Điều kiện kiểm tra là điều kiện (3.1) có nghĩa là HBVL phải nằm ra bên ngoài hình bao mômen. Hai hình càng gần sát với nhau chứng tỏ vật liệu được sử dụng hợp lý, tiết kiệm. Riêng trong đoạn uốn cốt thép, HBVL được thể hiện bằng đoạn xiên (đoạn gh và on trên hình 5.3) thì khoảng cách theo phương ngang giữa HBVL và HBMM phải lớn hơn  $0,5h_0$  để bảo đảm điều kiện chịu mômen uốn theo tiết diện nghiêng. Khi HBVL cách quá xa HBMM thì nên xé dịch điểm cắt hoặc uốn để HBVL sát hơn với HBMM. Nếu có chỗ nào đó mà HBVL cắt HBMM chứng tỏ điều kiện (3.1) không được thỏa mãn, cần phải lùi điểm cắt ra xa hơn. Trên hình 5.3 các điểm uốn cốt thép số ③, các điểm cắt cốt thép số ② ứng với các bước nhảy ik và de được thực hiện theo cách này.

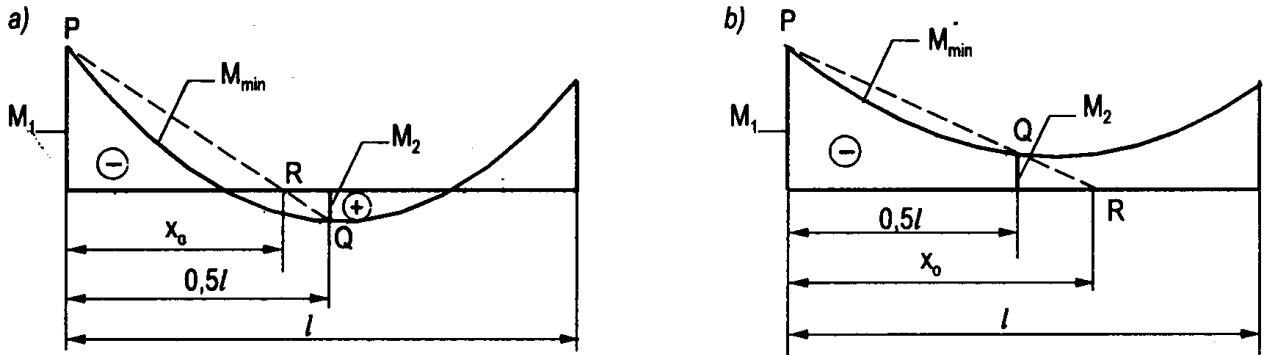
b) Cách thứ hai: Tìm điểm chạm. Đó là điểm có  $M = M_{gh}$  với  $M$  là tung độ của HBMM. Dự kiến thanh cốt thép sẽ được cắt hoặc uốn, biết được diện tích cốt thép còn lại sau khi cắt hoặc uốn. Với cốt thép đó xác định được  $M_{gh}$ . Tìm trên HBMM vị trí có  $M = M_{gh}$ , đó là điểm chạm. Với trường hợp cắt cốt thép thì từ điểm chạm gióng xuống hình bố trí cốt thép sẽ có được tiết diện cắt lí thuyết. Trên hình 3.5 xác định các điểm chạm b, b<sub>1</sub>, từ đó gióng xuống được điểm q, q<sub>1</sub> là tiết diện cắt lí thuyết của thanh số ③. Với trường hợp uốn cốt thép, từ điểm chạm lùi ra một đoạn lớn hơn  $0,5 h_0$  rồi gióng xuống hình bố trí cốt thép sẽ tìm được điểm uốn.

Để tìm vị trí điểm chạm có thể dùng pháp tính hoặc vẽ. Dùng cách tính khi đã biết phương trình của HBMM. Với HBMM là đường thẳng thì đơn giản nhất là dùng cách tính tam giác đồng dạng. Với HBMM là đường cong lõm, có thể thay một đoạn cong lõm bằng đường thẳng để tính toán gần đúng. Không được thay đường cong lõi bằng đường thẳng vì lúc này giá trị mô men lấy theo đường thẳng bé hơn so với đường cong. Với HBMM là đường cong mà không viết được phương trình hoặc không thể thay bằng đường thẳng gần đúng để tính toán thì dùng cách vẽ theo đúng tỉ lệ là thuận lợi hơn cả.

### 3.5.3. Tính toán gần đúng vị trí tiết diện cắt cốt thép chịu mômen âm

Biểu đồ mômen âm trong dầm thường là đường cong lõm nên có thể thay bằng đường thẳng gần đúng. Thông thường biết được mômen âm ở gối là  $M_1$ , mômen ở giữa nhịp dầm là  $M_2$  ( $M_2$  có thể dương hoặc âm). Biểu đồ mômen  $M_{min}$  của nửa dầm thể hiện bằng đường cong PQ như trên hình 3.6. Thay đường cong PQ bằng đường thẳng PQ, đường này cắt trực tại điểm R.

Đặt  $x_0$  là khoảng cách từ gối tựa đến R (xem gần đúng tại R có  $M = 0$ ), tính được:



**Hình 3.6: Sơ đồ xác định gần đúng  $x_o$**

a) Khi  $M_2$  dương; b) Khi  $M_2$  âm

$$x_o = 0,5l \frac{M_1}{M_1 - M_2} \quad (3.32)$$

Trong công thức (3.32) giá trị  $M_1$  và  $M_2$  được lấy theo dấu đại số. Nếu lấy  $M_1$  và  $M_2$  theo giá trị tuyệt đối thì khi  $M_2$  là dương phải thay  $-M_2$  bằng  $+M_2$  ở mẫu số.

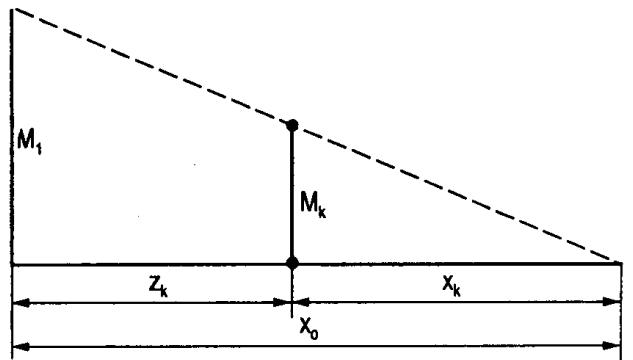
Với đoạn dầm công xôn cần thay  $0,5l$  bằng nhịp của công xôn.

Trong các trường hợp, khi mà có thể xác định vị trí của điểm  $M = 0$  thì lấy  $x_o$  theo toạ độ điểm đó mà không cần dùng công thức (3.32).

Dùng giả thiết gần đúng là diện tích cốt thép cần thiết  $A_s$  tỉ lệ thuận với mômen:

$\frac{M_1}{A_{sl}} = \frac{M_k}{A_{sk}}$ . Khi biết  $A_{sk}$  sẽ tính ra được

$M_k$  và  $Z_k$ .



**Hình 3.7: Sơ đồ tính  $Z_k$**

Từ  $M_1$  tính được cốt thép cần thiết  $A_{sl}$ , dựa vào đó để chọn các thanh thép ở tiết diện gối. Khi ra xa gối, mômen giảm xuống, dự định cắt bớt cốt thép số (K), diện tích các thanh còn lại là  $A_{sk}$ . Từ  $A_{sk}$  tính ra  $M_{gh}$ , cho  $M_{gh} = M_k$  để tìm điểm chạm. Theo sơ đồ hình 3.7 thì:

$$\begin{aligned} x_K &= x_o \frac{M_k}{M_1} = x_o \frac{M_{gh}}{M_1} = x_o \frac{A_{sk}}{A_{sl}} \\ Z_k &= x_o - x_k = x_o \left( 1 - \frac{A_{sk}}{A_{sl}} \right) = x_o \frac{A_{sl} - A_{sk}}{A_{sl}} \end{aligned} \quad (3.33a)$$

Khi mà bằng cách nào đó đã có được  $x_o$  thì tính  $Z_k$  theo công thức (3.33a).

Khi xác định  $x_o$  theo công thức gần đúng (3.32) thì có thể không cần tính ra giá trị tường minh của  $x_o$  mà thay thế biểu thức (3.32) vào (3.33a) sẽ được:

$$Z_k = \frac{0,5M_1 l}{M_1 \pm M_2} \times \frac{(A_{sl} - A_{sk})}{A_{sl}} \quad (3.33b)$$

Trong công thức (3.33b) lấy  $M_1$  và  $M_2$  theo giá trị tuyệt đối và lấy  $+M_2$  khi  $M_2$  là dương và  $-M_2$  khi  $M_2$  là âm. Nếu lấy  $M_1$  và  $M_2$  theo dấu đại số thì chỉ lấy  $-M_2$  cho cả hai trường hợp.

### 3.5.4. Thí dụ

**Thí dụ 3.16:** Cho dầm với hình bao mômen và sơ đồ bố trí cốt thép như trên hình 3.5. Đoạn AB = 2m; BC = l = 8m. Nhánh  $M_{\min}$  có  $M_A = 0$ ; ở gối B có  $M_B = -170 \text{ kNm}$ , ở giữa nhịp BC có  $M_{\min_{BC}} = -6 \text{ kNm}$ . Nhánh  $M_{\max}$  có mômen dương giữa nhịp BC là  $M_{\max_{BC}} = 160 \text{ KNm}$ .

Tiết diện dầm: Chữ T cánh bên trên,  $b = 250$ ;  $h = 700$ ;  $b_f = 1200$ ;  $h_f = 80 \text{ mm}$ ;  $R_b = 11,5$ ;  $R_s = 280 \text{ MPa}$ ;  $\xi_R = 0,62$ .

Yêu cầu tính toán, chọn và bố trí cốt thép, tìm điểm cắt và uốn cốt thép, vẽ hình bao vật liệu.

#### a) Tính cốt thép

Với mômen dương  $M = 150 \text{ kNm}$ , tính theo tiết diện chữ T cánh trong vùng nén. Giả thiết  $a = 40$ ;  $h_o = 660$ ;

$$M_f = 11,5 \times 1200 \times 80 (660 - 0,5 \times 80) = 684 \times 10^6 \text{ Nmm} = 684 \text{ kNm} > M.$$

Trục trung hoà qua cánh

$$\alpha_m = \frac{160 \times 10^6}{11,5 \times 1200 \times 660^2} = 0,025; \quad \xi = 0,026; \quad \gamma = 1 - 0,5 \times 0,026 = 0,987$$

$$A_s = \frac{160 \times 10^6}{280 \times 0,987 \times 660} = 878 \text{ mm}^2; \quad \mu = \frac{878 \times 100}{250 \times 660} = 0,5\% > \mu_{\min}$$

Chọn 2φ20 kéo dài suốt nhịp BC và 1φ20 (thanh ③) uốn chuyển vùng.

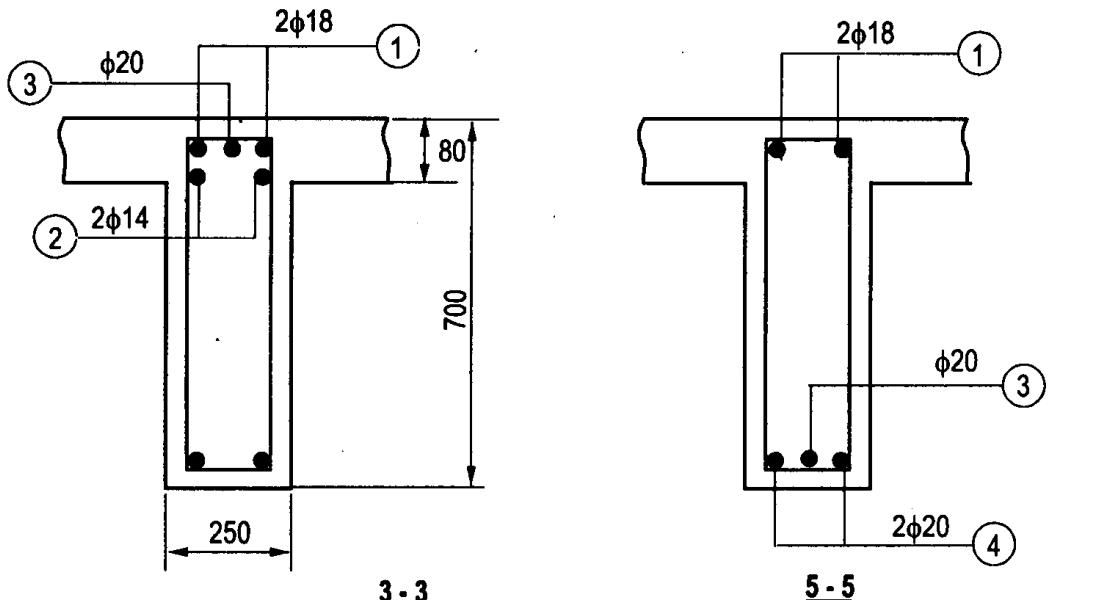
Với mômen âm  $M_B = 170 \text{ kNm}$ , tính theo tiết diện chữ nhật  $b = 250$ ,  $h = 700$ . Giả thiết chọn  $a = 70 \text{ mm}$ ;  $h_o = 630$ .

$$\alpha_m = \frac{170 \times 10^6}{11,5 \times 250 \times 630^2} = 0,149; \quad \xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,149} = 0,162$$

$$\xi = 0,162 < \xi_R = 0,62; \quad \gamma = 1 - 0,5 \times 0,162 = 0,919$$

$$A_s = \frac{170 \times 10^6}{280 \times 0,919 \times 630} = 1048 \text{ mm}^2; \quad \mu = \frac{1048 \times 100}{250 \times 630} = 0,67\%$$

Dự kiến đã có thanh φ20 uốn ở giữa nhịp lên. Chọn thêm 2φ18 - số ① và 2φ14 - số ② bố trí thành 2 lớp. Thanh số ① được kéo dài suốt dầm, thanh số ② chỉ đặt trong phạm vi gối tựa, sẽ được cắt ở cả hai phía của gối. Tiết diện 3-3 ở gối và 5-5 ở giữa nhịp được thể hiện trên hình vẽ.



Lấy chiều dày lớp bảo vệ 25mm. Tính lại  $h_o$  ở các tiết diện. Tiết diện 5-5 có  $a = 25 + \frac{20}{2} = 35$ ;  $h_o = 700 - 35 = 665$ mm lớn hơn  $h_o = 660$  đã dùng để tính toán. Tiết diện 3-3 có:  $a = 25 + 20 + \frac{30}{2} = 60$ mm;  $h_o = 640$  lớn hơn  $h_o = 630$  đã dùng.

Kiểm tra khoảng hở cốt thép: bảo đảm.

b) Dự kiến cắt và uốn cốt thép, tính tung độ HBVL

1. Vùng chịu mômen dương:

Tiết diện 5-5 có  $A_s = 3\phi 20 = 942\text{mm}^2$ ;  $h_o = 665$ ; Tính theo tiết diện chữ T có cánh chịu nén; bỏ qua cốt số ① trong vùng nén.

$$x_1 = \frac{R_s A_s}{R_b b_f} = \frac{280 \times 942}{11,5 \times 1200} = 18,7\text{mm} < h_f = 80. \quad \text{Trục tung hoà qua cánh}$$

$$\xi = \frac{x_1}{h_o} = \frac{18,7}{665} = 0,0282; \gamma = 1 - \frac{\xi}{2} = 0,986.$$

$$M_{gh} = R_s A_s \gamma h_o = 280 \times 942 \times 0,986 \times 665 = 172 \times 10^6 \text{Nmm}$$

Về phía gân gối tựa, sau khi uốn cốt số ③ φ20 lên gối, còn lại cốt số ④ gồm 2φ20 với diện tích  $A_s = 628\text{mm}^2$ . Bỏ qua cốt thép vùng nén, tính toán theo tiết diện chữ T đặt cốt thép đơn:

$$x_1 = \frac{280 \times 628}{11,5 \times 1200} = 12,8\text{mm}; \quad \xi = 0,02; \quad \gamma = 0,99$$

$$M_{gh} = 280 \times 628 \times 0,99 \times 665 = 115 \times 10^6 \text{ Nmm} = 115 \text{ kNm}$$

2. Vùng chịu mômen âm

Ở gối B có  $A_s = 2\phi 18 + \phi 20 + 2\phi 14 = 1131 \text{ mm}^2$ ;  $h_o = 640$ . Cánh nằm trong vùng kéo, tính theo tiết diện chữ nhật có  $b = 250$ . Bỏ qua cốt thép trong vùng nén.

$$\xi = \frac{R_s A_s}{R_b b h_o} = \frac{280 \times 1131}{11,5 \times 250 \times 640} = 0,172 < \xi_R = 0,62$$

$$\gamma = 1 - 0,5 \times 0,172 = 0,914$$

$$M_{gh} = 280 \times 1131 \times 0,914 \times 640 = 185 \times 10^6 \text{ Nmm} = 185 \text{ kNm}$$

Bên phải gối B. Quan sát từ gối B thấy rằng thanh số ③ được uốn từ phía trên xuống.  
Sau khi uốn số ③ còn lại 2φ14 + 2φ18 với  $A_s = 817 \text{ mm}^2$ ;  $\xi = 0,124$ ;  $\gamma = 0,938$ ,

$$M_{gh} = 280 \times 817 \times 0,938 \times 640 = 137 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

Ra xa gối B cắt bớt thanh ② 2φ14 còn lại 2φ18,

$$A_s = 509 \text{ mm}^2; a = 25 + \frac{18}{2} = 34 \text{ mm}; h_o = 666 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{280 \times 509}{11,5 \times 250 \times 666} = 0,074; \gamma = 0,96;$$

$$M_{gh} = 280 \times 509 \times 0,96 \times 666 = 91 \times 10^6 \text{ Nmm.}$$

Bên trái gối B. càng ra xa gối B cắt bớt cốt thép. Đầu tiên cắt thanh số ② còn lại 2φ18 + φ20;  $A_s = 823 \text{ mm}^2$ .

$$a = 25 + \frac{20}{2} = 35; h_o = 700 - 35 = 665 \text{ mm.}$$

$$\xi = \frac{280 \times 823}{11,5 \times 250 \times 665} = 0,12; \gamma = 0,94.$$

$$M_{gh} = 280 \times 823 \times 0,94 \times 665 = 144 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

Ra xa hơn cắt bớt thanh số ③φ20 còn 2φ18;  $A'_s = 0$ , đã tính được  $M_{gh} = 91 \text{ kNm}$ .

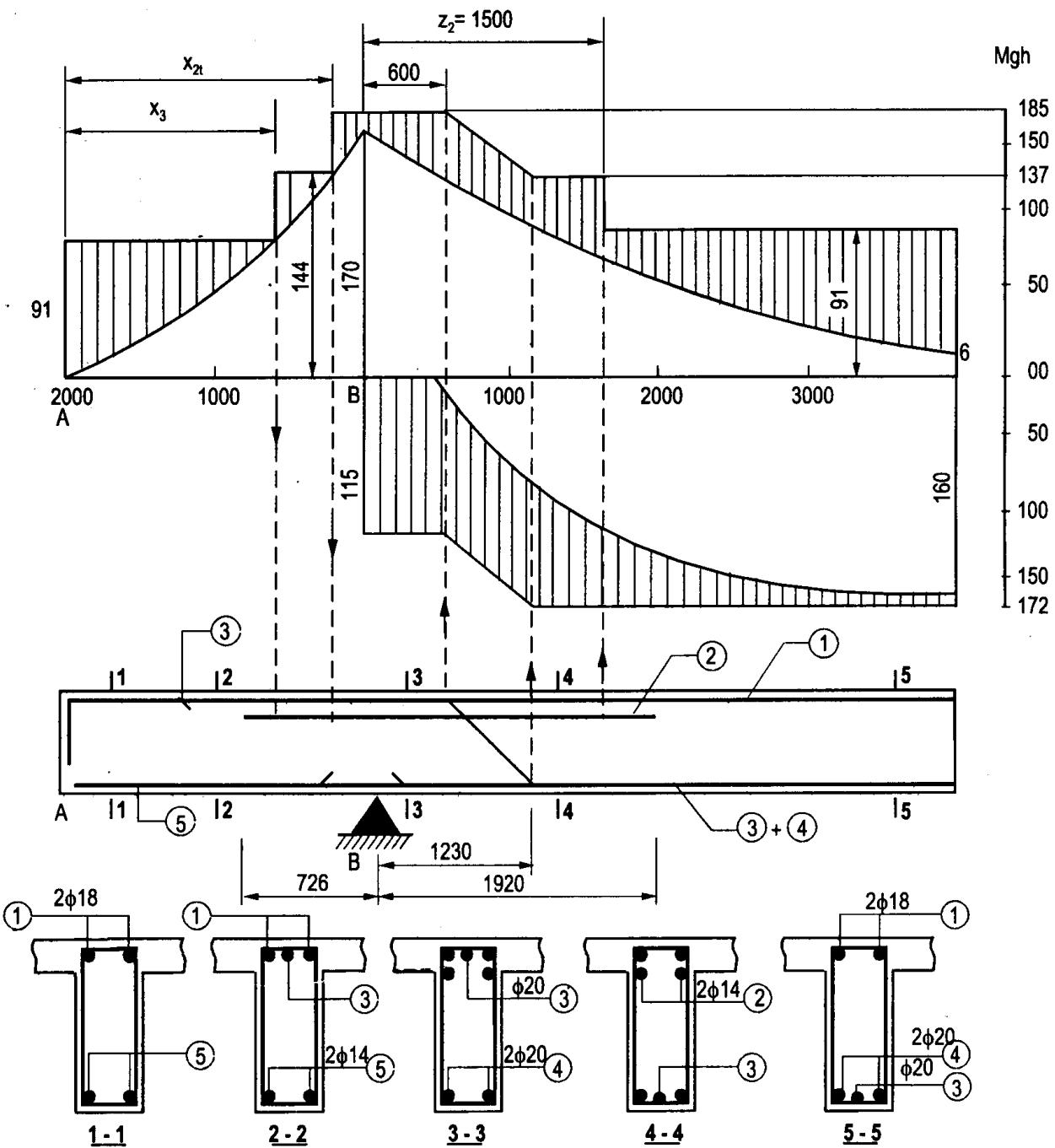
*Chú thích.* Trong việc tính toán  $M_{gh}$  trên đây có thể kể đến cốt thép  $A'_s$  của vùng nén, lúc này tính toán theo trường hợp tiết diện đặt cốt thép kép.

c) Tìm điểm uốn và điểm cắt lí thuyết.

Hình 3.6 trình bày HBMM, HBVL liên quan đến bố trí cốt thép. Để đơn giản chỉ thể hiện nửa dầm. Để thuyết minh về tính toán trên trực của HBMM có ghi toạ độ tính từ gối B ra hai phía (1000; 2000; 3000; 4000) và phía phải của hình vẽ lập trực đứng ghi giá trị của  $M_{gh}$ .

Tìm điểm cắt lí thuyết các thanh số ③ và ② ở bên trái gối B, trong đoạn côngxôn AB. Dùng phương pháp điểm chạm. Dưới đây trình bày 3 cách tìm điểm chạm.

+ Cách thứ nhất: Vẽ và đo theo tỉ lệ, từ giá trị  $M_{gh} = 144$ , tìm điểm chạm có  $M = M_{gh}$ , đo đoạn  $x_{2t}$ , theo tỉ lệ tìm ra  $x_{2t} = 1750 \text{ mm}$ . Với  $M_{gh} = 91$  tìm được  $x_3 = 1250 \text{ mm}$ .

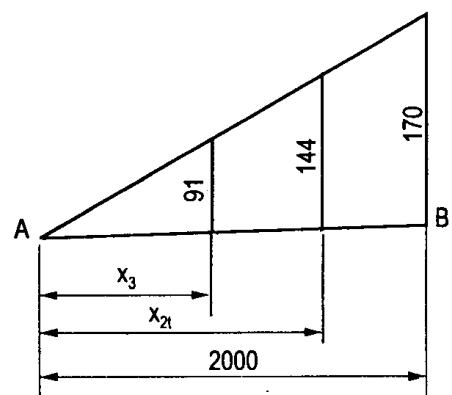


+ Cách thứ hai: tính toán gần đúng, thay đoạn biểu đồ đường cong lõm bằng đường thẳng, dùng tam giác đồng dạng để tính:

$$x_3 = \frac{91}{170} \times 2000 = 1070$$

$$x_{2t} = \frac{144}{170} \times 2000 = 1694$$

+ Cách thứ ba: Tính toán khi biết phương trình của biểu đồ mômen. Cho biết sơ đồ tải trọng đoạn AB gồm tải trọng tập trung  $P = 60 \text{ kN}$  đặt ở mút A và tải trọng phân bố đều  $q = 25 \text{ kN/m}$  đặt trên toàn bộ AB. Phương trình của biểu đồ mômen là:



$$M_x = Px + q \frac{x^2}{2} = 60x + 25 \frac{x^2}{2} \text{ với } 0 \leq x \leq 2\text{m}$$

Với  $M_x = 91$ ; có:  $91 = 60x + 25 \frac{x^2}{2}$  tính ra  $x_3 = 1,22\text{m} = 1220\text{mm}$ .

$$M_x = 144; \text{ có: } 144 = 60x + 25 \frac{x^2}{2} \text{ tính ra } x_{2t} = 1,756\text{m} = 1756\text{mm}$$

Nhận xét. Theo phương pháp gần đúng tính được  $x_{2t}$  và  $x_3$  bé hơn và như vậy tăng độ an toàn vì khi giảm  $x$  sẽ tăng chiều dài của thanh cốt thép.

Phía bên phải gối B, dùng cách chọn và kiểm tra. Chọn điểm uốn phía trên của thanh số ③ cách gối B một đoạn  $600\text{mm} > 0,5h_o = 320$ . Uốn xiên góc  $45^\circ$ . Điểm uốn phía dưới cách gối B một đoạn  $1230\text{mm}$  (tính theo hình học). Chọn điểm cắt lí thuyết của thanh số ② cách gối B một đoạn  $Z_2 = 1600\text{mm}$ .

Dùng cách vẽ HBMM và HBVL theo đúng tỉ lệ để kiểm tra thấy rằng HBVL nằm ra ngoài HBMM và trong đoạn xiên của HBVL khoảng hở theo phương nằm ngang giữa hai hình bao đều lớn hơn  $0,5h_o = 320\text{mm}$ . Như vậy là thỏa mãn điều kiện về an toàn.

*Chú thích:* Ở phía bên phải gối B cũng có thể dùng phương pháp điểm chạm và phía trái gối B cũng có thể dùng phương pháp chọn và kiểm tra. Các thí dụ trên đây làm theo nhiều cách chỉ nhằm trình bày việc vận dụng lí thuyết. Trong thiết kế thực tế chỉ cần chọn một cách đơn giản hoặc theo cách làm của thí dụ 3.16.

Chiều dài của thanh số ② giữa hai mặt cắt lí thuyết là  $s_2 = (2000 - x_{2t}) + Z_2 = (2000 - 1694) + 1500 = 306 + 1500$ . Kể thêm hai đoạn neo W, mỗi đoạn lấy bằng  $420\text{mm}$ , chiều dài thanh ② sẽ là:  $(306 + 420) + (1500 + 420) = 726 + 1920 = 2646\text{mm}$ . Trên hình vẽ cốt thép cần ghi rõ vị trí mút của thanh số ②.

**Thí dụ 3.17.** Cho số liệu như ở thí dụ 3.16. Yêu cầu dùng phương pháp gần đúng xác định điểm cắt lí thuyết của các thanh cốt thép chịu mômen âm.

Với  $M_B = 170 \text{ kNm}$  đã tính được  $A_s = 1048\text{mm}^2$ , chọn cốt thép:  $2\phi 18 + 2\phi 14 + \phi 20$  trong đó  $2\phi 18$  (thanh số ①) đặt suốt chiều dài,  $2\phi 14$  số ② đặt trong phạm vi gối B, ra xa gối sẽ cắt bớt, thanh số ③  $\phi 20$  là cốt thép uốn từ giữa nhịp lên, kéo qua gối B và sẽ cắt bớt ở phía bên trái của gối.

Bên phải gối B. Sau khi cắt ② còn lại ① gồm  $2\phi 18$ ;  $A_{s2p} = 2\phi 18 = 509\text{mm}^2$ , dùng công thức (3.33b) với  $M_1 = M_B = -170$ ;  $M_2 = -6$ .

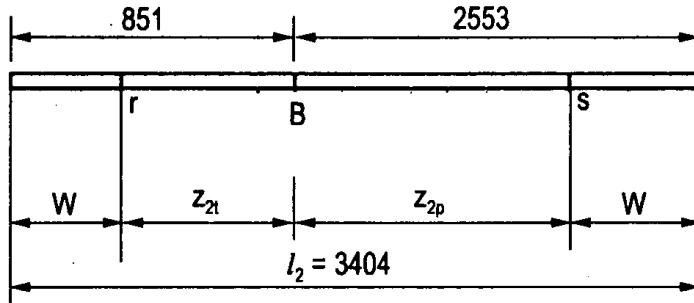
$$Z_{2p} = \frac{0,5M_1l}{M_1 - M_2} \times \frac{A_{s1} - A_{s2p}}{A_{s1}}$$

$$Z_{2p} = \frac{0,5 \times 170 \times 8000}{170 - 6} \times \frac{1048 - 509}{1048} = 2133\text{mm}$$

Bên trái gối B. Sau khi cắt thanh số ②) còn lại:

$$A_{s2t} = ① + ③ = 2\phi 18 + \phi 20 = 509 + 314 = 823 \text{ mm}^2.$$

Bên trái gối B đã có  $x_o = 2m = 2000\text{mm}$ . Dùng công thức (3.33a) để tính  $Z_{kt}$ .



$$Z_{2t} = x_o \frac{A_{sl} - A_{s2t}}{A_{sl}} = 2000 \frac{1048 - 823}{1048} = 431 \text{ mm}$$

Sơ đồ thanh ② như hình vẽ:

Điểm r và s là các điểm cắt lí thuyết. Chiều dài toàn bộ thanh là:

$$l_2 = (w + Z_{2t}) + (Z_{2p} + w)$$

w - đoạn neo, tạm lấy  $w = 30\phi = 30 \times 14 = 420\text{mm}$

$$l_2 = (420 + 431) + (2133 + 420) = 851 + 2553 = 3404\text{mm}$$

*Chú ý:* Thanh số ② được đặt không đối xứng qua gối B, trên hình vẽ cốt thép phải ghi rõ vị trí mút thanh ở cả hai phía.

Thanh số ③ được uốn từ giữa nhịp lên gối, sau khi kéo qua gối một đoạn  $Z_{3t}$  sẽ cắt bớt (theo lí thuyết). Sau khi cắt ③ còn lại ① với  $A_{s3t} = 2\phi 18 = 509\text{mm}^2$ . Tính  $Z_{3t}$  với  $x_o = 2000$ .

$$Z_{3t} = x_o \frac{A_{sl} - A_{s3t}}{A_{sl}} = 2000 \frac{1048 - 509}{1048} = 1028 \text{ mm}$$

Lấy đoạn neo  $w = 600$ , chiều dài đoạn thanh số ③ tính từ mút đến gối B là:  $1028 + 600 = 1628\text{mm}$ .

*Chú thích:* Trên đây có đưa ra trường hợp uốn cốt thép để làm thí dụ minh họa việc vận dụng lí thuyết. Trong thiết kế thực tế nếu xét thấy không thật cần thiết thì không nên uốn cốt thép chuyển vùng vì như vậy làm phức tạp cho thi công. Chỉ nên dùng cách uốn cốt thép khi trong tính toán cần đến cốt thép xiên, uốn cốt thép để kết hợp làm cốt thép xiên (xem mục 5.2).

Việc đặt thanh thép số ② không đối xứng qua gối B hợp lí về mặt chịu lực nhưng phức tạp cho thi công. Để đơn giản cho thi công nên đặt đối xứng, lấy chiều dài  $l_2 = 2 \times 2553 = 5106$ .

## Chương 4

# TÍNH TOÁN CỐT THÉP ĐAI CỦA DÂM CÓ TIẾT DIỆN KHÔNG ĐỒI

### 4.1. ĐẠI CƯƠNG VỀ SỰ CHỊU LỰC CẮT

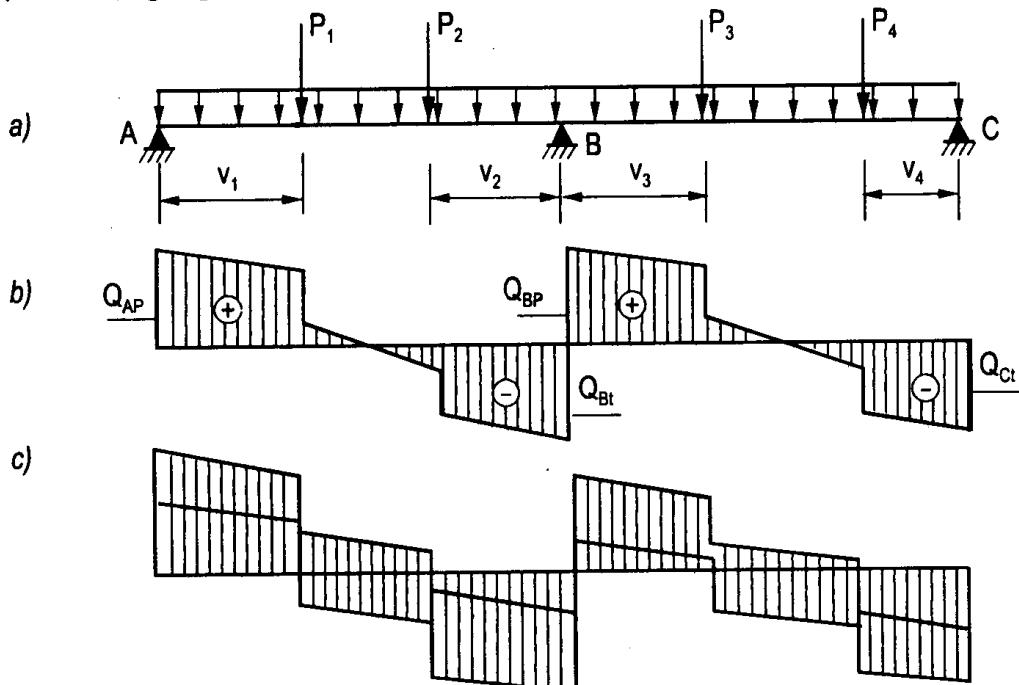
Cốt thép đai đặt trong dầm chủ yếu là để chịu lực cắt. Trong dầm, lực cắt  $Q$  thường phát sinh cùng với mômen  $M$ . Cần phân biệt biểu đồ lực cắt và hình bao lực cắt.

Biểu đồ được thể hiện ứng với một sơ đồ tải trọng.

Hình bao được thể hiện với tổ hợp các trường hợp khác nhau của tải trọng. Hình bao là tập hợp các giá trị bất lợi có thể xảy ra.

Để tính toán cốt thép đai thường phải dựa vào hình bao lực cắt. Tuy vậy, trong một số trường hợp cấu kiện đơn giản có thể thay thế hình bao bằng biểu đồ do toàn bộ tải trọng (tĩnh tải và hoạt tải).

Hình 4.1 vẽ phân biệt biểu đồ lực cắt (hình 4.1b) và hình bao lực cắt (hình 4.1c) của một dầm liên tục hai nhịp vừa chịu tải trọng phân bố và tập trung. Trường hợp dầm không chịu tải trọng tập trung thì trên biểu đồ và hình bao lực cắt không có bước nhảy.



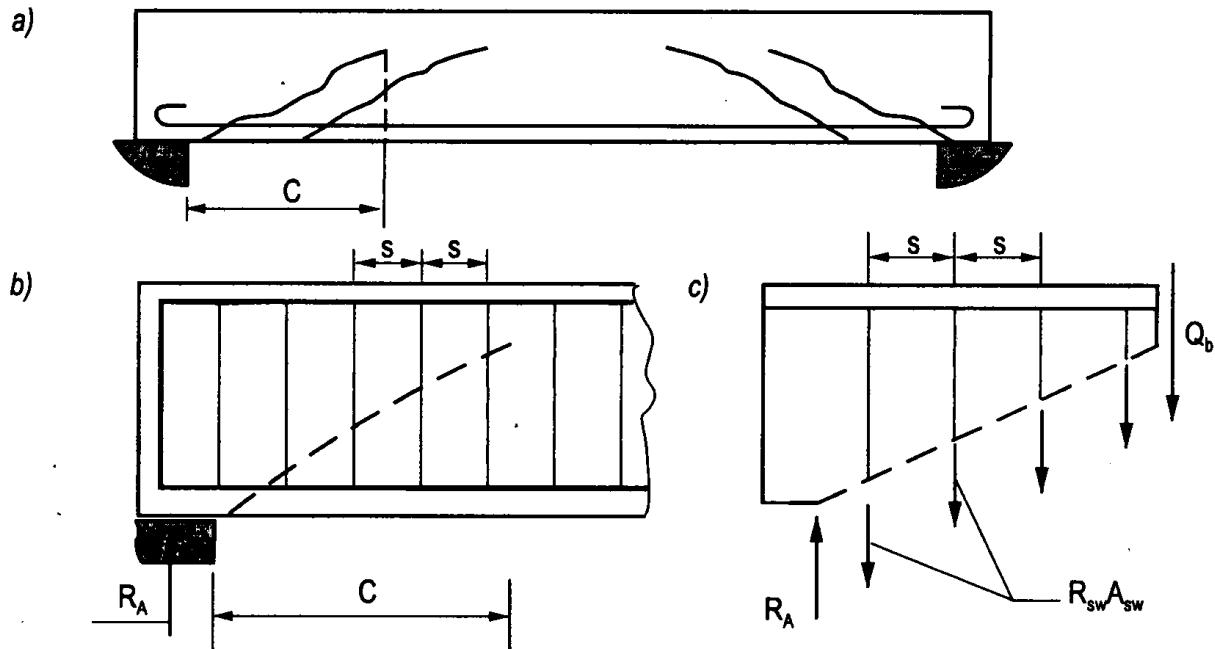
**Hình 4.1: Lực cắt**

a) Sơ đồ tải trọng; b) Biểu đồ lực cắt; c) Hình bao lực cắt

Ở những vùng dầm chịu lực cắt lớn trong dầm sẽ phát sinh những vết nứt nghiêng, đó là do tác dụng của các ứng suất kéo chính có phương xiên với trục dầm. Sự phá hoại do

lực cắt xảy ra theo các tiết diện chứa các vết nứt nghiêng ấy hoặc phá hoại do bêtông giữa các vết nứt nghiêng bị vỡ vì tác dụng của ứng suất nén chính. Đó là sự phá hoại do lực cắt. Tính toán khả năng chịu lực cắt được tiến hành theo tiết diện nghiêng.

Tiết diện nghiêng có điểm khởi đầu xuất phát từ mép vùng kéo của cấu kiện, kết thúc ở chỗ tiếp giáp với vùng nén, có chiều dài hình chiếu lên trục cấu kiện C (hình 4.2a).



**Hình 4.2: Vết nứt nghiêng và tiết diện nghiêng tính toán**

Trường hợp thông thường sơ đồ tính toán tiết diện nghiêng thể hiện trên hình 4.2b; 4.2c. Khả năng chịu cắt của tiết diện nghiêng bao gồm khả năng của bêtông vùng nén  $Q_b$  và khả năng chịu lực của các cốt đai  $Q_{sw}$ .

Trường hợp đặc biệt có thể bố trí cốt thép xiên và kể đến khả năng của nó trong tính toán (xem chương 5).

Cốt thép đai bố trí trong dầm cần tuân theo cả điều kiện về cấu tạo và kết quả về tính toán.

## 4.2. QUY ĐỊNH CẤU TẠO CỦA CỐT THÉP ĐAI

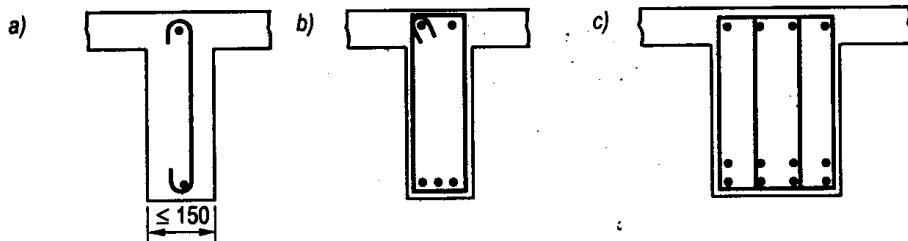
Trong dầm cần đặt cốt thép đai ôm lấy toàn bộ cốt thép dọc và liên kết với chúng để tạo thành khung cốt thép chắc chắn.

Đường kính cốt thép đai trong dầm tối thiểu bằng:

5mm khi chiều cao tiết diện  $h \leq 800\text{mm}$

8mm khi  $h > 800$ .

Số nhánh cốt thép đai trong mỗi lớp phụ thuộc vào bê rộng dầm b và số lượng cốt thép dọc. Khi  $b \leq 150\text{mm}$  và ở mỗi phía chỉ đặt một thanh cốt thép dọc thì được phép dùng đai một nhánh (hình 4.3a). Với b không lớn và số cốt dọc vừa phải thường dùng đai hai nhánh (hình 4.3b). Khi b khá lớn và có nhiều cốt thép dọc cần cấu tạo cốt đai có số nhánh nhiều hơn (hình 4.3c).



**Hình 4.3: Sơ nhánh cốt thép đai**

Khoảng cách giữa các lớp cốt thép đai s có thể đều hoặc không đều trong toàn nhịp dầm. Đặt cốt thép đai đều sẽ thuận lợi cho thi công nhưng không hợp lí về mặt sử dụng tiết kiệm vật liệu thép. Tiêu chuẩn thiết kế chia dầm ra các đoạn để quy định về khoảng cách cấu tạo của cốt thép đai: đoạn dầm gần gối tựa có chiều dài  $a_g$  và đoạn giữa dầm.

Với dầm chịu tải trọng phân bố  $a_g = \frac{1}{4} l$

Với dầm chịu tải trọng tập trung  $a_g = \max(v \text{ và } \frac{1}{4} l)$  ( $l$  - nhịp dầm,  $v$  - khoảng cách theo phương trực dầm từ gối tựa đến đường tác dụng của tải trọng tập trung).

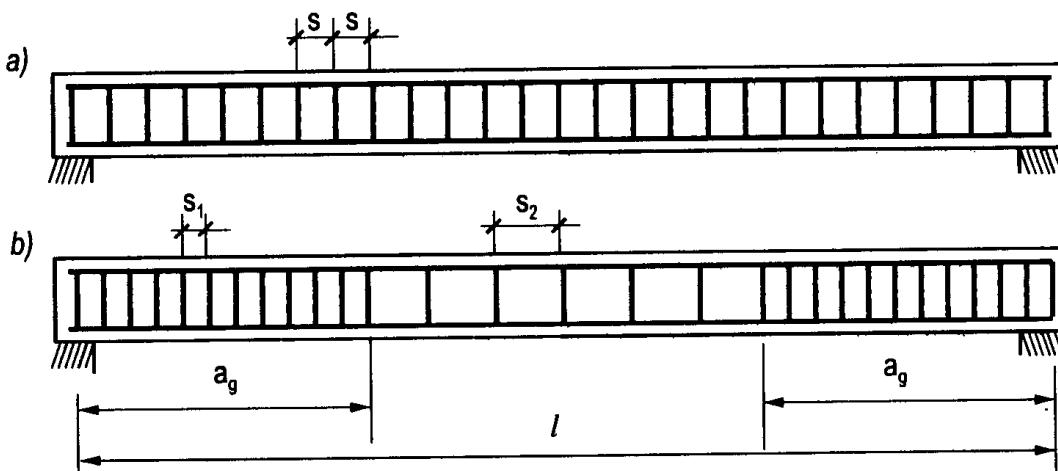
Trong đoạn  $a_g$  khoảng cách cấu tạo của cốt thép đai không được vượt quá:

150mm và  $\frac{h}{2}$  khi  $h \leq 450\text{mm}$

500mm và  $\frac{h}{3}$  khi  $h > 450$

Trong đoạn giữa của dầm, khi  $h > 300\text{mm}$  thì khoảng cách s không lớn quá 500mm và  $3/4h$ ; khi  $h \leq 300\text{mm}$  và nếu theo tính toán không cần đến cốt thép đai thì có thể không đặt.

Về phương diện chịu lực, phân biệt đoạn dầm cần đặt cốt thép đai theo tính toán và đoạn dầm không cần tính toán (lực cắt bé, chỉ cần đặt cốt thép đai theo cấu tạo). Riêng trong đoạn cần tính toán có thể đặt cốt thép đai đều hoặc không đều (ở gần gối tựa đặt cốt thép đai dày hơn...).



**Hình 4.4: Khoảng cách cốt thép đai**

Neo cốt thép đai. Trong tiết diện nghiêng cốt thép đai làm việc chịu kéo vì vậy nó phải được neo chắc chắn ở hai đầu bằng cách hàn hoặc uốn kẹp chặt vào cốt thép dọc để đảm bảo độ bền của liên kết và của cốt thép đai là tương đương.

### 4.3. QUY ĐỊNH TÍNH TOÁN CỦA TIÊU CHUẨN TCXDVN 356-2005

#### 4.3.1. Điều kiện tính toán

Đặt  $Q_{b,o}$  là khả năng chịu cắt của bêtông khi không có cốt thép đai. Tiêu chuẩn thiết kế cho công thức thực nghiệm:

$$Q_{b,o} = \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_o^2}{C} \quad (4.1)$$

$R_{bt}$  - cường độ tính toán về kéo của bêtông, cho ở phụ lục;

$b, h_o$  - bề rộng, chiều cao làm việc của tiết diện;

$\varphi_{b4}$  - hệ số phụ thuộc loại bêtông, cho ở bảng 4.1;

$\varphi_n$  - hệ số xét đến ảnh hưởng của lực dọc N.

Khi N là lực nén, tính  $\varphi_n$  theo công thức (4.2) nhưng lấy  $\varphi_n$  không lớn hơn 0,5.

$$\varphi_n = \frac{0,1N}{R_{bt}bh_o} \quad (4.2)$$

Khi N là lực kéo, tính  $\varphi_n$  theo công thức (4.3) đồng thời lấy giá trị tuyệt đối của nó không lớn hơn 0,8.

$$\varphi_n = \frac{-0,2N}{R_{bt}bh_o} \quad (4.3)$$

C. Hình chiếu tiết diện nghiêng.

Giá trị  $Q_{b,o}$  còn được hạn chế trong một giới hạn (4.4)

$$Q_{b3} \leq Q_{bo} \leq 2,5 R_{bt}bh_o \quad (4.4)$$

$$Q_{b3} = \varphi_{b3} (1 + \varphi_n)R_{bt}bh_o \quad (4.5)$$

$\varphi_{b3}$  - hệ số phụ thuộc loại bêtông, cho ở bảng 4.1.

Tiêu chuẩn quy định điều kiện cho cấu kiện không có cốt thép đai chịu lực cắt là:

$$Q \leq Q_{b,o} \quad (4.6)$$

Q - lực cắt, được xác định trừ ngoại lực đặt ở một phía tiết diện nghiêng đang xét.

Từ điều kiện (4.6) suy ra là khi  $Q > Q_{b,o}$  thì bắt buộc phải tính toán cốt thép chịu lực cắt.

Điều kiện (4.6) được sử dụng chủ yếu đối với các bản, trong đó bêtông phải đủ khả năng chịu cắt, không cần đến cốt thép đai.

Đối với dầm, khi thoả mãn điều kiện (4.6) thì không cần tính toán nhưng vẫn phải đặt cốt đai theo yêu cầu cấu tạo.

Khi điều kiện (4.6) không thoả mãn, cần tính toán cốt thép chịu lực cắt thì phải tính toán hoặc kiểm tra theo hai điều kiện (4.7) và (4.9).

#### 4.3.2. Điều kiện bêtông chịu nén giữa các vết nứt nghiêng

$$Q_A \leq Q_{bt} = 0,3\varphi_{w1}\varphi_{bl}R_bbh_o \quad (4.7)$$

$$\varphi_{w1} = 1 + 5\alpha_s\mu_w \quad (4.8)$$

Nhưng không lớn hơn 1,3.

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_b}; \quad \mu_w = \frac{A_{sw}}{bs}$$

$$\varphi_{bl} = 1 - \beta R_b$$

$E_s, E_b$  - môđun đàn hồi của cốt thép đai và của bêtông;

$A_{sw}$  - diện tích tiết diện ngang của một lớp cốt thép đai;

$s$  - khoảng cách giữa các lớp cốt đai theo phương trực dầm;

$\beta$  - hệ số phụ thuộc loại bêtông, cho ở bảng 4.1;

$R_b$  - cường độ tính toán về nén của bêtông, đơn vị MPa;

$Q_A$  - lực cắt lớn nhất (trên tiết diện thẳng góc) trong đoạn dầm đang xét.

#### 4.3.3. Điều kiện độ bền của tiết diện nghiêng

Trong trường hợp tổng quát điều kiện độ bền theo (4.9)

$$Q \leq Q_b + Q_{sw} + Q_{s,inc} \quad (4.9)$$

$Q_{s,inc}$  - khả năng chống lực cắt của cốt thép xiên. Khi trong dầm chỉ đặt cốt thép dọc và cốt thép đai, không có cốt xiên thì  $Q_{s,inc} = 0$ .

$Q_b$  - lực cắt do riêng bêtông chịu, xác định theo công thức thực nghiệm (4.10) đồng thời lấy  $Q_b$  không nhỏ hơn giá trị  $Q_{b,min}$  xác định theo (4.12).

$$Q_b = \frac{M_b}{c} \quad (4.10)$$

$$M_b = \varphi_{b2}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_o^2 \quad (4.11)$$

$C$  - chiều dài hình chiếu tiết diện nghiêng nguy hiểm nhất lên trực dọc cấu kiện;

$\varphi_{b2}$  - hệ số phụ thuộc loại bêtông, cho ở bảng 4.1;

$\varphi_f$  - hệ số xét ảnh hưởng cánh chịu nén trong tiết diện chữ T, được xác định theo công thức nhưng đồng thời lấy không lớn hơn 0,5.

$$\varphi_f = \frac{0,75u_f h_f}{bh_o}; \quad \varphi_f \leq 0,5$$

$$u_f = \min [3h_f \text{ và } (b_f - b)]$$

$\varphi_n$  - hệ số xét đến ảnh hưởng của lực dọc  $N$ , theo công thức (4.2) hoặc (4.3).

Giá trị của  $(1 + \varphi_f + \varphi_n)$  trong mọi trường hợp lấy không lớn hơn 1,5.

$$Q_b \geq Q_{b\min} = \varphi_{b3} (1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bt} b h_o \quad (4.12)$$

$\varphi_{b3}$  - hệ số phụ thuộc loại bêtông, cho ở bảng 4.1.

Bảng 4.1. Các hệ số  $\varphi_{b2}$ ;  $\varphi_{b3}$ ;  $\varphi_{b4}$  và  $\beta$

Loại bêtông	$\varphi_{b2}$	$\varphi_{b3}$	$\varphi_{b4}$	$\beta$
Bêtông nặng và bêtông tõ ong	2,0	0,6	1,5	0,01
Bêtông hạt nhỏ	1,7	0,5	1,2	0,01
Bêtông nhẹ có mác theo khối lượng	$\geq D 1900$	1,9	0,5	0,02
	$\leq D 1800$	$1,7 \div 1,5$	0,4	1,0
<b>Chú thích:</b> Khi dùng cốt thép dọc là nhóm CIV, AIV, AIIIB hoặc cốt thép nhóm AV, AVI, AT VII (dùng kết hợp) các hệ số $\varphi_{b2}$ , $\varphi_{b3}$ , $\varphi_{b4}$ cần phải nhân với hệ số 0,8				

$Q_{sw}$  - tổng hình chiếu của nội lực giới hạn trong cốt thép đai cắt qua vết nứt nghiêng nguy hiểm, chiếu lên phương vuông góc với trục cấu kiện. Theo sơ đồ trên hình 4.2 thì  $Q_{sw} = \sum R_{sw} A_{sw}$ .

Đặt:  $q_{sw} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{s} \quad (4.13)$

và xem  $q_{sw}$  như là khả năng chịu lực của cốt thép đai đem phân bố đều theo trục dâm. Khi cốt đai có bước s không đổi trong phạm vi tiết diện nghiêng thì:

$$Q_{sw} = q_{sw} C_o \quad (4.14)$$

Giá trị  $q_{sw}$  khi cốt thép đai được xác định theo tính toán cần thoả mãn điều kiện (4.15)

$$q_{sw} \geq \frac{\varphi_{b3} (1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bt} b}{2} = \frac{Q_{b\min}}{2h_o} \quad (4.15)$$

Trong trường hợp bước cốt thép đai s không đổi trong khoảng đang xét, hình chiếu tiết diện nghiêng nguy hiểm  $C_o$  được xác định từ điều kiện cực tiểu của  $(Q_b + Q_{sw})$  theo công thức (4.16)

$$C_o = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw}}} \quad (4.16)$$

Giá trị  $C_o$  trong công thức (4.14) lấy không lớn hơn  $2h_o$ , không lớn hơn giá trị C của một tiết diện nghiêng đang xét.

Ngoài việc tính toán theo điều kiện (4.9) Tiêu chuẩn TCXDVN 356 - 2005 còn quy định: Đối với cấu kiện bêtông cốt thép có cốt thép ngang cũng cần đảm bảo độ bền theo tiết diện nghiêng trong khoảng giữa các cốt thép đai...

#### 4.4. TÍNH TOÁN THEO TÀI LIỆU CỦA NGA (tài liệu tham khảo 9 và 10)

Tiêu chuẩn TCXDVN 356 - 2005 được biên soạn dựa vào tiêu chuẩn của Nga. Để vận dụng tiêu chuẩn vào tính toán thiết kế, các tài liệu của Nga đã đưa ra một số hướng dẫn

và đưa thêm một số điều kiện và công thức không có trong tiêu chuẩn. Gần đây trong Giáo trình kết cấu bêtông cốt thép của trường Đại học Xây dựng cũng có trích dẫn các cách tính toán đó (xem tài liệu tham khảo số 8).

Dựa vào nội dung cần đảm bảo độ bền theo tiết diện nghiêng giữa các cốt thép đai người ta đưa ra điều kiện hạn chế đối với khoảng cách  $s$  của cốt thép đai khi kể đến trong tính toán:

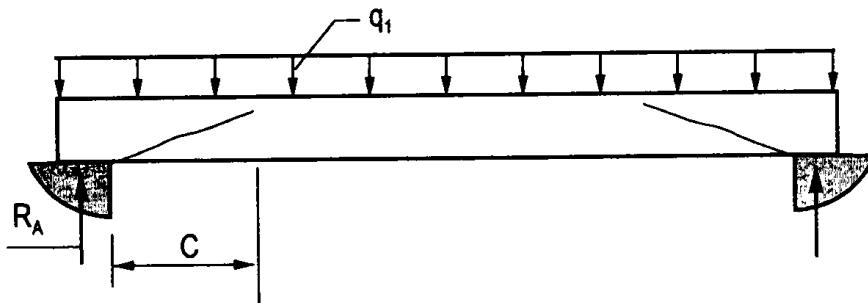
$$s \leq s_{\max} = \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_o^2}{Q_A} \quad (4.17)$$

$Q_A$  - lực cắt lớn nhất trong phạm vi tiết diện nghiêng đang xét.

Để tính toán chia ra hai trường hợp: dầm chịu tải trọng phân bố đều và dầm chịu tải trọng tập trung.

#### 4.4.1. Dầm chịu tải trọng phân bố đều

Khi dầm chịu tải trọng phân bố đều  $q_1$  đặt ở mép trên (hình 4.5) thì lực cắt  $Q$  tác dụng ở một phía của tiết diện nghiêng sẽ là:  $Q = R_A - q_1 C$ .



Hình 4.5: Sơ đồ tính dầm chịu tải trọng phân bố đều

$R_A$  - phản lực gối tựa (hình 4.5)

Để ý rằng  $Q_A = R_A$  thì  $Q = Q_A - q_1 C$

$Q_A$  - lực cắt lớn nhất tại tiết diện thẳng góc đi qua điểm đầu của tiết diện nghiêng.

Đem giá trị của  $Q$  vào điều kiện (4.9) với  $Q_{s,inc} = 0$ ,  $Q_{sw} = q_{sw}C$  và lấy  $Q_b$  theo biểu thức (4.10) có được:

$$\begin{aligned} Q &= Q_A - q_1 C \leq \frac{M_b}{C} + q_{sw} C \\ Q_A &\leq \frac{M_b}{C} + (q_{sw} + q_1) C \end{aligned} \quad (4.18)$$

Tiết diện nghiêng nguy hiểm nhất là tiết diện có giá trị  $C = C_o$  để cho vế phải của (4.18) đạt giá trị cực tiểu.

Trong tính toán người ta đề nghị lấy  $q_1$  như sau:

$$q_1 = g + \frac{p}{2} \quad (4.19)$$

$g$  - tải trọng thường xuyên phân bố đều;

$p$  - phần tải trọng tạm thời, được tính thành phân bố đều, liên tục.

### 1. Bài toán kiểm tra khả năng chịu lực

Khi đã có cấu tạo của cốt thép đai (thoả mãn yêu cầu cấu tạo và điều kiện 4.17) yêu cầu kiểm tra khả năng chịu lực.

Tính  $q_{sw}$  theo công thức (4.13), kiểm tra điều kiện (4.15).

Tính C phụ thuộc vào tương quan giữa  $q_l$  và  $q_{sw}$

Khi  $q_l \leq 0,56 q_{sw}$  tính C theo công thức (4.20)

$$C = \sqrt{\frac{M_b}{q_l}} \quad (4.20)$$

Khi  $q_l > 0,56 q_{sw}$  tính C theo công thức (4.21)

$$C = \sqrt{\frac{M_b}{q_l + q_{sw}}} \quad (4.21)$$

Dùng giá trị C để tính  $Q_b$  theo công thức (4.10) và  $Q = Q_A - q_l C$ . Tính giá trị  $C_o$  theo công thức (4.16) và  $Q_{sw} = q_{sw} C_o$ .

Điều kiện kiểm tra là: (theo điều kiện 4.9 với  $Q_{sinc} = 0$ )

$$Q \leq Q_{bsw} = Q_b + Q_{sw}.$$

### 2. Bài toán tính cốt thép

Biết kích thước tiết diện và hình bao lực cắt (biết  $Q_{max}$ ). Cần tính toán cốt thép đai.

Trước hết cần tính  $q_{sw}$  là phần lực cắt cốt đai phải chịu. Tính  $Q_{bl}$ .

$$Q_{bl} = 2\sqrt{M_b q_l} \quad (4.22)$$

a) Khi  $Q_{max} \leq \frac{Q_{bl}}{0,6}$  thì:

$$q_{sw} = \frac{Q_{max}^2 - Q_{bl}^2}{4M_b} \quad (4.23)$$

b) Khi  $\frac{M_b}{h_o} + Q_{bl} > Q_{max} > \frac{Q_{bl}}{0,6}$  thì:

$$q_{sw} = \frac{(Q_{max} - Q_{bl})^2}{M_b} \quad (4.24)$$

Trong cả hai trường hợp a và b ở trên lấy  $q_{sw}$  không nhỏ hơn giá trị  $\bar{q}_{sw}$

$$\bar{q}_{sw} = \frac{Q_{max} - Q_{bl}}{2h_o} \quad (4.25)$$

c) Khi  $Q_{max} > \frac{M_b}{h_o} + Q_{bl}$  thì:

$$q_{sw} = \frac{Q_{max} - Q_{bl}}{h_o} \quad (4.26)$$

Các giá trị  $q_{sw}$  tính được phải thoả mãn điều kiện (4.15). Nếu xảy ra  $q_{sw} < \frac{Q_{b\min}}{2h_o}$  thì phải tính lại  $q_{sw}$  theo công thức (4.27)

$$q_{sw} = \frac{Q_{\max}}{2h_o} + \frac{\varphi_{b2}}{\varphi_{b3}} q_1 - \sqrt{\left( \frac{Q_{\max}}{2h_o} + \frac{\varphi_{b2}}{\varphi_{b3}} q_1 \right)^2 - \left( \frac{Q_{\max}}{2h_o} \right)^2} \quad (4.27)$$

Sau khi tính được  $q_{sw}$  cần xác định cấu tạo của cốt thép đai. Thông thường chọn loại thép để có  $R_{sw}$ , chọn đường kính và số nhánh, tính ra  $A_{sw}$ . Cân xác định khoảng cách s.

$$s = \frac{R_{sw} A_{sw}}{q_{sw}} \quad (4.28)$$

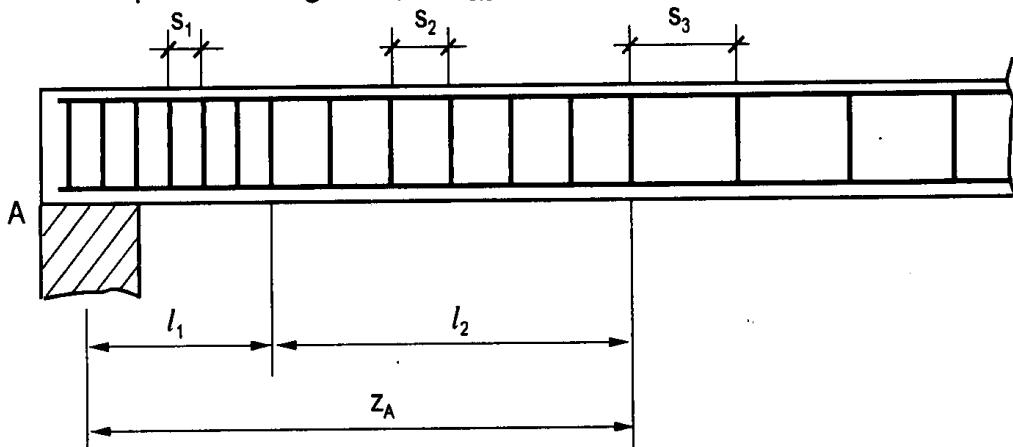
Khoảng cách s (bước cốt thép đai) còn phải được kiểm tra theo điều kiện (4.17).

Khoảng cách s xác định như trên đây được dùng cho những đoạn dầm không thoả mãn điều kiện (4.6). Khi bố trí cốt thép đai còn cần tuân theo các yêu cầu về cấu tạo.

### 3. Trường hợp đặc biệt

Khi muốn tiết kiệm cốt thép đai chịu lực thì trong đoạn dầm cần tính toán nên bố trí cốt thép đai với khoảng cách khác nhau, đoạn gần gối tựa với khoảng cách  $s_1$ , đoạn tiếp theo với khoảng cách  $s_2$  (hình 4.6). Cân xác định  $l_1$  là chiều dài đoạn bố trí cốt đai dày hơn.

$Z_A$  - chiều dài đoạn dầm trong đó  $Q > Q_{b,o}$  - cần tính toán cốt thép đai.



Hình 4.6: Sơ đồ bố trí cốt đai với khoảng cách thay đổi

Giá trị  $s_1$  được xác định theo mục 2. Bố trí cốt thép đai với khoảng cách  $s_1$  trong đoạn  $l_1$ , càng ra xa gối tựa lực cắt giảm xuống, bố trí cốt đai thưa hơn với khoảng cách  $s_2$  trong đoạn  $l_2$ . Dự kiến  $s_2$ , tính:

$$q_{sw1} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{s_1}; q_{sw2} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{s_2} \quad (4.29)$$

Giá trị  $q_{sw2}$  không cần tuân theo điều kiện (4.15)

$$C_{01} = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw1}}}$$

a) Khi  $q_l > q_{sw1} - q_{sw2}$  tính  $l_1$  theo công thức (4.30)

$$l_1 = C - \frac{\frac{M_b}{C} + q_{sw1}C_{01} - Q_{max} + q_lC}{q_{sw1} - q_{sw2}} \quad (4.30)$$

Trong đó:

$$C = \sqrt{\frac{M_b}{q_l + q_{sw2} - q_{sw1}}} \quad (4.31)$$

đồng thời lấy  $C$  không lớn hơn  $\frac{\Phi_{b2}}{\Phi_{b3}} h_o$ .

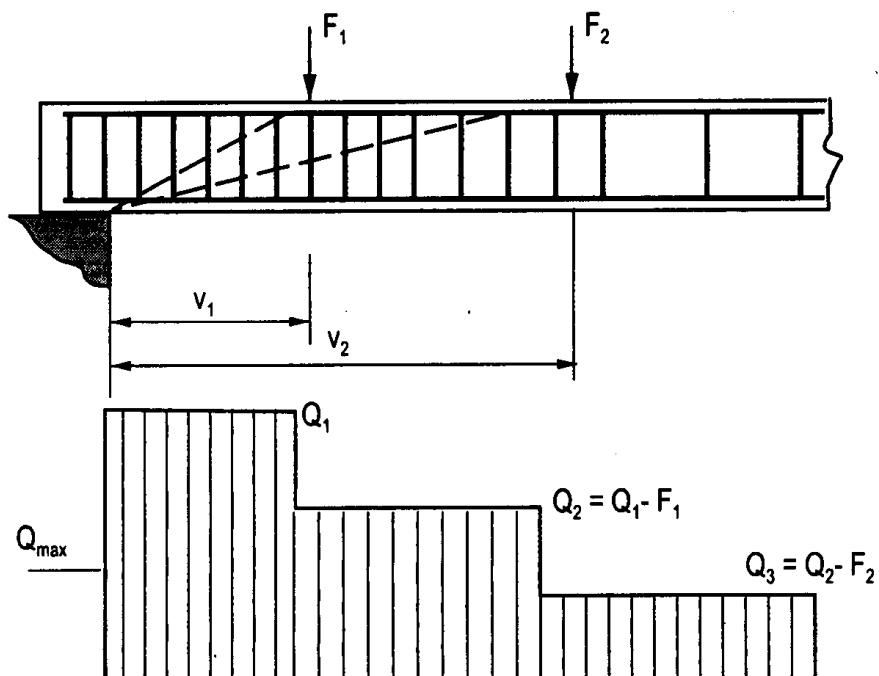
Khi mà  $q_l > 1,56 q_{sw1} - q_{sw2}$  tính  $C$  theo công thức (4.32).

$$C = \sqrt{\frac{M_b}{q_l + q_{sw2}}} \quad (4.32)$$

b) Khi  $q_l \leq q_{sw1} - q_{sw2}$  tính  $l_1$  theo công thức (4.33)

$$l_1 = \frac{Q_{max} - (Q_{b\min} + q_{sw2}C_{01})}{q_l} - C_{01} \quad (4.33)$$

#### 4.4.2. Dầm chịu tải trọng tập trung



Hình 4.7: Sơ đồ tính toán dầm chịu tải trọng tập trung

Khi dầm chịu tải trọng tập trung cần tính với tất cả các tiết diện nghiêng xuất phát từ gối tựa nhưng không vượt quá tiết diện có mômen lớn nhất.

Đặt  $v$  là khoảng cách theo phương trục dầm từ gối tựa đến đường tác dụng của tải trọng tập trung ( $v_1, v_2$  - hình 4.7). Xét các tiết diện nghiêng sau:

Tiết diện 1 với hình chiếu  $C_1 \leq v_1$ , có lực cắt  $Q_1 = Q_{max}$ .

Tiết diện 2 có điểm cuối nằm giữa  $F_1$  và  $F_2$ , với hình chiếu  $C_2$  mà  $v_1 < C_2 \leq v_2$ , lực cắt  $Q_2 = Q_1 - F_1$ .

Đoạn tiếp theo có lực cắt  $Q_3 = Q_2 - F_2$ . Nếu lực cắt  $Q_3$  vẫn còn lớn hơn  $Q_{b,o}$  theo công thức (4.1) thì còn cần xét thêm tiết diện 3 với hình chiếu  $C_3$  mà  $v_2 < C_3 \leq v_3 \dots$

Tiếp tục xét các tiết diện như vậy cho đến đoạn thứ k mà  $Q_k \leq Q_{b,o}$  hoặc  $C_k$  đạt tới khoảng cách từ gối tựa đến tiết diện có mômen lớn nhất.

Ứng với mỗi tiết diện có  $C_i$  và  $Q_i$  ( $i = 1, 2, \dots$ ), tính:

$$Q_{bi} = \frac{M_b}{C_i} \quad (4.34)$$

Đồng thời  $Q_{bi} \geq Q_{b,min}$  theo công thức (4.12)

$$\chi_i = \frac{Q_i - Q_{bi}}{Q_{bi}} \quad (4.35)$$

Lấy  $C_o = C_i$  nhưng không lớn hơn  $2h_o$ , tính:

$$\chi_{oi} = \frac{Q_{b,min}}{Q_{bi}} \times \frac{C_o}{2h_o} \quad (4.36)$$

Tính toán các giá trị  $q_{sw(i)}$  theo các trường hợp sau:

Trường hợp 1. Nếu:  $\chi_i < \chi_{oi}$ , tính  $q_{sw(i)}$  theo công thức (4.37)

$$q_{sw(i)} = \frac{Q_i}{C_o} \times \frac{\chi_{oi}}{\chi_{oi} + 1} \quad (4.37)$$

Trường hợp 2: Nếu  $\chi_{oi} \leq \chi_i \leq \frac{C_i}{C_o}$  tính  $q_{sw(i)}$  theo (4.38)

$$q_{sw(i)} = \frac{Q_i - Q_{bi}}{C_o} \quad (4.38)$$

Trường hợp 3: Nếu:  $\frac{C_i}{C_o} < \chi_i \leq \frac{C_i}{h_o}$ , tính  $q_{sw(i)}$  theo (4.39)

$$q_{sw(i)} = \frac{(Q_i - Q_{bi})^2}{M_b} \quad (4.39)$$

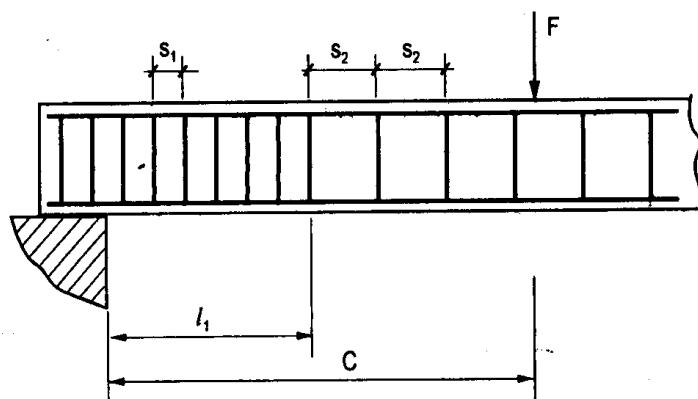
Trường hợp 4. Nếu  $\chi_i > \frac{C_i}{h_o}$ , tính  $q_{sw(i)}$  theo (4.40)

$$q_{sw(i)} = \frac{Q_i - Q_{bi}}{h_o} \quad (4.40)$$

Ở đây lấy  $h_o$  không lớn hơn  $C_i$ .

Với các tiết diện  $i = 1, 2, 3, \dots$  tính được các  $q_{sw(i)}$ , chọn ra giá trị  $q_{sw}$  lớn nhất để tính khoảng cách s của cốt thép đai theo công thức (4.28).

Trong các công thức trên:  $M_b$  được tính theo công thức (4.11),  $Q_{b,min}$  theo (4.12).



**Hình 4.8: Sơ đồ tính với lực tập trung, bước cốt đai thay đổi**

Trường hợp đặc biệt: cốt đai có bước thay đổi

Trong đoạn  $l_1$  gần gối tựa khoảng cách cốt đai là  $s_1$ . Ra ngoài đoạn  $l_1$  khoảng cách cốt đai là  $s_2$ .

Dùng công thức (4.13) tính  $q_{sw1}$  theo  $s_1$  và  $q_{sw2}$  theo  $s_2$ .

Dùng công thức (4.16), với  $q_{sw1}$  tính được  $C_{01}$ , với  $q_{sw2}$  tính được  $C_{02}$  ( $C_{oi} = \sqrt{\frac{M_b}{q_{swi}}}$ ).

Khi  $C - l_1 < C_{01}$  thì:

$$Q_{sw} = q_{sw1} C_{01} - (q_{sw1} - q_{sw2}) (C - l_1) \quad (4.41)$$

Khi  $C_{01} < C - l_1 < C_{02}$  thì:

$$Q_{sw} = q_{sw2} (C - l_1) \quad (4.42)$$

Khi  $C - l_1 > C_{02}$  thì:

$$Q_{sw} = q_{sw2} C_{02} \quad (4.43)$$

Dùng các giá trị  $Q_{sw}$  như trên để kiểm tra khả năng chịu lực theo điều kiện (4.9).

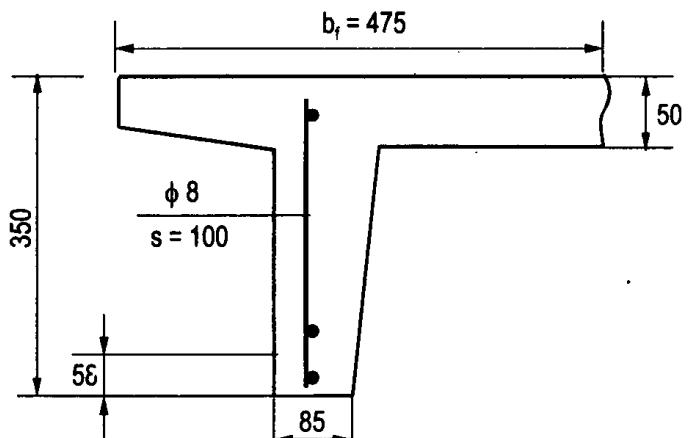
#### 4.4.3. Thí dụ tính toán

**Thí dụ 4.1.** Cho sườn của một panen có kích thước như hình vẽ

Bê tông nặng cấp B15. Sườn được đặt khung cốt thép hàn với cốt thép ngang  $\phi 8$ , một nhánh, khoảng cách  $s = 100\text{mm}$ , bằng thép AIII.

Lực cắt  $Q_{max} = 62\text{ kN}$ .

Tải trọng thường xuyên của cánh panen  $g = 3,9\text{ kN/m}$ . Tải trọng tạm thời phân bố đều  $p = 18\text{ kN/m}$ .



Hình 4.9: Hình của thí dụ 4.1

Yêu cầu kiểm tra khả năng chịu lực cắt

Số liệu:  $b = 85$ ;  $h = 350$ ;  $h_o = 350 - 58 = 292$ ;  $b_f = 475$ ;

$h_f = 50\text{mm}$ ;  $A_{sw} = 50,3\text{ mm}^2$

Bê tông B15 có  $R_b = 8,5$ ;  $R_{bt} = 0,75$ ;  $E_b = 20500\text{ MPa}$  cốt thép  $\phi 8$ -AIII có  $R_{sw} = 285$ ,  $E_s = 200000\text{ MPa}$ .

Bê tông nặng có:  $\varphi_{b2} = 2,0$ ;  $\varphi_{b3} = 0,6$ ;  $\varphi_{b4} = 1,5$ ;  $\beta = 0,01$ .

Tính toán: a - kiểm tra khoảng cách  $s$  ( $s = 100$ ).

Điều kiện cấu tạo,  $h = 350 < 450$ ,  $s \leq \left(\frac{h}{2} \text{ và } 150\right)$  thỏa mãn điều kiện tính toán:

$$s_{max} = \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_o^2}{Q_A} = \frac{1,5 \times 0,75 \times 85 \times 292^2}{62000} = 131\text{mm}$$

Ở đây lấy  $Q_A = Q_{max}$

Thoả mãn điều kiện  $s < s_{max}$ .

b) Kiểm tra điều kiện bêtông chịu nén giữa các vết nứt nghiêng (ứng suất nén chính - điều kiện 4.7).

$$\mu_w = \frac{A_{sw}}{bs} = \frac{50,3}{85 \times 100} = 0,0059 ; \quad \alpha = \frac{E_s}{E_b} = \frac{200.000}{20500} = 9,76$$

$$\varphi_{w1} = 1 + 5\alpha\mu_w = 1 + 5 \times 0,0059 \times 9,76 = 1,29 < 1,3$$

$$\varphi_{b1} = 1 - \beta R_b = 1 - 0,01 \times 8,5 = 0,95.$$

$$Q_{bt} = 0,3\varphi_{w1}\varphi_{b1}R_bbh_o = 0,3 \times 1,29 \times 0,915 \times 8,5 \times 85 \times 292 = 74700 \text{ N}$$

Thoả mãn điều kiện:  $Q_{max} = 62 < Q_{bt} = 74,7 \text{ kN}$

c) Kiểm tra điều kiện về độ bền của tiết diện nghiêng (điều kiện 4.9)

$$u_f = \min(3h_f = 150 \text{ và } b_f - b = 390) = 150$$

$$\varphi_f = \frac{0,75u_f h_f}{bh_o} = \frac{0,75 \times 150 \times 50}{85 \times 292} = 0,227 < 0,5 ; \varphi_n = 0$$

$$M_b = \varphi_{b2} (1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bt} bh_o^2 = 2(1 + 0,227) 0,75 \times 85 \times 292^2 = 13,38 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{s} = \frac{285 \times 50,3}{100} = 143 \text{ N/mm} = 143 \text{ kN/m}$$

$$0,56 q_{sw} = 0,56 \times 143 = 80 \text{ kN/m}$$

$$q_l = g + \frac{P}{2} = 3,9 + \frac{18}{2} = 12,9 < 0,56 q_{sw}$$

Tính C theo công thức (4.20)

$$C = \sqrt{\frac{M_b}{q_l}} = 1000 \sqrt{\frac{13,38}{12,9}} = 1018 \text{ mm} = 1,018 \text{ m}$$

$$Q_b = \frac{M_b}{C} = \frac{13,38 \times 10^6}{1018} = 13140 \text{ N} = 13,14 \text{ kN}$$

$$Q_{bmin} = \varphi_{b3} (1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bt} bh_o = 0,6(1 + 0,227) 0,75 \times 85 \times 292 = 13700 \text{ N}$$

Lấy  $Q_b$  không nhỏ hơn  $Q_{bmin}$ , vậy  $Q_b = 13,7 \text{ kN}$

$$Q = Q_{max} - q_l C = 62 - 12,9 \times 1,018 = 48,9 \text{ kN}$$

$$C_o = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw}}} = 1000 \sqrt{\frac{13,38}{143}} = 305 \text{ mm} < 2h_o = 584$$

đồng thời  $C_o > h_o = 292 \text{ mm}$ . Lấy  $C_o = 305 \text{ mm} = 0,305 \text{ m}$

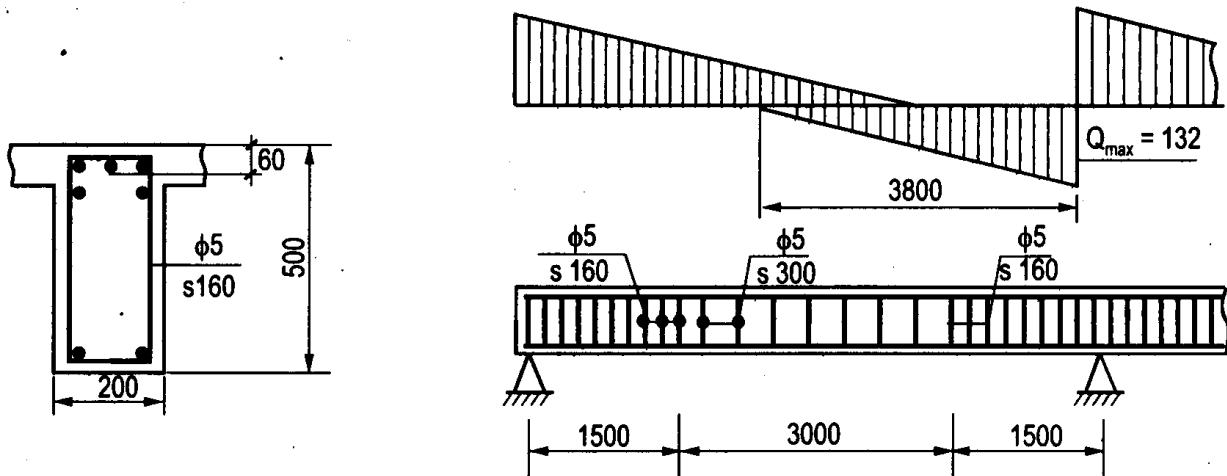
$$Q_{sw} = q_{sw} C_o = 143 \times 0,305 = 43,6 \text{ kN}$$

$$Q_b + Q_{sw} = 13,7 + 43,6 = 57,3 \text{ kN}$$

$$Q = 48,9 < Q_b + Q_{sw} = 57,3$$

Thoả mãn điều kiện về độ bền theo tiết diện nghiêng.

**Thí dụ 4.2:** Cho dầm sàn liên tục có tiết diện như hình vẽ. Tải trọng phân bố đều trong đó phần tải trọng thường xuyên do bản sàn truyền vào là  $g = 16,6 \text{ kN/m}$ , hoạt tải phân bố đều  $p = 17 \text{ kN/m}$ . Nhịp dầm  $l = 6\text{m}$ . Hình bao lực cắt như hình vẽ với  $Q_{\max} = 132 \text{ kN}$ . Tại gối giữa dầm chịu mômen âm. Bêtông nặng cấp B20, cốt thép đai nhóm CI. Yêu cầu kiểm tra khả năng chịu lực cắt.



**Hình 4.10**

Số liệu: Bêtông nặng có  $\varphi_{b2} = 2,0$ ;  $\varphi_{b3} = 0,6$ ;  $\varphi_{b4} = 1,5$ ;  $\beta = 0,01$

B20 có  $R_b = 11,5$ ;  $R_{bt} = 0,9$ ;  $E_b = 24000 \text{ MPa}$ ;  $b = 200$ ;  $h = 500\text{mm}$

$h_o = 500 - 60 = 440\text{mm}$ . Đoạn dầm chịu mômen âm, cách trong vùng kéo:  $\varphi_f = 0$ ; không kể đến lực dọc:  $\varphi_n = 0$ .

Cốt thép φ5 có diện tích  $19,6\text{mm}^2$ ;  $A_{sw} = 2 \times 19,6 = 39,2\text{mm}^2$ . Thép CI có  $R_{sw} = 175$ ;  $E_s = 210000 \text{ MPa}$ .

Tính toán: a - kiểm tra khoảng cách s: ( $s = 160\text{mm}$ ).

Theo cấu tạo, với  $h = 500 > 450$ :  $s \leq \left(\frac{1}{3}h = 166\text{và } 500\right)$ . Đạt yêu cầu.

Theo tính toán. Tính  $s_{\max}$  với  $Q_A = Q_{\max} = 132 \text{ kN}$

$$s_{\max} = \frac{\varphi_{b4}(1+\varphi_n)R_{bt}bh_o^2}{Q_A} = \frac{1,5 \times 0,9 \times 200 \times 440^2}{132000} = 396\text{mm}$$

Thoả mãn  $s < s_{\max}$ .

b) Kiểm tra bêtông chịu nén (ứng suất nén chính)

$$\mu_w = \frac{A_{sw}}{bs} = \frac{56,6}{200 \times 160} = 0,00176; \quad \alpha = \frac{E_s}{E_b} = \frac{210000}{24000} = 8,75$$

$$\varphi_{w1} = 1 + 5\alpha\mu_w = 1 + 5 \times 0,00176 \times 8,75 = 1,077 < 1,3$$

$$\varphi_{b1} = 1 - \beta R_b = 1 - 0,01 \times 11,5 = 0,885.$$

$$Q_{bt} = 0,3\varphi_{w1}\varphi_{b1}R_bbh_o = 0,3 \times 1,077 \times 0,885 \times 11,5 \times 200 \times 440 = 289000\text{N}$$

Thoả mãn điều kiện  $Q_{\max} = 132 < Q_b = 289$  kN

c) Kiểm tra độ bén tiết diện nghiêng

$$M_b = \varphi_{b2}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_o^2 = 2 \times 0,9 \times 200 \times 440^2 = 69,7 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$q_{sw} = \frac{R_{sw}A_{sw}}{s} = \frac{175 \times 39,2}{160} = 42,8 \text{ N/mm} = 42,8 \text{ kN/m}$$

$$0,56q_{sw} = 0,56 \times 42,8 = 24 \text{ kN/m}$$

$$q_l = g + \frac{p}{2} = 16,6 + \frac{17}{2} = 25,1 \text{ kN/m. Có trường hợp } q_l > 0,56 q_{sw}$$

$$C = \sqrt{\frac{M_b}{q_l + q_{sw}}} = \sqrt{\frac{69,7 \times 10^6}{25,1 + 42,8}} = 1026 \text{ mm} = 1,026 \text{ m}$$

$$Q_b = \frac{M_b}{C} = \frac{69,7 \times 10^6}{1026} = 67930 \text{ N} = 67,93 \text{ kN}$$

$$Q_{bmin} = \varphi_{b3}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_o = 0,6 \times 0,9 \times 200 \times 440 = 47520 \text{ N}$$

Lấy  $Q_b = 67,93 \text{ kN} > Q_{bmin}$

$$Q = Q_{\max} - q_l C = 132 - 25,1 \times 1,026 = 106,3 \text{ kN}$$

$$C_o = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw}}} = \sqrt{\frac{69,7 \times 10^6}{42,8}} = 1276 \text{ mm} > 2h_o = 880$$

Lấy  $C_o = 2h_o = 880 \text{ mm.}$

$$Q_{sw} = q_{sw}C_o = 42,8 \times 880 = 37660 \text{ N} = 37,66 \text{ kN}$$

$$Q_{bsw} = Q_b + Q_{sw} = 67,93 + 37,66 = 105,6 \text{ kN}$$

Xảy ra  $Q = 106,3 > Q_{bsw} = 105,6$

Không bảo đảm khả năng chịu lực.

Để bảo đảm khả năng chịu lực, tăng cốt đai thành  $\phi 6$  (hoặc giảm khoảng cách s)

$$A_{sw} = 2 \times 28,3 = 56,6 \text{ mm}^2 ; q_{sw} = \frac{175 \times 56,6}{160} = 61,9 \text{ N/mm}$$

$$q_l = 25,1 < 0,56 q_{sw} = 34,6.$$

$$C = \sqrt{\frac{M_b}{q_l}} = \sqrt{\frac{69,7 \times 10^6}{25,1}} = 1666 \text{ mm}$$

$$Q_b = \frac{M_b}{C} = \frac{69,7 \times 10^6}{1666} = 41830 \text{ N} = 41,83 \text{ kN.}$$

$Q_{bmin} = 47520$  (đã tính được). Lấy  $Q_b = 47,52 \text{ kN}$  (không nhỏ hơn  $Q_{bmin}$ )

$$Q = Q_{\max} - q_l C = 132 - 25,1 \times 1,666 = 90,2 \text{ kN}$$

$$C_o = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw}}} = \sqrt{\frac{69,7 \times 10^6}{61,9}} = 1060 \text{mm} > 2h_o = 880$$

Lấy  $C_o = 880$ ;  $Q_{sw} = 61,9 \times 880 = 54470 \text{N}$ .

$$Q_{bsw} = Q_b + Q_{sw} = 41,83 + 54,47 = 96,3 \text{kN}$$

$$\text{có } Q = 90,2 < Q_{bsw} = 96,3$$

Thoả mãn yêu cầu khả năng chịu lực.

d) Kiểm tra đoạn giữa dầm

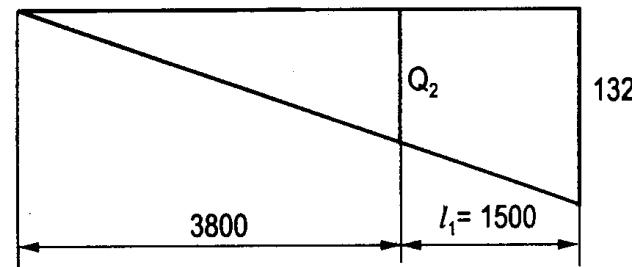
Khi đặt cốt thép đai với  $\phi 6$ ,  $s = 160$  đều trên toàn nhịp dầm thì không cần kiểm tra gì thêm nữa. Nếu chỉ đặt  $s = 160$  trong đoạn  $l_1 = \frac{1}{4}l = 1500 \text{mm}$  còn đoạn giữa dầm đặt cốt đai thừa hơn ( $s = 300$ ) thì còn cần kiểm tra thêm.

Tính  $Q_2$  là lực cắt tại tiết diện thẳng góc ở cuối đoạn  $l_1$ .

$$Q_2 = \frac{(3800 - 1500)}{3800} \times 132 = 79,9 \text{kN}$$

Kiểm tra xem đoạn giữa dầm có cần tính toán cốt đai hay không

$$\text{Lấy } C = \sqrt{\frac{M_b}{q_1}} = 1666 \text{mm}$$



Hình 4.11: Sơ đồ tính lực cắt  $Q_2$

$$Q_{b,o} = \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_o^2}{C} = \frac{1,5 \times 0,9 \times 200 \times 440^2}{1666} = 31370 \text{N} = 31,37 \text{kN}$$

$$2,5 R_{bt}bh_o = 2,5 \times 0,9 \times 200 \times 440 = 198000 \text{N} = 198 \text{kN}$$

$$Q_{b3} = \varphi_{b3}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_o = 0,6 \times 0,9 \times 200 \times 440 = 47520 \text{N} = 47,52 \text{kN}$$

$$\text{Vì } 31,37 < 47,52 \text{ nên lấy } Q_{b,o} = 47,52 < 2,5 R_{bt}bh_o$$

$$Q_{bo} = 47,52 \text{ ứng với tiết diện nghiêng có } C \text{ là}$$

$$C = \frac{1,5 \times 0,9 \times 200 \times 440^2}{47520} = 1100 \text{mm} = 1,1 \text{m}$$

$$Q = Q_2 - q_1 C = 79,9 - 25,1 \times 1,1 = 52,3 \text{kN}$$

Xảy ra trường hợp  $Q = 52,3 > Q_{b,o} = 47,52$ . Cần tính toán (Nếu xảy ra  $Q < Q_{b,o}$  thì không cần tính toán tiếp).

Kiểm tra khoảng cách s.

Điều kiện cấu tạo ở đoạn giữa dầm:  $s \leq \left(\frac{3}{4}h = 375 \text{ và } 500\right)$ : thoả mãn điều kiện để cốt thép đai vào tính toán: Với  $Q_A = Q_2 = 79,9 \text{kN}$

$$s_{max} = \frac{\varphi_{b4} R_{bt} b h_o^2}{Q_A} = \frac{1,5 \times 0,9 \times 200 \times 440^2}{79900} = 654\text{mm}$$

$s = 300 < s_{max}$ . thoả mãn yêu cầu

$$q_{sw1} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{s_1} = \frac{175 \times 56,6}{160} = 61,9 ; q_{sw2} = \frac{175 \times 56,6}{300} = 33 \text{ N/mm}$$

$$q_l = 25,1 < q_{sw1} - q_{sw2} = 61,9 - 33 = 28,9$$

$$C_{01} = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw1}}} = 1000 \sqrt{\frac{69,7}{61,9}} = 1060\text{mm}$$

Tính tía trị  $l_1$  theo yêu cầu chịu lực:

$$l_1 = \frac{Q_{max} - (Q_{b,min} + q_{sw2} C_{01})}{q_l} - C_{01}$$

$$l_1 = \frac{132000 - (47520 + 33 \times 1060)}{25,1} - 1060 = 912\text{mm}$$

Đã bố trí  $l_1 = 1500 > 912$ . Đạt yêu cầu.

**Thí dụ 4.3.** Dầm tiết diện chữ T có cánh trong vùng kéo, kích thước tiết diện  $b = 250$ ;  $h = 600$ ;  $h_o = 550\text{mm}$ ; bêtông B25. Dầm chịu tải trọng phân bố đều, tải trọng thường xuyên từ bản sàn truyền vào  $g = 16 \text{ kN/m}$ ; tải trọng tạm thời  $p = 24 \text{ kN/m}$ . Lực cắt lớn nhất ở gối tựa  $Q_{max} = 158 \text{ kN}$ . Yêu cầu tính toán cốt thép đai chịu lực cắt bằng thép Cl.

Số liệu:  $b = 250$ ;  $h = 600$ ;  $h_o = 550\text{mm}$ .

Bêtông nặng B25:  $\varphi_{b2} = 2,0$ ;  $\varphi_{b3} = 0,6$ ;  $\varphi_{b4} = 1,5$ ;

$R_b = 14,5$ ;  $R_{bt} = 1,05$ ;  $E_b = 30000 \text{ MPa}$

$R_{sw} = 175$ ;  $E_s = 210000 \text{ MPa}$ .

Tiết diện chữ T cánh trong vùng kéo:  $\varphi_f = 0$ .

Không kể đến ảnh hưởng của lực dọc:  $\varphi_n = 0$ .

Tính toán: a - kiểm tra điều kiện tính toán

$$q_l = g + \frac{p}{2} = 16 + \frac{24}{2} = 28 \text{ kN/m} = 28\text{N/mm}$$

$$M_b = \varphi_{b2} R_{bt} b h_o^2 = 2 \times 1,05 \times 250 \times 550^2 = 158,8 \times 10^6 \text{ Nmm.}$$

$$C = \sqrt{\frac{M_b}{q_l}} = 1000 \sqrt{\frac{158,8}{28}} = 2380\text{mm}$$

$$Q_{b,o} = \frac{\varphi_{b4}(1+\varphi_n)R_{bt}bh_o^2}{C} = \frac{1,5 \times 1,05 \times 250 \times 550^2}{2380} = 50000\text{N}$$

$$Q_{b3} = \varphi_{b3}(1+\varphi_n)R_{bt}bh_o^2 = 0,6 \times 1,05 \times 250 \times 550 = 86600\text{N}$$

$50000 < 86600$ , vậy lấy  $Q_{bo} = 86600 \text{ N}$  (lấy  $Q_{bo} \geq Q_{b3}$ ).

Tính lại C với  $Q_{bo} = 86600$

$$C = \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_o^2}{Q_{bo}} = \frac{1,5 \times 1,05 \times 250 \times 550^2}{86600} = 1375 \text{ mm}$$

$$Q = Q_{max} - q_1 C = 158 - 28 \times 1,375 = 119,5 \text{ kN}$$

$Q = 119,5 > Q_{bo} = 86,6$ . Phải tính toán cốt thép chịu lực cắt.

b) Kiểm tra khả năng chịu nén của bê tông theo ứng suất nén chính

Giả thiết  $\varphi_{w1} = 1,05$ .

$$\varphi_{bl} = 1 - \beta R_b = 1 - 0,01 \times 14,5 = 0,855.$$

$$Q_{bt} = 0,3\varphi_{w1}\varphi_{bl}R_bbh_o = 0,3 \times 1,05 \times 0,855 \times 14,5 \times 250 \times 550 = 537000 \text{ N}$$

$$Q_A = Q_{max} = 158 < Q_{bt} = 537 \text{ kN}. \text{ Thoả mãn yêu cầu.}$$

c) Tính toán cốt thép đai

$$Q_{bl} = 2\sqrt{M_b q_1} = 2\sqrt{158,8 \times 10^6 \times 28} = 133360 \text{ N} = 133,36 \text{ kN}$$

$$\text{Xảy ra trường hợp } Q_{max} = 158 < \frac{Q_{bl}}{0,6} = \frac{133,36}{0,6} = 222 \text{ kN}$$

$$q_{sw} = \frac{Q_{max}^2 - Q_{bl}^2}{4M_b} = \frac{158^2 - 133,36^2}{4 \times 158,8} = 11,3 \text{ kN/m} = 11,3 \text{ N/mm}$$

$$\bar{q}_{sw} = \frac{Q_{max} - Q_{bl}}{2h_o} = \frac{158000 - 133360}{2 \times 550} = 22,4 \text{ N/mm}$$

$11,3 < 22,4$  vậy cần lấy  $q_{sw} = 22,4$  để tính tiếp.

$$\text{Đồng thời cần thoả mãn điều kiện } q_{sw} > \frac{Q_{bmin}}{2h_o}$$

$$\begin{aligned} Q_{bmin} &= \varphi_{b3}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_o \\ &= 0,6 \times 1,05 \times 250 \times 550 = 86620 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\frac{Q_{bmin}}{2h_o} = \frac{86620}{2 \times 550} = 78,75 \text{ N/mm}$$

$22,4 < 78,75$  vậy cần lấy  $q_{sw} = 78,75$

Chọn cốt đai  $\phi 6$ , 2 nhánh:  $A_{sw} = 2 \times 28,3 = 56,6 \text{ mm}^2$ .

Khoảng cách s:

$$s = \frac{R_{sw} A_{sw}}{q_{sw}} = \frac{175 \times 56,6}{78,75} = 126 \text{ mm - khá bé.}$$

Chọn lại, dùng  $\phi 8$ ;  $A_{sw} = 2 \times 50,3 = 100,6$ .

$$s = \frac{175 \times 100,6}{78,75} = 223\text{mm}$$

Kiểm tra điều kiện về s

Điều kiện tính toán: Với  $Q_A = Q_{\max} = 158000 \text{ N}$

$$s_{\max} = \frac{\varphi_{b4} R_{bt} b h_o^2}{Q_A} = \frac{1,5 \times 1,05 \times 250 \times 550^2}{158000} = 753\text{mm}$$

Điều kiện cấu tạo:

$$h = 600 > 450 ; s \leq \left( \frac{1}{3}h = 200 \text{ và } 500 \right)$$

Chọn  $\phi 8$ ,  $s = 200$ .

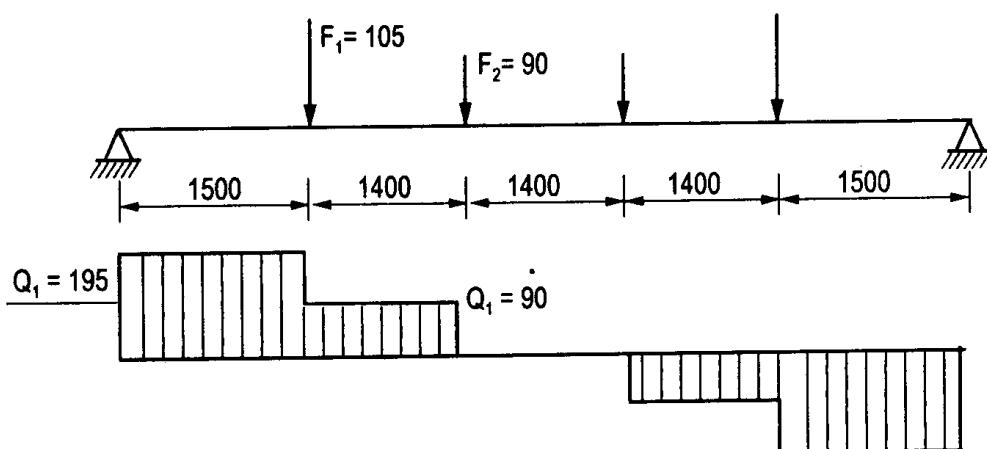
Khi đặt cốt đai đều  $s = 200$  trong toàn bộ nhịp dầm thì kết thúc tính toán.

Trường hợp muốn tiết kiệm cốt thép, chỉ đặt cốt thép đai với  $s_1 = 200$  trong đoạn  $l_1$  gần gối tựa còn ở đoạn giữa dầm đặt với  $s_2 > s_1$  thì cần dự kiến  $s_2$  rồi tính toán  $q_{sw2}$ ; dùng các công thức (4.30), (4.33) để tính  $l_1$ .

*Chú thích:* Đã giả thiết  $\varphi_{w1} = 1,05$  để tính  $Q_{bt}$ . Sau khi có cấu tạo của cốt thép đai, đáng ra thì nên tính lại  $\varphi_{w1}$ . Ở đây nhận xét thấy  $Q_{bt}$  là khá lớn so với  $Q_A$  nên không cần tính lại  $\varphi_{w1}$ .

**Thí dụ 4.4.** Cho dầm kê lên hai gối tự do, sơ đồ tính toán đưa về thành các lực tập trung, có biểu đồ lực cắt như hình vẽ.

Dầm có tiết diện chữ T, cánh trong vùng nén,  $b_f = 1400\text{mm}$ ;  $h_f = 100\text{mm}$



**Hình 4.12:** Sơ đồ tải trọng và biểu đồ lực cắt

Bề rộng sườn  $b = 220$ ; chiều cao  $h = 800$ ;  $h_o = 760$ . Bê tông năng cấp B15. Yêu cầu tính toán cốt thép đai chịu lực cắt bằng thép CI.

Số liệu:  $R_b = 8,5$ ;  $R_{bt} = 0,75$ ;  $R_{sw} = 175$ ;  $E_b = 23000$ ;  $E_s = 210000 \text{ MPa}$

$\varphi_{b2} = 2$ ;  $\varphi_{b3} = 0,6$ ;  $\varphi_{b4} = 1,5$ ;  $\varphi_n = 0$ ;  $\beta = 0,01$

a) Điều kiện tính toán: Đoạn đầu dầm,  $Q = Q_1 = 195$ ; tiết diện nghiêng có  $C = 1500$ .

$$Q_{bo} = \frac{\varphi_{b4}(1+\varphi_n)R_{bt}bh_o^2}{C} = \frac{1,5 \times 0,75 \times 220 \times 760^2}{1500} = 95300N = 95,3kN$$

Có  $Q = 195 > Q_{bo} = 95,3$ . Cần tính toán cốt thép đai chịu lực cắt.

b) Kiểm tra khả năng chịu nén của bêtông (ứng suất nén chính)

Giả thiết  $\varphi_{w1} = 1,05$ ;  $\varphi_{b1} = 1 - \beta R_b = 1 - 0,01 \times 8,5 = 0,915$ .

$$Q_{bt} = 0,3\varphi_{w1}\varphi_{b1}R_bbh_o = 0,3 \times 1,05 \times 0,915 \times 8,5 \times 220 \times 760 = 409600N$$

$Q_A = Q_1 = 195 < Q_{bt} = 409,6$  kN. Thoả mãn điều kiện bắt buộc

c) Tính toán cốt thép đai:  $u_f = \min(3h_f = 300; b_f - b = 1180) = 300$

$$\varphi_f = \frac{0,75u_f h_f}{bh_o} = \frac{0,75 \times 300 \times 100}{220 \times 760} = 0,134 < 0,5$$

$$M_b = \varphi_{b2}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_o^2 = 2(1 + 0,134)0,75 \times 220 \times 760^2 = 216000000Nmm$$

Xét hai tiết diện nghiêng.

Tiết diện 1 với  $C_1 = 1500$ ;  $Q_1 = 195$  kN

Tiết diện 2 với  $C_2 = 1500 + 1400 = 2900$ ;  $Q_2 = 90$  kN

$$Q_{b1} = \frac{M_b}{C_1} = \frac{216 \times 10^6}{1500} = 144000N = 144kN$$

$$Q_{b2} = \frac{M_b}{C_2} = \frac{216 \times 10^6}{2900} = 74480N = 74,48kN$$

$$Q_{b\min} = \varphi_{b3}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_o = 0,6(1 + 0,134)0,75 \times 220 \times 760 = 85320N$$

$$\chi_1 = \frac{Q_1 - Q_{b1}}{Q_{b1}} = \frac{195 - 144}{144} = 0,354$$

Lấy  $C_o = C_1 = 1500 < 2h_o = 1520$ .

$$\chi_{01} = \frac{Q_{b\min}}{Q_{b1}} \times \frac{C_o}{2h_o} = \frac{85320}{144000} \times \frac{1500}{1520} = 0,5847$$

Có trường hợp  $\chi_1 < \chi_{01}$  tính  $q_{sw(1)}$

$$q_{sw(1)} = \frac{Q_1}{C_o} \times \frac{\chi_{01}}{\chi_{01} + 1} = \frac{195000}{1500} \times \frac{0,5847}{1,5847} = 47,96 N/mm$$

Tiết diện 2. Tính được  $Q_{b2} = 74,48 < Q_{b\min} = 85,32$  vậy phải lấy  $Q_{b2} = Q_{b\min} = 85,32$  kN.

$$\chi_2 = \frac{Q_2 - Q_{b2}}{Q_{b2}} = \frac{90 - 85,32}{85,32} = 0,05485$$

$C_2 = 2900 > 2h_o = 1520$  vậy lấy  $C_o = 2h_o = 1520$  mm

$$\chi_{02} = \frac{Q_{b\min}}{Q_{b2}} \times \frac{C_o}{2h_o} = 1$$

$\chi_2 < \chi_{02}$ , tính  $q_{sw(2)}$

$$q_{sw(2)} = \frac{Q_2}{C_o} \times \frac{\chi_{02}}{\chi_{01} + 1} = \frac{90000}{1520} \times \frac{1}{2} = 29,6 \text{ N/mm}$$

Lấy giá trị lớn hơn là  $q_{sw} = 47,96$  để tính tiếp.

Chọn thép đai  $\phi 6$ , 2 nhánh,  $A_{sw} = 2 \times 28,3 = 56,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{R_{sw} A_{sw}}{q_{sw}} = \frac{175 \times 56,6}{47,96} = 206 \text{ mm}$$

Điều kiện tính toán:

$$s \leq s_{max} = \frac{\varphi_{b4}(1+\varphi_n)R_{bt}bh_o^2}{Q_A} = \frac{1,5 \times 0,75 \times 220 \times 760^2}{195000} = 733 \text{ mm}$$

Điều kiện cấu tạo, với  $h = 800 > 450$ .

$$s \leq \left( \frac{h}{3} = 266 \text{ và } 500 \right) = 266.$$

Chọn  $s = 200 \text{ mm}$ .

Khi đặt  $s = 200 \text{ mm}$  cho toàn dầm thì kết thúc tính toán. Nếu muốn tiết kiệm cốt thép, trong đoạn  $a_g$  gần gối tựa đặt cốt thép với  $s_1 = 200$ , đoạn giữa dầm đặt với khoảng cách  $s_2 \leq \left( \frac{3}{4} h = 600 \text{ và } 500 \right)$ , chọn  $s_2 = 400$ .

$$a_g \geq (v = 1500 \text{ và } \frac{l}{4} = 1800) = 1800$$

Lấy  $l_1 = a_g = 1800$ .

$$q_{sw1} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{s_1} = \frac{175 \times 56,6}{200} = 49,5 \text{ N/mm}$$

$$q_{sw2} = \frac{175 \times 56,6}{400} = 24,7 \text{ N/mm}$$

$$C_{01} = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw1}}} = 1000 \sqrt{\frac{216}{49,5}} = 2089 \text{ mm} > 2h_o = 1520$$

$$C_{02} = 1000 \sqrt{\frac{216}{24,7}} = 2957 \text{ mm} > 2h_o = 1520$$

lấy  $C_{01} = C_{02} = 1520$ .

Không cần kiểm tra với tiết diện 1 vì  $l_1 > C_1 = 1500$ .

Kiểm tra tiết diện 2 với  $C = 1500 + 1400 = 2900$ ;  $Q = Q_2 = 90 \text{ kN}$

Có  $C - l_1 = 2900 - 1800 = 1100 < C_{01} = 1520$ . Tính  $Q_{sw}$  theo công thức (4.41):

$$Q_{sw} = q_{sw1} C_{01} - (q_{sw1} - q_{sw2}) (C - l_1)$$

$$Q_{sw} = 49,5 \times 1520 - (49,5 - 24,7) (2900 - 1800) = 47960$$

$$Q_b = \frac{M_b}{C} = \frac{216 \times 10^6}{2900} = 74480 < Q_{b\min} = 85320$$

Lấy  $Q_b = Q_{b\min}$ ;  $Q_{bsw} = Q_b + Q_{sw} + 85320 + 47960 = 133280N$

$Q = 90 < Q_{bsw} = 13,328 kN$ . Thoả mãn điều kiện chịu lực.

#### 4.4.4. Nhận xét

Tính toán theo những hướng dẫn trên đây là khá chi tiết và khá phức tạp vì đưa ra rất nhiều trường hợp, dùng nhiều công thức, nhiều hệ số khác nhau. Phần lớn công thức là công thức thực nghiệm. So sánh với cách tính toán trước đây theo Tiêu chuẩn TCVN 5574 thì phức tạp hơn rất nhiều. Việc tính toán phức tạp như vậy có thể sẽ tiết kiệm được một số cốt thép trong trường hợp dầm chịu lực cắt khá lớn. Kinh nghiệm thiết kế thực tế thấy rằng các dầm sàn, dầm khung hay gấp trong các công trình thường chịu lực cắt không lớn lắm, nhiều lúc chỉ cần đặt cốt thép đai theo cấu tạo là đủ. Vì vậy, đối với các dầm thường gấp có thể tính toán đơn giản hơn trong khi vẫn tuân thủ các quy định của Tiêu chuẩn TCXDVN 356 - 2005. Trong mục 4.5 đưa ra một số hướng dẫn như vậy.

### 4.5. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN THỰC HÀNH

Phương pháp này do tác giả đề xuất trên cơ sở vận dụng trực tiếp các quy định của TCXDVN 356 - 2005, nhằm đơn giản hoá một số phép tính so với nội dung của mục 4.4.

Phương pháp này chủ yếu dùng để tính toán các dầm thông thường của sàn và khung, chịu lực cắt không lớn, thoả mãn điều kiện (4.44)

$$Q_A \leq 0,7 Q_{bt} \quad (4.44)$$

$Q_A$  - lực cắt lớn nhất trong đoạn dầm đang xét;

$Q_{bt}$  - khả năng bêtông chịu nén giữa các vết nứt nghiêng, xác định theo công thức (4.7).

Trường hợp dầm chịu lực cắt khá lớn và muốn sử dụng tiết kiệm cốt thép thì nên tính toán theo mục 4.4.

#### 4.5.1. Điều kiện tính toán

##### 1. Điều kiện không cần tính toán

Sẽ không cần tính toán cốt thép đai (chọn đặt theo cấu tạo) khi thoả mãn điều kiện (4.45).

$$Q_A \leq Q_o = 0,5 \varphi_{b4} (1 + \varphi_n) R_{bt} b h_o \quad (4.45)$$

Điều kiện (4.45) là một hình thức của điều kiện (4.6) trong đó lấy  $Q_{bo}$  theo công thức (4.1) với  $C = 2h_o$ .

Cần tính toán cốt thép đai khi điều kiện (4.45) không được thoả mãn.

### 2. Điều kiện bêtông chịu nén giữa các vết nứt nghiêng (ứng suất nén chính).

Cần kiểm tra điều kiện (4.7) viết lại dưới đây:

$$Q_A \leq Q_{bt} = 0,3\varphi_{w1}\varphi_{bl}R_bbh_o \quad (4.7)$$

$\varphi_{w1}$  - được tính theo công thức (4.8) khi chưa có đủ số liệu để tính toán có thể lấy gần đúng  $\varphi_{w1} = 1 \div 1,05$ .

### 3. Điều kiện độ bền của tiết diện nghiêng

Điều kiện (4.46) được suy ra từ điều kiện (4a) với  $Q_{s,inc} = 0$  và lấy  $Q = Q_A$ .

$$Q_A \leq Q_{bsw} = Q_b + Q_{sw} \quad (4.46)$$

$Q_{bsw}$  - khả năng chống cắt của tiết diện nghiêng do bêtông và cốt thép đai chịu được.

$Q_b$  - lực cắt do bêtông vùng nén chịu được, xác định theo công thức (4.10) viết lại dưới đây:

$$Q_b = \frac{M_b}{C} \text{ với } M_b = \varphi_{b2}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_o^2 \quad (4.10)$$

Đồng thời lấy  $Q_b$  không nhỏ hơn  $Q_{b,min}$  tính theo (4.12).

$Q_{sw}$  - Khả năng chịu lực cắt của cốt thép đai được tính theo công thức (4.14) được viết lại dưới đây:

$$Q_{sw} = q_{sw} C_o \text{ với } q_{sw} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{s} \quad (4.14)$$

Giá trị  $C$  và  $C_o$  được xác định theo bảng 4.2 phụ thuộc vào  $C_*$ . Việc tính toán chỉ dựa vào hình bao (hoặc biểu đồ) lực cắt mà không cần phân biệt các trường hợp tải trọng phân bố hoặc tập trung. Giá trị  $C_*$  được xác định theo loại bài toán.

Bảng 4.2. Giá trị  $C$  và  $C_o$  theo tính toán thực hành

$C_*$	$< h_o$	$h_o \div 2h_o$	$> 2h_o$
$C$	$h_o$	$C_*$	$C_*$
$C_o$	$C_*$	$C_*$	$2h_o$

#### 4.5.2. Bài toán kiểm tra

Biết kích thước tiết diện và cấu tạo của cốt thép đai, cần xác định khả năng chịu lực cắt của dầm.

Tính  $q_{sw}$  theo công thức (4.14) và  $M_b$  theo (4.11). Tính  $C_*$  theo công thức (4.16) viết lại dưới đây;

$$C_* = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw}}} \quad (4.16)$$

Dùng giá trị  $C$  và  $C_o$  theo bảng 4.2 để tính  $Q_b$  và  $Q_{sw}$ , tính khả năng chịu cắt của tiết diện nghiêng là  $Q_{bsw}$  theo công thức (4.46). Tính  $Q_b$  theo (4.10) và  $Q_{sw}$  theo (4.14).

### 4.5.3. Bài toán thiết kế

Có kích thước tiết diện và hình bao (hoặc biểu đồ) lực cắt, cần tính toán cốt thép đai.

Tính  $M_b$  theo công thức (4.11), tính  $C_*$  theo công thức (4.47)

$$C_* = \frac{2M_b}{Q_A} \quad (4.47)$$

$Q_A$  - lực cắt lớn nhất trong phạm vi đoạn dầm cần tính toán.

Lấy giá trị  $C$  và  $C_o$  theo bảng (4.2) để tính  $Q_b$  theo công thức (4.10) và  $q_{sw1}$  theo (4.48)

$$q_{sw1} = \frac{Q_A - Q_b}{C_o} \quad (4.48)$$

Đồng thời tính  $q_{sw2}$  theo công thức (4.49) trong đó  $Q_{bmin}$  được xác định theo (4.12).

$$q_{sw2} = \frac{Q_{bmin}}{2h_o} \quad (4.49)$$

Lấy  $q_{sw} = \max (q_{sw1} \text{ và } q_{sw2})$ .

Điều vừa nêu được suy ra từ điều kiện (4.15) của Tiêu chuẩn. Từ  $q_{sw}$  tính khoảng cách  $s$  theo công thức (4.28) chép lại dưới đây.

$$s = \frac{R_{sw} A_{sw}}{q_{sw}} \quad (4.28)$$

Khi chọn, bố trí cốt thép đai còn cần tuân theo điều kiện về cấu tạo ở mục 4.2. Cần bố trí cốt thép đai theo kết quả tính toán trong đoạn dầm mà  $Q > Q_o$ . Với đoạn dầm còn lại,  $Q \leq Q_o$  chỉ cần đặt cốt thép đai theo cấu tạo.

Có thể không cần kiểm tra điều kiện (4.17) là  $s \leq s_{max}$  vì theo kinh nghiệm thiết kế thực tế thấy rằng khi đã chọn  $s$  theo kết quả tính toán và yêu cầu cấu tạo thì điều kiện  $s \leq s_{max}$  luôn được thoả mãn (trừ trường hợp dầm có chịu lực kéo khá lớn thì cần kiểm tra).

### 4.5.4. Nhận xét về phương pháp tính

Cách tính toán thực hành được đề xuất là theo các chỉ dẫn của tiêu chuẩn TCXDVN 356, có lấy gần đúng một số quy định về chiều dài hình chiếu tiết diện nghiêng, tính toán khá đơn giản hơn so với phương pháp đã trình bày trong mục 4.4. Điểm khác nhau cơ bản giữa hai phương pháp là:

- + Trong mục 4.4 tính toán với lực cắt  $Q$  tác dụng trên một phía của tiết diện nghiêng.
  - + Trong mục 4.5 tính toán với lực cắt  $Q_A$  là giá trị lực cắt lớn nhất trong đoạn dầm.
- Liên hệ giữa  $Q$  và  $Q_A$  theo biểu thức sau:

$$Q = Q_A - q_1 C - F_1 - F_2 \dots$$

$q_1$  - tải trọng phân bố trên đoạn dầm.

$F_1, F_2 \dots$  tải trọng tập trung có trong phạm vi tiết diện nghiêng.

Phương pháp tính toán thực hành được trình bày gần giống như phương pháp đã dùng trong tiêu chuẩn TCVN 5574 nhưng theo các số liệu của TCXDVN 356.

#### 4.5.5. Thí dụ

**Thí dụ 4.5.** Dầm tiết diện chữ nhật  $b = 220$ ;  $h = 600$ ;

$h_o = 550\text{mm}$ . Bêtông cấp B25. Cốt thép đai  $\phi 8$ , 2 nhánh, khoảng cách  $s = 200\text{mm}$  bằng thép CI. Yêu cầu xác định khả năng chịu lực cắt của dầm:

Số liệu:  $R_b = 14,5$ ;  $R_{bt} = 1,05$ ;  $E_b = 30000 \text{ MPa}$

$R_w = 175$ ;  $E_s = 210000 \text{ MPa}$

Cốt đai  $\phi 8$ , 2 nhánh có  $A_{sw} = 2 \times 50 = 100\text{mm}^2$

$\varphi_{b2} = 2$ ;  $\varphi_{b3} = 0,6$ ;  $\varphi_{b4} = 1,5$ ;  $\varphi_f = 0$ ;  $\varphi_n = 0$ ;  $\beta = 0,01$

a) Kiểm tra điều kiện cấu tạo:

$h = 600 < 800$ , điều kiện  $\phi$  đai  $> 5$ ; đã dùng  $\phi 8$ .

$h = 600 > 450$ , điều kiện  $s \leq \left(\frac{1}{3}h = 200 \text{ và } 300\right)$  - Đã dùng  $s = 200$ .

Các yêu cầu cấu tạo đều thoả mãn.

b) Tính khả năng chịu cắt của tiết diện nghiêng  $Q_{bsw}$

$$M_b = \varphi_{b2}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_o^2 = 2(1 + 0)1,05 \times 220 \times 550^2 = 139750000 \text{ Nmm}$$

$$q_{sw} = \frac{R_{sw}A_{sw}}{s} = \frac{175 \times 100}{200} = 87,5 \text{ N/mm}$$

$$C_* = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw}}} = \sqrt{\frac{139750000}{87,5}} = 1263 > 2h_o = 1100\text{mm}.$$

Lấy  $C = C_* = 1263$  và  $C_o = 2h_o = 1100$ .

$$Q_b = \frac{M_b}{C} = \frac{139750000}{1263} = 110650 \text{ N}$$

$$Q_{bmin} = \varphi_{b3}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_o = 0,6 \times 1,05 \times 220 \times 550 = 76230 \text{ N}$$

Lấy  $Q_b = 110650$ .

$$Q_{sw} = q_{sw}C_o = 87,5 \times 1100 = 96250 \text{ N}$$

$$Q_{bsw} = 110650 + 96250 = 206900 \text{ N} = 206,9 \text{ kN}$$

c) Điều kiện về ứng suất nén chính:

$$\varphi_{bl} = 1 - \beta R_b = 1 - 0,01 \times 14,5 = 0,855$$

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_b} = \frac{210000}{30000} = 7$$

$$\mu_w = \frac{A_{sw}}{bs} = \frac{100}{220 \times 200} = 0,00227$$

$$\varphi_{wl} = 1 + 5\alpha_s\mu_w = 1 + 5 \times 7 \times 0,00227 = 1,08 < 1,3$$

$$Q_{bt} = 0,3\varphi_{w1}\varphi_{bl}R_b b h_o = 0,3 \times 1,08 \times 0,855 \times 14,5 \times 220 \times 550 = 486000N$$

d) Khả năng chịu lực cắt của đầm

Khả năng chịu lực cắt lấy bằng giá trị nhỏ hơn trong hai giá trị  $Q_{bsw}$  và  $Q_{bt}$  (206,9 kN)

**Thí dụ 4.6:** Dầm tiết diện chữ nhật  $b = 250mm$ ;  $h = 800$ ;  $h_o = 740mm$ , bêtông B30.

Lực cắt lớn nhất tại gối  $Q_A = 320$  kN. Yêu cầu tính toán, bố trí cốt thép đai bằng  $\phi 10CII$ .

Số liệu:  $R_b = 17$ ;  $R_{bt} = 1,2$ ;  $E_b = 32500$  MPa

$R_{sw} = 225$ ;  $E_s = 210000$  MPa

$$\varphi_{b2} = 2; \varphi_{b3} = 0,6; \varphi_{b4} = 1,5; \beta = 0,01; \varphi_f = 0; \varphi_n = 0.$$

a) Kiểm tra điều kiện tính toán

$$Q_o = 0,5\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}b h_o = 0,5 \times 1,5 \times 1,2 \times 250 \times 740 = 166500N$$

$$Q_A = 320 > Q_o = 166,5 \text{ kN} - \text{Cần phải tính toán}$$

b) Kiểm tra điều kiện về ứng suất nén chính:

$$\text{Giả thiết } \varphi_{w1} = 1,05; \varphi_{bl} = 1 - \beta R_b = 1 - 0,01 \times 17 = 0,83$$

$$Q_{bt} = 0,3\varphi_{w1}\varphi_{bl}R_b b h_o = 0,3 \times 1,05 \times 0,83 \times 17 \times 250 \times 740 = 822200 N$$

$$Q_A = 320 < Q_{bt} = 822,2 \text{ kN}. \text{ Thoả mãn điều kiện hạn chế.}$$

Đồng thời  $Q_A < 0,7 Q_{bt} = 575$  kN. Dầm chịu lực cắt không quá lớn, dùng phương pháp thực hành để tính toán.

c) Tính toán cốt thép đai

$$M_b = \varphi_{b2}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}b h_o^2 = 2 \times 1,2 \times 250 \times 740^2 = 328560000 \text{ N.mm}$$

$$C_* = \frac{2M_b}{Q_A} = \frac{2 \times 328560000}{320000} = 2053 \text{ mm} > 2h_o = 1480 \text{ mm}$$

Lấy  $C = C_* = 2053$  và  $C_o = 2h_o = 1500 \text{ mm}$ .

$$Q_b = \frac{M_b}{C} = \frac{328560000}{2053} = 160000N$$

$$Q_{bmin} = \varphi_{b3}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}b h_o = 0,6 \times 1,2 \times 250 \times 740 = 133200 N$$

Lấy  $Q_b = 160000 > Q_{bmin}$

$$q_{sw1} = \frac{Q_A - Q_b}{C_o} = \frac{320000 - 160000}{1480} = 108,1 \text{ N/mm}$$

$$q_{sw2} = \frac{Q_{bmin}}{2h_o} = \frac{133200}{2 \times 740} = 90$$

Lấy  $q_{sw} = \max(q_{sw1}, q_{sw2}) = 108,1$

Cốt thép đai  $\phi 10$ , 2 nhánh,  $A_{sw} = 2 \times 78,5 = 157 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{R_{sw}A_{sw}}{q_{sw}} = \frac{225 \times 157}{108,1} = 327 \text{ mm}$$

d) Điều kiện cấu tạo:  $h = 800\text{mm}$  dùng cốt đai  $\phi 10$  là tạm được (hơi lớn);  $h > 450$ ,  
theo cấu tạo  $s \leq \frac{1}{3}h = 266\text{mm}$ .

Chọn cốt đai  $\phi 10$ ,  $s = 260\text{mm}$  (khá bé so với kết quả tính tách là 327mm).

*Nhận xét:* Dùng cốt đai  $\phi 10$ ,  $a = 260$  là hơi thừa. Có thể chuyển sang dùng  $\phi 8$  (thường  $\phi 8$  chỉ có thép CI). Tính lại với thép  $\phi 8$ ,  $A_{sw} = 2 \times 50 = 100\text{mm}^2$ ; thép CI với  $R_{sw} = 175$ .

$$s = \frac{175 \times 100}{108,1} = 162\text{mm}$$

**Thí dụ 4.7:** Theo số liệu của thí dụ 4.1, yêu cầu kiểm tra khả năng chịu lực cắt (theo phương pháp thực hành).

Số liệu:  $Q_A = Q_{max} = 62 \text{ kN}$ ;  $b = 85\text{mm}$ ;  $h = 350$ ;  $h_o = 292 \text{ mm}$ ;  $R_b = 8,5$ ;  
 $R_{bt} = 0,75 \text{ MPa}$ .

Cốt thép đai  $\phi 8$  AIII có  $R_{sw} = 285 \text{ MPa}$ ;  $A_{sw} = 50\text{mm}^2$ ;  $s = 100\text{mm}$

Đã tính được  $Q_{bt} = 74,7 \text{ kN}$

$Q_A = 62 < Q_{bt}$ , thỏa mãn điều kiện về ứng suất nén chính nhưng  $Q_A > 0,7 Q_{bt} = 52,3 \text{ kN}$ .  
Đây là trường hợp cấu kiện chịu lực cắt khá lớn, tuy vậy vẫn có thể dùng phương pháp thực hành để kiểm tra.

Tiết diện chữ T có cánh trong vùng nén  $b_f = 475\text{mm}$ ,  $h_f = 50\text{mm}$ ;  $u_f = \min(3h_f = 150 \text{ và } b_f - b = 390) = 150$ .

$$\varphi_f = \frac{0,75u_f h_f}{bh_o} = \frac{0,75 \times 150 \times 50}{85 \times 292} = 0,227 < 0,5; \quad \varphi_n = 0$$

$$M_b = \varphi_{b2} (1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bt} b h_o^2 = 2 (1 + 0,227) 0,75 \times 85 \times 292^2 = 13339000 \text{ Nmm}$$

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{s} = \frac{285 \times 50}{100} = 143 \text{ N/mm}$$

$$C_* = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw}}} = \sqrt{\frac{13339000}{143}} = 305 \text{ mm}$$

$$C_* < 2h_o = 584\text{mm}; \text{lấy } C = C_o = C_* = 305 > h_o = 292$$

$$Q_b = \frac{M_b}{C} = \frac{13339000}{305} = 43700 \text{ N}$$

$$Q_{bmin} = \varphi_{b3} (1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bt} b h_o = 0,6 (1 + 0,227) 0,75 \times 85 \times 292 = 13700$$

$$Q_b > Q_{bmin}$$

$$Q_{sw} = q_{sw} C_o = 143 \times 305 = 43600 \text{ N}$$

$$Q_{bsw} = 43700 + 43600 = 87300 \text{ N} = 87,3 \text{ kN}$$

Thoả mãn điều kiện  $Q_A = 62 < Q_{bsw}$ .

**Thí dụ 4.8.** Theo số liệu của thí dụ 4.2. Yêu cầu kiểm tra khả năng chịu lực cắt.

Số liệu:  $Q_A = Q_{max} = 132 \text{ kN}$

$b = 200$ ;  $h_o = 440\text{mm}$ ;  $R_b = 11,5$ ;  $R_{bt} = 0,9$ ;  $R_{sw} = 175 \text{ MPa}$ .

$\varphi_{b2} = 2$ ;  $\varphi_{b3} = 0,6$ ;  $\varphi_{b4} = 1,5$ ;  $\varphi_f = 0$ ;  $\varphi_n = 0$ .

Đã tính được  $Q_{bt} = 289 \text{ kN}$ ;  $M_b = 69,7 \text{ kNm}$

Cốt thép đai  $\phi 5$ ;  $A_{sw} = 39,2 \text{ mm}^2$ ;  $s = 160\text{mm}$ ;  $q_{sw} = 42,8 \text{ N/mm}$

Thấy rằng  $Q_A = 132 < 0,7 Q_{bt} = 202 \text{ kN}$ . Lực cắt tương đối bé, dùng phương pháp thực hành.

$$C_* = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw}}} = \sqrt{\frac{69700000}{42,8}} = 1630\text{mm}$$

$C_* > 2h_o = 880\text{mm}$ . Lấy  $C = C_* = 1630$ ;  $C_o = 2h_o = 880$ .

$$Q_b = \frac{M_b}{C} = \frac{69700000}{1630} = 42760 \text{ N}$$

$$Q_{bmin} = \varphi_{b3} (1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bt} b h_o = 0,6 \times 0,9 \times 200 \times 440 = 47520 \text{ N}$$

Lấy  $Q_b = 42760 > Q_{bmin}$

$$Q_{sw} = q_{sw} C_o = 42,8 \times 880 = 37660$$

$$Q_{bsw} = 47520 + 37660 = 85180 \text{ N} = 85,18 \text{ kN}$$

$Q_A = 132 > Q_{bsw}$ : không đủ khả năng chịu lực

Tăng cốt đai thành  $\phi 6$ , khoảng cách  $s = 140\text{mm}$ ;  $A_{sw} = 56,6$

$$q_{sw} = \frac{175 \times 56,6}{140} = 70,75$$

$$C_* = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw}}} = \sqrt{\frac{69700000}{70,75}} = 992\text{mm} > 2h_o = 880$$

Lấy  $C = C_* = 992\text{mm}$ ;  $C_o = 2h_o = 880\text{mm}$

$$Q_b = \frac{69700000}{992} = 70260 \text{ N} > Q_{bmin} = 47520$$

$$Q_{sw} = 70,75 \times 880 = 62260$$

$$Q_{bsw} = 70260 + 62260 = 132520 \text{ N} = 132,5 \text{ kN}$$

$$Q_A = 132 < Q_{bsw} = 132,5$$

Nhận xét. Theo mục 4.4, thí dụ 4.2 thì với  $\phi 6$ ;  $s = 160$  đã đủ khả năng chịu lực. Tính theo thực hành phải dùng  $\phi 6$ ;  $s = 140$ , cần dùng nhiều thép hơn một chút.

**Thí dụ 4.9:** Theo số liệu của thí dụ 4.3. Yêu cầu tính toán cốt thép đai.

Số liệu:  $Q_A = Q_{max} = 158 \text{ kN}$ ;  $b = 250$ ;  $h = 600\text{mm}$ ,

$$h_o = 550\text{mm}; R_b = 14,5; R_{bt} = 1,05; R_{sw} = 175 \text{ MPa}$$

$$\varphi_{b2} = 2; \varphi_{b3} = 0,6; \varphi_{b4} = 1,5; \varphi_f = 0; \varphi_n = 0; \beta = 0,01$$

a) Điều kiện tính toán

$$Q_o = 0,5\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_o = 0,5 \times 1,5 \times 1,05 \times 250 \times 550 = 108000 \text{ N}$$

$Q_A = 158 \text{ kN} > Q_o = 108 \text{ kN}$ . Cần tính toán.

b) Kiểm tra điều kiện về ứng suất nén chính:

Giả thiết  $\varphi_{w1} = 1,05$ ;  $\varphi_{b1} = 1 - \beta R_b = 1 - 0,01 \times 14,5 = 0,855$ .

$$Q_{bt} = 0,3 \varphi_{w1} \varphi_{b1} R_b b h_o = 0,3 \times 1,05 \times 0,855 \times 14,5 \times 250 \times 550 = 537000$$

Thoả mãn điều kiện  $Q_A = 158 < Q_{bt} = 537 \text{ kN}$ .

Đồng thời  $Q_A < 0,7 Q_{bt} = 376 \text{ kN}$ , lực cắt không lớn, có thể tính toán theo phương pháp thực hành.

c) Tính toán cốt thép đai:

$$M_b = \varphi_{b2} (1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bt} b h_o^2 = 2 \times 1,05 \times 250 \times 550^2 = 158800000 \text{ Nmm}$$

$$C_* = \frac{2M_b}{Q_A} = \frac{2 \times 158800000}{158000} = 2010 \text{ mm} > 2h_o = 1100$$

Lấy  $C = 2010$ ;  $C_o = 2h_o = 1100 \text{ mm}$ .

$$Q_b = \frac{M_b}{C} = \frac{158800000}{2010} = 79000 \text{ N}$$

$$M_{bmin} = \varphi_3 (1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bt} b h_o = 0,6 \times 1,05 \times 250 \times 550 = 86600 \text{ N}$$

Lấy  $Q_b$  không nhỏ hơn  $Q_{bmin}$ ;  $Q_b = 86600 \text{ N}$ .

$$q_{sw1} = \frac{Q_A - Q_b}{C_o} = \frac{158000 - 86600}{1100} = 64,9 \text{ N/mm}$$

$$q_{sw2} = \frac{Q_{bmin}}{2h_o} = \frac{86600}{2 \times 550} = 78,7 \text{ N/mm}$$

Lấy  $q_{sw} = 78,7$ .

Với  $h = 600$ , chọn dùng cốt thép đai  $\phi 8$  ( $>\phi 5$ ), hai nhánh,  $A_{sw} = 2 \times 50 = 100 \text{ m}^2$ .

$$s = \frac{R_{sw} A_{sw}}{q_{sw}} = \frac{175 \times 100}{78,7} = 222 \text{ cm}$$

d) Điều kiện cấu tạo. Với  $h > 450$ ,  $s$  cấu tạo  $= \frac{1}{3}h = 200$ .

Vậy chọn bố trí cốt thép đai  $\phi 8$ ,  $s = 200$ .

**Thí dụ 4.10.** Theo số liệu của thí dụ 4.4, yêu cầu tính toán cốt thép đai CI.

Số liệu: Dầm tiết diện chữ T có cánh chịu nén.

$b = 220$ ;  $h = 800$ ;  $h_o = 760$ ;  $b_f = 1400$ ;  $h_f = 100 \text{ mm}$

$\varphi_{b2} = 2$ ;  $\varphi_{b3} = 0,6$ ;  $\varphi_{b4} = 1,5$ ;  $\varphi_n = 0$ ;  $\beta = 0,01$ .

$R_b = 8,5$ ;  $R_{bt} = 0,75$ ;  $R_{sw} = 175 \text{ MPa}$ .

Lực cắt  $Q_A = Q_{max} = 195 \text{ kN}$ .

a) Kiểm tra điều kiện tính toán

$$Q_o = 0,5 \varphi_{b4} (1 + \varphi_n) R_{bt} b h_o = 0,5 \times 1,5 \times 0,75 \times 220 \times 760 = 94000 \text{ N}$$

$Q_A = 195 \text{ kN} > Q_o = 94 \text{ kN}$ . Cần tính toán

b) Kiểm tra điều kiện về ứng suất nén chính

Giả thiết  $\varphi_{w1} = 1,05$ ;  $\varphi_{b1} = 1 - \beta R_b = 1 - 0,01 \times 8,5 = 0,915$ .

$$Q_{bt} = 0,3\varphi_{w1}\varphi_{b1}R_bh_o = 0,3 \times 1,05 \times 0,915 \times 8,5 \times 220 \times 760 = 409600\text{N}$$

Thoả mãn điều kiện  $Q_A < Q_{bt}$ .

Đồng thời  $Q_A < 0,7 Q_{bt} = 286,7 \text{ kN}$  - Lực cắt không quá lớn.

c) Tính toán cốt thép đai:

$$u_f = \min(3h_f = 300 \text{ và } b_f - b = 1420 - 220 = 1180) = 300$$

$$\varphi_f = \frac{0,75u_f h_f}{bh_o} = \frac{0,75 \times 300 \times 100}{220 \times 760} = 0,134 < 0,5$$

$$M_b = \varphi_{b2} (1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bt} b h_o^2 = 2 (1 + 0,134) 0,75 \times 220 \times 760^2 = 216000000 \text{ Nmm}$$

$$C_* = \frac{2M_b}{Q_A} = \frac{2 \times 216000000}{195000} = 2215 \text{ mm} > 2h_o = 1520$$

Lấy  $C = C_* = 2215$ ;  $C_o = 2h_o = 1520 \text{ mm}$

$$Q_b = \frac{M_b}{C} = \frac{216000000}{2215} = 97500\text{N}$$

$$Q_{bmin} = \varphi_{b3} (1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bt} b h_o = 0,6 (1 + 0,134) 0,75 \times 220 \times 760 = 85300$$

Lấy  $Q_b = 97500 > Q_{bmin}$

$$q_{sw1} = \frac{Q_A - Q_b}{C_o} = \frac{195000 - 97500}{1520} = 64,14 \text{ N/mm}$$

$$q_{sw2} = \frac{Q_{bmin}}{2h_o} = \frac{85300}{2 \times 760} = 56,13 \text{ N/m}$$

Lấy  $q_{sw} = 64,14$ .

Dùng cốt thép đai  $\phi 6$ , 2 nhánh,  $A_{sw} = 2 \times 28,3 = 56,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{R_{sw} A_{sw}}{q_{sw}} = \frac{175 \times 56,6}{64,14} = 154\text{mm}$$

d) Điều kiện cấu tạo:

$h = 800\text{mm}$ , dùng  $\phi 6$  là được nhưng hơi bé

$$h > 450, \text{cấu tạo } s \leq \frac{1}{3}h = 266.$$

Chọn dùng  $\phi 6$ ,  $s = 150$  trong đoạn gân gối tựa có lực cắt lớn.

Trong đoạn giữa dầm  $Q = Q_2 = 90 \text{ kN} < Q_o = 94 \text{ kN}$ , không cần tính toán, đặt cốt thép đai theo cấu tạo.

**Thí dụ 4.11.** Dầm khung tiết diện chữ T. Trong đoạn dầm gân nút khung có mômen âm tác dụng, lực cắt lớn nhất ở đầu dầm  $Q_A = 200\text{kN}$ . Ứng với tổ hợp nội lực đang xét trong dầm khung còn xuất hiện lực kéo dọc  $N = 9 \text{ kN}$ .

Tiết diện dầm:  $b = 240$ ;  $h = 700$ ;  $h_o = 640$ ;  $b_f = 1200$ ;  $h_f = 80\text{mm}$ , bê tông cấp B20.  
Yêu cầu tính toán cốt thép đai bằng CI.

Số liệu:  $R_b = 11,5$ ;  $R_{bt} = 0,9$ ;  $E_b = 27000 \text{ MPa}$

$$R_{sw} = 175; E_s = 210000 \text{ MPa}$$

$$\varphi_{b2} = 2; \varphi_{b3} = 0,6; \varphi_{b4} = 1,5; \beta = 0,01.$$

Tiết diện chữ T cánh ở phía trên, chịu mômen âm, cánh chịu kéo, không kể vào tính toán,  $\varphi_f = 0$ .

Lực dọc N là kéo, không thể bỏ qua trong tính toán (lực nén bé có thể bỏ qua).

$$\varphi_N = \frac{-0,2N}{R_{bt}bh_o} = \frac{-0,2 \times 9000}{0,9 \times 240 \times 640} = -0,013$$

a) Kiểm tra điều kiện tính toán:

$$Q_o = 0,5\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_o = 0,5 \times 1,5(1 - 0,013)0,9 \times 240 \times 640 = 113700\text{N}$$

$$Q_A = 200 \text{ kN} > Q_o = 113,7. \text{ Cần tính toán.}$$

b) Điều kiện về ứng suất nén chính:

$$\text{Giả thiết } \varphi_{w1} = 1,05; \varphi_{b1} = 1 - 0,01 \times 11,5 = 0,885.$$

$$Q_{bt} = 0,3\varphi_{w1}\varphi_{b1}R_bbh_o = 0,3 \times 1,05 \times 0,885 \times 11,5 \times 240 \times 640 = 475700\text{N}$$

$$\text{Thoả mãn điều kiện } Q_A < Q_{bt} = 475,7 \text{ kN}$$

Đồng thời  $Q_A < 0,7Q_{bt} = 333 \text{ kN}$  (Lực cắt không quá lớn)

c) Tính toán cốt thép đai

$$M_b = \varphi_{b2}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_o^2 = 2(1 - 0,013)0,9 \times 240 \times 640^2 = 174600000 \text{ N.mm}$$

$$C_* = \frac{2M_b}{Q_A} = \frac{2 \times 174600000}{200000} = 1746 \text{ mm} > 2h_o = 1280 \text{ mm}$$

$$\text{Lấy } C = 1746; C_o = 1280.$$

$$Q_b = \frac{M_b}{C} = \frac{174600000}{1746} = 100000\text{N}$$

$$Q_{bmin} = \varphi_{b3}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_o = 0,6(1 - 0,013)0,9 \times 240 \times 640 = 91000 \text{ N}$$

$$\text{Lấy } Q_b = 100000 > Q_{bmin}$$

$$q_{sw1} = \frac{Q_A - Q_b}{C_o} = \frac{200000 - 100000}{1280} = 78,13 \text{ N/mm}$$

$$q_{sw2} = \frac{Q_{min}}{2h_o} = \frac{91000}{1280} = 71,1 \text{ N/mm}$$

Chọn dùng  $\phi 8$ , hai nhánh,  $A_{sw} = 100\text{mm}^2$

$$s = \frac{R_{sw}A_{sw}}{q_{sw}} = \frac{175 \times 100}{78,13} = 224\text{mm}$$

d) Yêu cầu cấu tạo: Với  $h > 450$ ,  $s \leq \frac{1}{3}h = 233\text{mm}$ .

Chọn cốt thép đai  $\phi 8$ , khoảng cách  $s = 220\text{mm}$ .

## Chương 5

# MỘT SỐ TRƯỜNG HỢP ĐẶC BIỆT VỀ TÍNH TOÁN CHỊU LỰC CẮT

### 5.1. DẦM CÓ TIẾT DIỆN THAY ĐỔI

#### 5.1.1. Các trường hợp dầm có chiều cao thay đổi

Thông thường có thể gấp một số dầm có chiều cao thay đổi như trên hình 5.1.

Dầm hoặc đoạn dầm có chiều cao thay đổi thường có một mép nằm ngang và một mép nghiêng trong đó mép nghiêng có thể chịu nén hoặc chịu kéo.

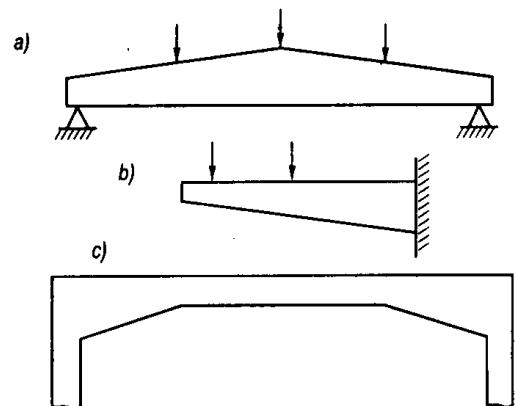
#### 5.1.2. Dầm đơn giản kê lên hai gối tựa

Xét hai trường hợp: mép chịu nén nghiêng và mép chịu kéo nghiêng.

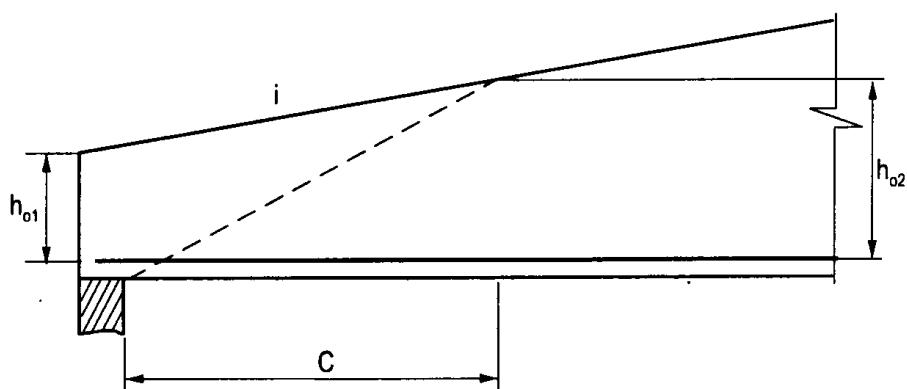
a) Dầm có mép chịu nén nghiêng. Hình 5.2 thể hiện sơ đồ tính toán. Điều 6.2.35 của TCXDVN 356 : 2005 quy định việc tính toán theo các điều khoản đã trình bày trong chương 4 trong đó lấy  $h_o$  để tính toán như sau:

- Đối với cấu kiện có cốt thép ngang lấy  $h_o$  theo giá trị lớn nhất trong phạm vi tiết diện nghiêng.
- Đối với cấu kiện không có cốt thép ngang lấy  $h_o$  theo giá trị trung bình ( $h_{otb}$ )

Vận dụng các quy định của tiêu chuẩn thấy rằng cần lấy giá trị trung bình của  $h_o$  để tính toán  $Q_{bo}$  hoặc  $Q_o$  ở các công thức (4.1) hoặc (4.45),  $Q_{bt}$  ở công thức (4.7),  $Q_{bmin}$  ở công thức (4.12). Lấy giá trị lớn nhất của  $h_o$  để tính toán  $M_b$  ở công thức (4.11).



**Hình 5.1:** Dầm có chiều cao thay đổi



**Hình 5.2:** Sơ đồ tính toán dầm có mép chịu nén nghiêng

Gọi  $h_{01}$  và  $h_{02}$  là giá trị  $h_0$  ở đầu và cuối của tiết diện nghiêng thì khi trong phạm vi tiết diện nghiêng cốt thép dọc không thay đổi, có liên hệ:

$$h_{02} = h_{01} + C.i \quad (5.1)$$

C - chiều dài hình chiếu tiết diện nghiêng;

i - độ dốc của mép dâm phía chịu nén.

Thông thường trong các bài toán cần phải xác định C theo cách gần đúng dần, lấy giá trị gần đúng đầu tiên của C là  $C_1$  như sau;

Tính  $M_{bl}$  là  $M_b$  theo công thức (4.11) với  $h_0 = h_{01}$ .

Trong bài toán kiểm tra, tính  $C_1$  theo công thức (5.2)

$$C_1 = h_{01} \sqrt{\frac{M_{bl}(1+3i)}{q_{sw}h_{01}^2 - M_{bl}i^2}} \quad (5.2)$$

Trong bài toán tính cốt thép đai, tính  $C_1$  theo (5.3)

$$C_1 = \frac{2M_{bl}(1+2i^2)}{Q_A - 4\phi_{b2}R_{bt}bh_{01}^2} \quad (5.3)$$

Cũng có thể lấy giá trị gần đúng đầu tiên của C trong cả hai loại bài toán theo công thức (5.4).

$$C_1 = (1,5 \div 2)h_{01} \quad (5.4)$$

Việc vận dụng thể hiện trong các thí dụ sau.

**Thí dụ 5.1:** Dâm có chiều cao thay đổi mép chịu nén nghiêng với độ nghiêng  $i = 1/12$ . Chiều cao đầu dâm  $h_1 = 800\text{mm}$ , chiều dày lớp đệm  $a = 60\text{mm}$ . Bề rộng không đổi  $b = 250\text{mm}$ . Bêtông cấp B20, cốt thép đai  $\phi 10$ , hai nhánh, thép CII, khoảng cách  $s = 200\text{mm}$ . Yêu cầu xác định khả năng chống cắt.

Sơ đồ tính toán như hình 5.2.

Số liệu: Lấy gần đúng  $h_{01} = h_1 - a = 800 - 60 = 740\text{mm}$

$$i = \frac{1}{12} = 0,0833$$

$R_b = 11,5$ ;  $R_{bt} = 0,9$ ;  $E_b = 27000 \text{ MPa}$ .

$A_{sw} = 2 \times 78,5 = 157 \text{ mm}^2$ ;  $R_{sw} = 225$ ;  $E_s = 210000 \text{ MPa}$ .

$\phi_{b2} = 2$ ;  $\phi_{b3} = 0,6$ ;  $\phi_{b4} = 1,5$ ;  $\phi_f = \phi_n = 0$ ;  $\beta = 0,01$ .

Kiểm tra điều kiện cấu tạo: đạt yêu cầu.

Tính toán theo phương pháp thực hành.

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{s} = \frac{225 \times 157}{200} = 176,6 \text{ N/mm}$$

$$M_{bl} = \phi_{b2} (1 + \phi_f + \phi_n) R_{bt} b h_{01}^2 = 2 \times 0,9 \times 250 \times 740^2 = 246400000 \text{ N.mm}$$

Tính C gần đúng dần với giá trị đầu tiên là:

$$C_1 = h_{01} \sqrt{\frac{M_{bl}(1+3i)}{q_{sw}h_{01}^2 - M_{bl}i^2}} = 740 \sqrt{\frac{246400000(1+3 \times 0,0833)}{176,6 \times 740^2 - 246400000 \times 0,0833^2}}$$

$$C_1 = 1332 \text{ mm} ; h_{02} = h_{01} + Ci = 740 + 1332 \times 0,0833 = 851 \text{ mm}$$

Tính  $M_b$  với  $h_o = 851$ .

$$M_b = 2 \times 0,9 \times 250 \times 851^2 = 325890000 \text{ Nmm.}$$

$$C_* = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw}}} = \sqrt{\frac{325890000}{176,6}} = 1358 \text{ mm}$$

Nhận xét:  $C = 1358$  là giá trị gần đúng thứ hai, lớn hơn giá trị lần một là  $C = 1332$ .

Lấy tăng C thành 1360mm để tính giá trị gần đúng khác.

$$h_{02} = 740 + 1360 \times 0,0833 = 853 \text{ mm}$$

$$M_b = 2 \times 0,9 \times 250 \times 853^2 = 327400000$$

$$C_* = \sqrt{\frac{327400000}{176,6}} = 1361 \text{ mm}$$

Có thể chấp nhận  $C = 1361$  để tính tiếp.

$$C_* = 1361 < 2h_o = 2 \times 853 = 1706 \text{ mm}$$

Theo bảng 4.2 lấy  $C = C_o = C_* = 1361$ .

$$Q_b = \frac{M_b}{C} = \frac{327400000}{1361} = 240000 \text{ N} = 240 \text{ kN}$$

Tính  $Q_{bmin}$  với  $h_o = 0,5 (740 + 853) = 796 \text{ mm}$ .

$$Q_{bmin} = \varphi_{b3} (1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bl} b h_o = 0,6 \times 0,9 \times 250 \times 796 = 107460 \text{ N}$$

Lấy  $Q_b = 240 \text{ kN} > Q_{bmin}$

$$Q_{sw} = q_{sw} C_o = 176,6 \times 1361 = 240000 \text{ N} = 240 \text{ kN.}$$

Khả năng chịu cắt tính theo tiết diện nghiêng do bêtông và cốt đai chịu được là  $Q_{bsw} = Q_b + Q_{sw}$

$$Q_{bsw} = 240 + 240 = 480 \text{ kN}$$

Khả năng chịu cắt xác định theo điều kiện về ứng suất nén chính là  $Q_{bt}$ , tính theo giá trị trung bình của  $h_o = 796 \text{ mm}$

$$\varphi_{bl} = 1 - \beta R_b = 1 - 0,01 \times 11,5 = 0,885.$$

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_b} = \frac{210000}{27000} = 7,77 ; \mu_w = \frac{A_{sw}}{bs} = \frac{157}{250 \times 200} = 0,003$$

$$\varphi_{w1} = 1 + 5\alpha_s \mu_w = 1 + 5 \times 7,77 \times 0,003 = 1,11.$$

$$Q_{bt} = 0,3\varphi_{w1}R_bbh_o = 0,3 \times 1,11 \times 0,885 \times 11,5 \times 250 \times 796 = 674400000 \text{ N}$$

$$Q_{bt} = 674,4 \text{ kN.}$$

Khả năng chịu cắt của dầm lấy bằng trị số bé hơn trong hai trị số  $Q_{bsw}$  và  $Q_{bt}$ , bằng 480 kN.

**Thí dụ 5.2.** Theo số liệu về kích thước hình học và cấp bêtông như ở thí dụ 5.1. Với lực cắt ở gối  $Q_A = 380 \text{ kN}$ , yêu cầu thiết kế cốt thép đai.

#### 1. Xác định hình chiếu C của tiết diện nghiêng

Với  $h_{01} = 740$  đã tính được  $M_{b1} = 246400000 \text{ Nmm}$ .

Tính giá trị gần đúng của C lần thứ nhất:

$$C_1 = \frac{2M_{b1}(1+2i^2)}{Q_A = 4\varphi_{b2}R_{bt}bh_{01}i} = \frac{2 \times 246400000(1+2 \times 0,0833^2)}{380000 - 4 \times 2 \times 0,9 \times 250 \times 740 \times 0,0833} = 1857$$

$$h_{02} = 740 + 1857 \times 0,0833 = 894 \text{ mm. Tính } M_b \text{ với } h_o = 894.$$

$$M_b = 2 \times 0,9 \times 250 \times 894^2 = 359600000 \text{ Nmm.}$$

$$C_* = \frac{2M_b}{Q_A} = \frac{2 \times 359600000}{380000} = 1892$$

Nhận xét: Giá trị C = 1892 tăng lên so với giá trị 1857.

Lấy tăng C lên để tính. Lấy C = 1914mm.

$$h_{02} = 740 + 1914 \times 0,0833 = 899 \text{ mm.}$$

$$M_b = 2 \times 0,9 \times 250 \times 899^2 = 363600000$$

$$C_* = \frac{2 \times 363600000}{380000} = 1913,7 \text{ mm}$$

Chấp nhận C = 1914 ;  $h_o = 899 \text{ mm}$  để tính tiếp.

#### 2. Kiểm tra điều kiện tính toán

$$Q_o = 0,5\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_o. \text{ Với } h_o = 0,5(740 + 899) = 820 \text{ mm}$$

$$Q_o = 0,5 \times 1,5 \times 0,9 \times 250 \times 820 = 138370 \text{ N} = 138,37 \text{ kN}$$

Có  $Q_A = 380 > Q_o$ , cần tính toán.

#### 3. Kiểm tra điều kiện về ứng suất nén chính.

Giả thiết  $\varphi_{w1} = 1,05$  ;  $\varphi_{b1} = 1 - \beta R_b = 0,885$ .

$$Q_{bt} = 0,3\varphi_{w1}\varphi_{b1}R_bbh_o = 0,3 \times 1,05 \times 0,885 \times 11,5 \times 250 \times 820 = 657200 \text{ N}$$

Thoả mãn điều kiện  $Q_A < Q_{bt}$ . Đồng thời  $Q_A < 0,7 Q_{bt} = 460 \text{ kN}$ .

#### 4. Tính toán cốt thép đai

$$Q_b = \frac{M_b}{C} = \frac{363600000}{1914} = 190000 \text{ N}$$

Tính  $Q_{b\min}$  với giá trị trung bình của  $h_o = 820$ .

$$Q_{b\min} = \varphi_{b3} R_{bt} b h_o = 0,6 \times 0,9 \times 250 \times 820 = 110700 \text{ N}$$

$$C_s = 1914 > 2h_o = 2 \times 899 = 1798 ; \text{lấy } C_o = 2h_o = 1798.$$

$$q_{sw1} = \frac{Q_A - Q_b}{C_o} = \frac{380000 - 190000}{1798} = 105,7 \text{ N/mm}$$

$$q_{sw2} = \frac{Q_{b\min}}{2h_o} = \frac{110700}{2 \times 899} = 61,6 \text{ N/mm}$$

Lấy  $q_{sw} = 105,7$  để tính tiếp.

Với  $h > 800$ , chọn cốt đai  $\phi 8$ , hai nhánh, thép Cl.

$$A_{sw} = 2 \times 50 = 100 \text{ mm}^2; R_{sw} = 175 \text{ MPa}$$

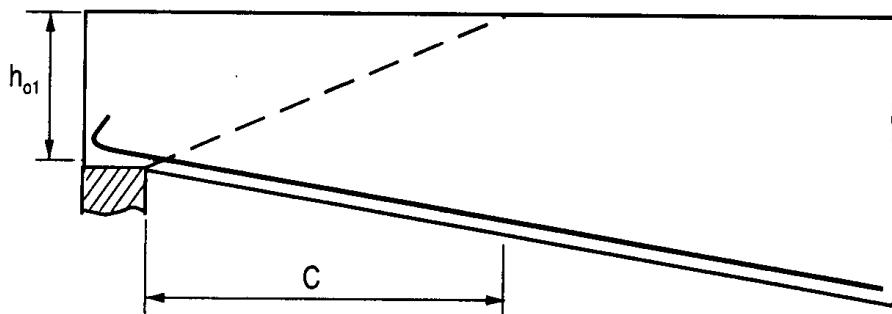
$$s = \frac{R_{sw} A_{sw}}{q_{sw}} = \frac{175 \times 100}{105,7} = 165,5 \text{ mm}$$

$$\text{Yêu cầu cấu tạo, } h > 450, s \leq \frac{1}{3}h = \frac{800}{3} = 266 \text{ mm.}$$

Vậy: Chọn cốt đai  $\phi 8$ ,  $s = 160 \text{ mm}$  cho đoạn dầm gần gối tựa. Ở đoạn giữa dầm, để tiết kiệm nên đặt cốt đai thưa hơn...

### b) Dầm có mép chịu kéo nghiêng

Sơ đồ tính toán dầm có mép chịu kéo nghiêng như trên hình 5.3. Việc tính toán dầm như vậy chịu lực cắt được tiến hành như đối với dầm có chiều cao không đổi và lấy  $h_o$  bằng  $h_{o1}$  tại tiết diện gối tựa (giá trị bé nhất của  $h_o$ ).



Hình 5.3: Sơ đồ tính toán dầm có mép chịu kéo nghiêng

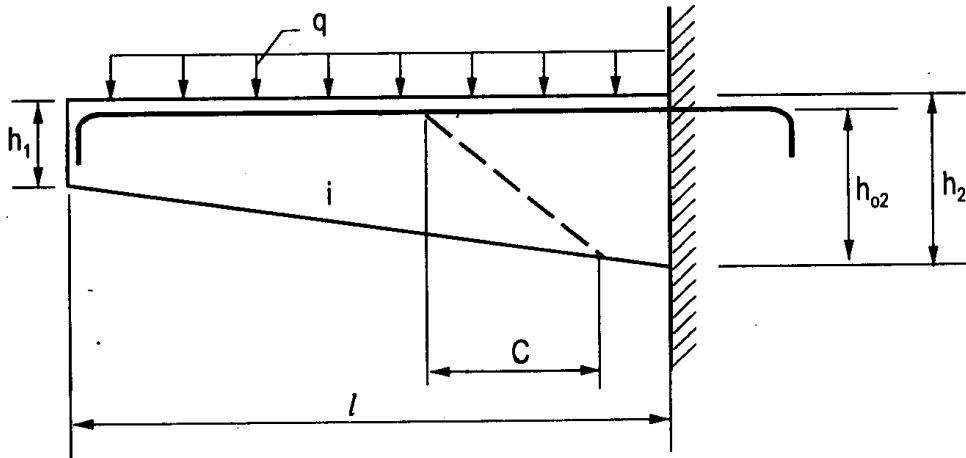
### 5.1.3. Dầm côngxôn

Đặc điểm của dầm côngxôn có chiều cao thay đổi là chiều cao tăng lên theo chiều tăng của lực cắt. Xét dầm có mép chịu nén nghiêng theo hai trường hợp: dầm chịu tải trọng phân bố và dầm chịu tải trọng tập trung.

#### a) Dầm chịu tải trọng phân bố đều

Lực cắt lớn nhất ở liên kết  $Q_A$ .

Vì rằng chiều cao  $h$  của dầm tăng khi lực cắt  $Q$  tăng nên tiết diện nghiêng nguy hiểm có thể xảy ra ở một vùng nào đó của dầm. Tác giả đã chứng minh được rằng khi thoả mãn điều kiện (5.5) thì tiết diện nghiêng nguy hiểm nhất sẽ sát với liên kết.



**Hình 5.4:** Sơ đồ tính toán đầm côngxôn chịu tải trọng phân bố đều, mép chịu nén nghiêng

$$q > 0,4\varphi_{b2}R_{bt}bi \quad (5.5)$$

q - tải trọng phân bố đều trên đầm;

i - độ nghiêng của mép chịu nén.

Lúc này tính toán theo các chỉ dẫn của mục 5.1.2. Để tính  $M_b$  dùng  $h_o = h_{02}$  là chiều cao làm việc lớn nhất. Tính hình chiếu tiết diện nghiêng C theo loại bài toán, tính giá trị trung bình của  $h_o$  là  $h_{otb}$  theo công thức (5.6).

$$h_{otb} = h_{02} - 0,5 Ci \quad (5.6)$$

Với  $h_o = h_{otb}$  tính các giá trị  $Q_{bo}$ ,  $Q_o$ ,  $Q_{bt}$  và  $Q_{bmin}$ .

**Thí dụ 5.3.** Cho đầm côngxôn nhịp  $l = 2m$ , chiều cao đầu đầm  $h_1 = 300mm$ , ở tiết diện liên kết  $h_2 = 500mm$ , bề rộng đầm  $b = 200mm$ . Đầm chịu tải trọng phân bố đều  $q = 50 kN/m$ . Bêtông cấp B15. Yêu cầu tính toán cốt thép đai bằng thép Cl. Sơ đồ tính toán như ở hình 5.4

Số liệu:  $h_{02} = h_2 - a = 500 - 40 = 460mm$

$$\text{Độ dốc } i = \frac{h_2 - h_1}{l} = \frac{500 - 300}{2000} = 0,1$$

$$R_b = 8,5 ; R_{bt} = 0,75 ; R_{sw} = 175 \text{ MPa.}$$

$$\varphi_{b2} = 2; \varphi_{b3} = 0,6; \varphi_{b4} = 1,5; \varphi_f = \varphi_n = 0; \beta = 0,01.$$

$$\text{Lực cắt tại liên kết: } Q_A = ql = 50 \times 2 = 100 \text{ kN.}$$

### 1. Kiểm tra điều kiện tính toán

$$M_b = \varphi_{b2} (1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bt} b h_o^2 = 2 \times 0,75 \times 200 \times 460^2 = 63480000 \text{ Nmm.}$$

$$C_* = \frac{2M_b}{Q_A} = \frac{2 \times 63480000}{100000} = 1269 \text{ mm}$$

$$h_{otb} = h_{02} - 0,5Ci = 460 - 0,5 \times 1269 \times 0,1 = 396 \text{ mm.}$$

$$Q_o = 0,5\varphi_{b4} (1 + \varphi_n) R_{bt} b h_o = 0,5 \times 1,5 \times 0,75 \times 200 \times 396 = 44550 \text{ N.}$$

$$Q_A = 100 \text{ kN} > Q_o = 44,55. \text{ Cần tính toán}$$

## 2. Kiểm tra điều kiện về ứng suất nén chính

Giả thiết  $\phi_{w1} = 1,05$ ;  $\phi_{b1} = 1 - \beta R_b = 1 - 0,01 \times 8,5 = 0,915$ .

$$Q_{bt} = 0,3\phi_{w1}\phi_{b1}R_bbh_o = 0,3 \times 1,05 \times 0,915 \times 8,5 \times 200 \times 396 = 194000N$$

Thoả mãn điều kiện  $Q_A < Q_{bt}$ . Đồng thời  $Q_A < 0,7 Q_{bt} = 136$  kN: lực cắt không quá lớn, có thể tính theo phương pháp thực hành.

### 3. Tính toán cốt thép đai

Với  $C = 1269 > 2h_o = 2 \times 460 = 920$ , lấy  $C = C_o$  và  $C_o = 2h_o = 920$ .

$$Q_b = \frac{M_b}{C} = \frac{63480000}{1269} = 50000N$$

$$Q_{bmin} = \phi_{b3} (1 + \phi_f + \phi_n) R_b b h_o = 0,6 \times 0,75 \times 250 \times 396 = 35640 N$$

Lấy  $Q_b = 50000$ .

$$q_{sw1} = \frac{Q_A - Q_b}{C_o} = \frac{100000 - 50000}{920} = 54,35 \text{ N/mm}$$

$$q_{sw2} = \frac{Q_{bmin}}{2h_o} = \frac{35640}{2 \times 460} = 38,74$$

Lấy  $q_{sw} = 54,35$  để tính.

Dùng cốt thép đai  $\phi 6$ , 2 nhánh  $A_{sw} = 2 \times 28,3 = 56,6 \text{ mm}^2$

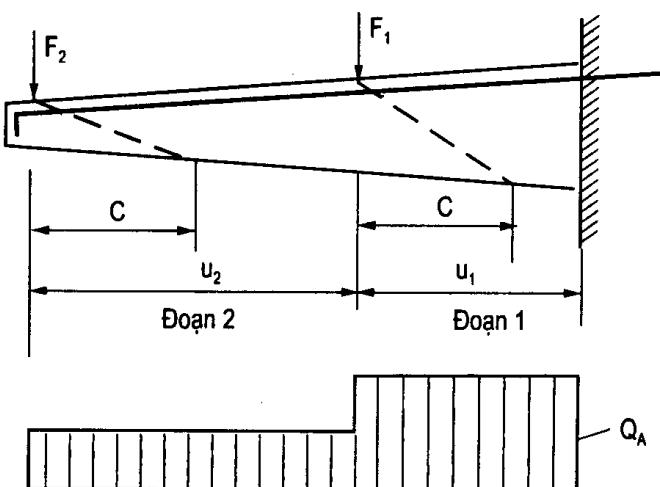
$$s = \frac{R_{sw} A_{sw}}{q_{sw}} = \frac{175 \times 56,6}{54,35} = 182 \text{ mm}$$

Điều kiện cấu tạo:  $h_{tb} = \frac{300 + 500}{2} = 400 < 450 \text{ mm}$

$$s \leq \left( \frac{h}{2} \text{ và } 150 \right). \text{ Chọn } \phi 6, s = 150 \text{ mm}$$

### b) Dầm chịu tải trọng tập trung

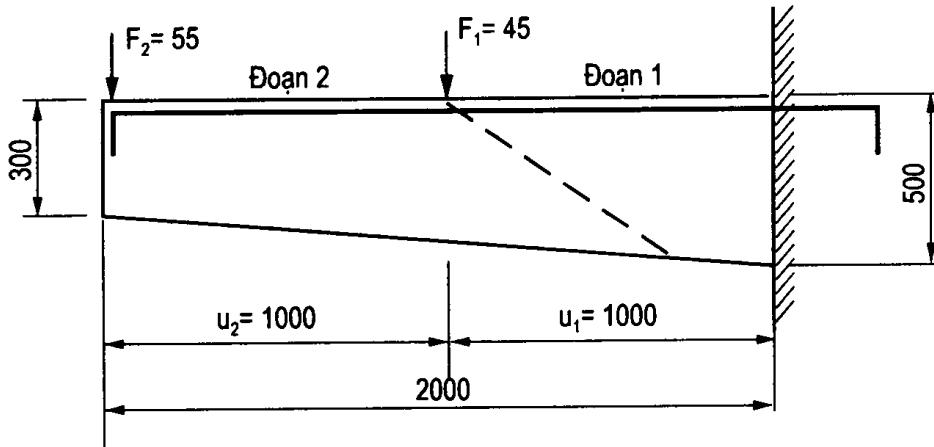
Xét dầm côngxôn có mép chịu nén nghiêng, chịu các tải trọng tập trung  $F_1, F_2, \dots$ . Biểu đồ lực cắt gồm các đoạn nằm ngang và các bước nhảy (hình 5.5). Phân chia dầm thành các đoạn giới hạn bởi vị trí đặt tải trọng. Cần tính toán theo lực cắt cho từng đoạn. Trong mỗi đoạn xét tiết diện nghiêng xuất phát từ điểm đặt tải trọng tập trung và có hình chiếu C. Với mỗi đoạn xác định được  $h_{01}$  là chiều cao làm việc của tiết diện thẳng góc ở đầu



**Hình 5.5:** Sơ đồ tính toán dầm côngxôn chịu tải trọng tập trung

tiết diện nghiêng ( $h_{01}$  là bé nhất trong đoạn đang xét). Tiến hành tính toán theo các chỉ dẫn của mục 5.1.2. Trước hết tính gân đúng dắn ra trị số C, từ  $h_{01}$  và C tính ra  $h_{02}$ . Lấy  $h_{02}$  không lớn hơn trị số  $h_{0\max}$  trong đoạn đang xét (để tính  $h_{02} = h_{01} + Ci$ , lấy C không lớn hơn u). Với  $h_0 = h_{02}$  tính  $M_b$ . Trong mỗi đoạn lấy  $C_o$  không lớn hơn  $2h_o$  và không lớn hơn chiều dài u của đoạn đó (khi tính  $Q_b$  có thể lấy  $C > u$ ).

**Thí dụ 5.4.** Cho đầm côngxôn nhịp  $l = 2m$ , chiều cao đầu đầm  $h_1 = 300$ ; cuối đầm  $h_2 = 500mm$ ; bêtông cấp B15. Đầm được tính với hai tải trọng tập trung  $F_1 = 45kN$ ;  $F_2 = 55kN$  với các khoảng cách  $u_1 = u_2 = 1m$ . Yêu cầu tính cốt thép đai bằng thép Cl.



**Hình 5.6: Thí dụ 5.4**

Số liệu: Lấy chiều dày lớp đệm  $a = 40mm$ . Độ nghiêng  $i = \frac{500 - 300}{2000} = 0,1$

$$R_b = 8,5 ; R_{bt} = 0,75 ; R_{sw} = 175 \text{ MPa.}$$

$$\varphi_{b2} = 2 ; \varphi_{b3} = 0,6 ; \varphi_{b4} = 1,5 ; \varphi_f = \varphi_n = 0 ; \beta = 0,01 ; \varphi_{bl} = 0,915.$$

1. Tính với đoạn 1. Lực cắt trong đoạn  $Q_A = 55 + 45 = 100 \text{ kN}$  chiều cao tiết diện ở đầu đoạn:  $h = 300 + u_2 i = 300 + 1000 \times 0,1 = 400\text{mm}$ ;  $h_{01} = 400 - 40 = 360\text{mm}$ .

Tính gân đúng dắn trị số C.

Lấy trị số gân đúng đầu tiên  $C_1 = 2h_{01} = 2 \times 360 = 720\text{mm}$

$$h_{02} = h_{01} + Ci = 360 + 720 \times 0,1 = 432$$

$$M_b = \varphi_{b2} R_{bt} b h_o^2 = 2 \times 0,75 \times 200 \times 432^2 = 55987000 \text{ Nmm}$$

$$C_* = \frac{2M_b}{Q_A} = \frac{2 \times 55987000}{100000} = 1119\text{mm} > u_1 = 1000.$$

Lấy C không lớn hơn  $u_1$  để tính  $h_{02}$

$$h_{02} = h_{01} + Ci = 360 + 1000 \times 0,1 = 460 = h_{0\max}$$

Trị số trung bình của  $h_o$  trong đoạn:

$$h_{02} = 0,5 (360 + 460) = 410\text{mm}$$

### Kiểm tra điều kiện tính toán

$$Q_o = 0,5\varphi_{b4} (1 + \varphi_n) R_b b h_o = 0,5 \times 1,5 \times 0,75 \times 200 \times 410 = 46100N$$

$$Q_A = 100000 > Q_o. Phải tính toán$$

Kiểm tra điều kiện về ứng suất nén chính:

Giả thiết  $\varphi_{w1} = 1,05$ .

$$Q_{bt} = 0,3 \varphi_{w1} \varphi_{b1} R_b b h_o = 0,3 \times 1,05 \times 0,915 \times 8,5 \times 200 \times 410 = 200800N$$

$Q_A < Q_{bt}$ . Thoả mãn điều kiện hạn chế.

Tính cốt thép đai:

Với  $h_o = h_{02} = 460$  tính  $M_b$ .

$$M_b = 2 \times 0,75 \times 200 \times 460^2 = 63480000 Nmm$$

$$C_* = \frac{2M_b}{Q_A} = \frac{2 \times 63480000}{100000} = 1269mm > u_1 = 1000$$

Đồng thời  $C_* > 2h_o = 920$ . Lấy  $C = 1269$  và  $C_o = 920$ .

$$Q_b = \frac{M_b}{C} = \frac{63480000}{1269} = 50000N$$

$$Q_{bmin} = \varphi_{b3} R_{b1} b h_o = 0,6 \times 0,75 \times 200 \times 410 = 36900$$

Lấy  $Q_b = 50000$  để tính

$$q_{sw1} = \frac{Q_A - Q_b}{C_o} = \frac{100000 - 50000}{920} = 54,34 N/mm$$

$$q_{sw2} = \frac{Q_{bmin}}{2h_o} = \frac{36900}{2 \times 460} = 40,1$$

Lấy  $q_{sw} = 54,34$  để tính cốt thép đai.

• 2. Tính với đoạn 2. Lực cắt trong đoạn  $Q_A = 55kN$

Chiều cao tiết diện ở đầu đoạn  $h_{01} = 300 - 40 = 260$ .

Tính gần đúng giá trị C

Lấy giá trị gần đúng đầu tiên  $C = 2h_{01} = 520mm$

$$h_{02} = 260 + 520 \times 0,1 = 312mm$$

$$M_b = 2 \times 0,75 \times 200 \times 312^2 = 29200000 Nmm$$

$$C_* = \frac{2M_b}{Q_A} = \frac{2 \times 29200000}{55000} = 1061mm > u_2 = 1000$$

Lấy C không lớn quá  $u_2 = 1000$  để tính  $h_{02}$

$$h_{02} = 260 + 1000 \times 0,1 = 360mm (bằng  $h_{omax}$  ở trong đoạn).$$

Trị số trung bình:  $h_o = 0,5 (260 + 360) = 310 mm$

Kiểm tra điều kiện tính toán:

$$Q_0 = 0,5\varphi_{b4}R_{bt}bh_o = 0,5 \times 1,5 \times 0,75 \times 200 \times 310 = 34870 \text{ N}$$

$$Q_A = 55000 > Q_0. \text{ Cần phải tính toán.}$$

Kiểm tra điều kiện về ứng suất nén chính.

Giả thiết  $\varphi_{w1} = 1,05$ ;

$$Q_{bt} = 0,3 \varphi_{w1} \varphi_{b1} R_b b h_o = 0,3 \times 1,05 \times 0,915 \times 8,5 \times 200 \times 310 = 351900 \text{ N}$$

$$Q_A = 55000 < Q_{bt}. \text{ Thoả mãn điều kiện bắt buộc}$$

Tính cốt thép đai: Tính  $M_b$  với  $h_o = 360$ .

$$M_b = 2 \times 0,75 \times 200 \times 360^2 = 38880000$$

$$C_* = \frac{2 \times 38880}{55000} = 1413 > 2h_o = 2 \times 360 = 720$$

Lấy  $C = C_* = 1413$  và  $C_o = 2h_o = 720$  để tính

$$Q_b = \frac{M_b}{C} = \frac{38880000}{1413} = 27500 \text{ N}$$

$$Q_{bmin} = 0,6 \times 0,75 \times 200 \times 310 = 27900$$

Lấy  $Q_b = 27900$  (không nhỏ hơn  $Q_{bmin}$ )

$$q_{sw1} = \frac{Q_A - Q_b}{C_o} = \frac{55000 - 27900}{720} = 37,63 \text{ N/mm}$$

$$q_{sw2} = \frac{Q_{bmin}}{2h_o} = \frac{27900}{2 \times 360} = 38,75 \text{ N/mm}$$

3. Bố trí cốt thép đai: Đã xác định được hai giá trị của  $q_{sw}$ . Đoạn 1 có  $q_{sw} = 54,34$ ; đoạn 2 có  $q_{sw} = 38,75$ . Khi bố trí cốt đai đều trong đầm thì lấy  $q_{sw} = 54,34$  để tính. Chọn cốt thép đai  $\phi 6$ , 2 nhánh,  $A_{sw} = 2 \times 28,3 = 56,6$ .

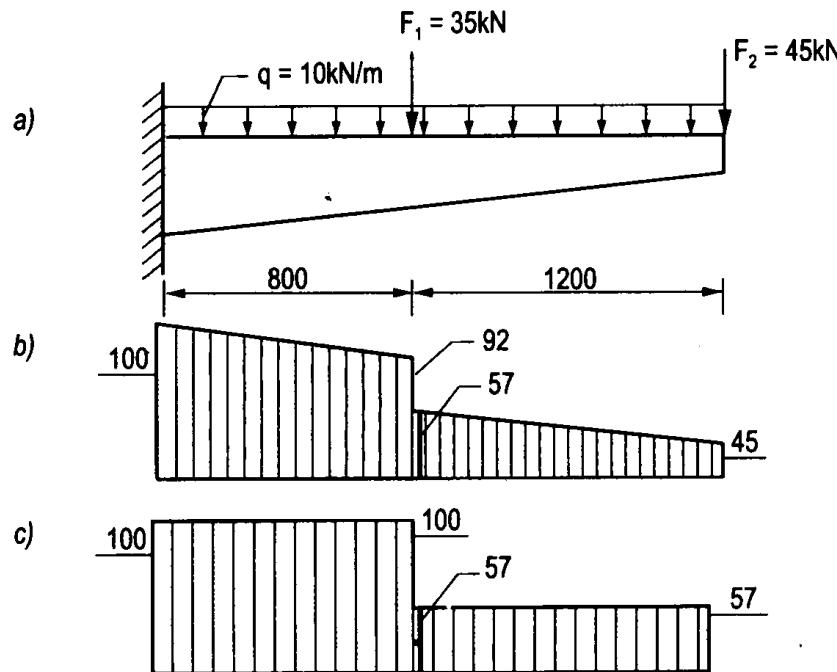
$$s = \frac{175 \times 56,6}{54,34} = 182 \text{ mm}$$

Theo yêu cầu cấu tạo lấy  $s = 150$ .

c) Dầm vừa chịu tải trọng phân bố và tập trung

Dầm có biểu đồ lực cắt được chia ra từng đoạn với bước nhảy. Trong mỗi đoạn lực cắt thay đổi do tác dụng của tải trọng phân bố. Tính toán chính xác dầm như vừa nêu là tương đối phức tạp, trong mỗi đoạn cần xét một số tiết diện nghiêng. Có thể tính toán gần đúng bằng cách tính toán theo trường hợp tải trọng tập trung, trong mỗi đoạn tính với lực cắt lớn nhất. Riêng trường hợp dầm chịu một lực tập trung ở đầu mút và tải trọng phân bố là khá lớn thì nên xét hai tiết diện nghiêng, tiết diện ở vùng đầu dầm với lực cắt lớn nhất ở trong vùng ấy và tiết diện ở vùng cuối dầm với lực cắt lớn nhất ở liên kết (nếu tính theo trường hợp tải trọng tập trung với lực cắt lớn nhất thì sẽ quá an toàn).

**Thí dụ 5.5.** Dầm côngxôn có mép chịu nén nghiêng, chịu tải trọng như hình vẽ. Yêu cầu tính toán cốt thép đai.

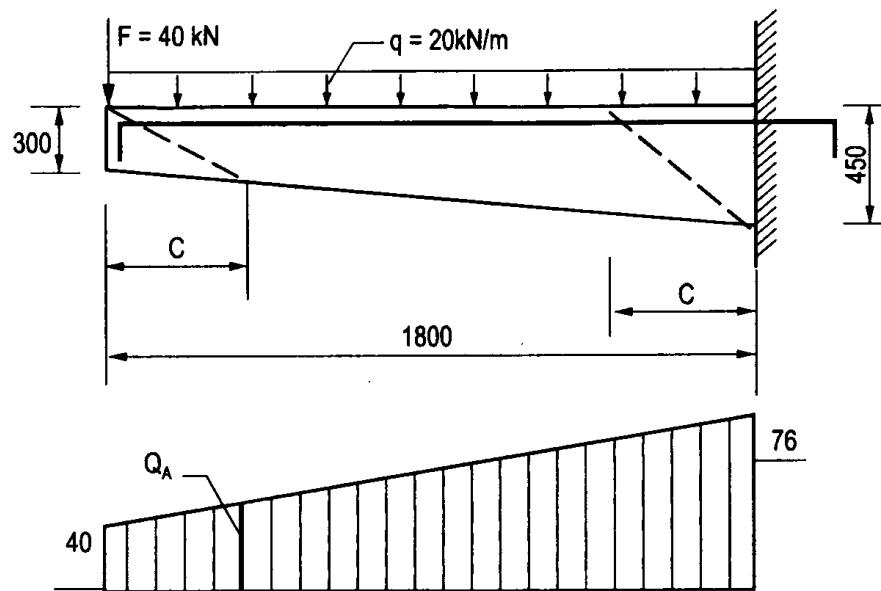


**Hình 5.7: Thí dụ 5.5**

Dầm có biểu đồ lực cắt như ở hình 5.7b. Tính toán gần đúng bằng cách thay tải trọng phân bố trong mỗi đoạn thành tải trọng tập trung đặt ở đầu đoạn và có biểu đồ lực cắt như ở hình 5.7c. Tính toán cốt đai cho dầm như vậy thực hiện theo thí dụ 5.4.

**Thí dụ 5.6.** Dầm côngxôn có mép chịu nén nghiêng, chịu tải trọng như hình 5.8. Bề rộng dầm  $b = 200\text{mm}$ ; bêtông cấp B20. Yêu cầu tính toán cốt thép đai bằng thép CI.

Số liệu: ở đầu mút dầm  $h = 300$ ;  $h_o = 300 - 40 = 260\text{mm}$  ở liên kết:  $h = 450$ ;



**Hình 5.8: Thí dụ 5.6**

$$h_o = 450 - 40 = 410 \text{mm. Độ nghiêng } i = \frac{450 - 300}{1800} = 0,0833$$

$$R_b = 11,5 ; R_{bt} = 0,9 ; R_{sw} = 175 \text{ MPa.}$$

$$\alpha_{b2} = 2; \alpha_{b3} = 0,6; \alpha_{b4} = 1,5; \alpha_f = \alpha_n = 0; \beta = 0,01; \phi_{bl} = 0,885$$

Lực cắt: ở đầu đầm  $Q = 40 \text{ kN}$ ; ở liên kết  $Q = 76 \text{ kN}$ .

Dầm vừa mô tả được tính toán theo hai tiết diện nghiêng ở đầu dầm và ở cuối dầm.

### 1. Tiết diện nghiêng đầu dầm

Tính gần đúng dần trị số C: Lấy trị số đầu tiên  $C = 2h_{01}$ .

$$C = 2 \times 260 = 520; h_{02} = 260 + 520 \times 0,083 = 303 \text{mm.}$$

$$Q_A = 40 + 20 \times 0,303 = 46,06 \text{ kN.}$$

$$M_b = \phi_{b2} (1 + \phi_f + \phi_n) R_{bt} b h_o^2 = 2 \times 0,9 \times 200 \times 303^2 = 33050000 \text{ Nmm}$$

$$C_* = \frac{2M_b}{Q_A} = \frac{2 \times 33050000}{46060} = 1435$$

$$\text{Tính lại với } C = 1450; h_{02} = 260 + 1450 \times 0,0833 = 380 \text{mm}$$

$$Q_A = 40 + 20 \times 1,45 = 69 \text{ kN}; M_b = 2 \times 0,9 \times 200 \times 380^2 = 51984000$$

$$C_* = \frac{2 \times 51984000}{69000} = 1506$$

$$\text{Tính tiếp với } C = 1520; h_{02} = 260 + 1520 \times 0,0833 = 386$$

$$Q_A = 40 + 20 \times 1,52 = 70,4; M_b = 2 \times 0,9 \times 200 \times 386^2 = 53638000$$

$$C_* = \frac{2 \times 53638000}{70400} = 1523 \text{mm, gần với trị số } C = 1520.$$

Lấy  $C = 1523$  để tính tiếp.

Kiểm tra điều kiện tính toán:

$$h_{otb} = 0,5 (260 + 386) = 323 \text{m}$$

$$Q_o = 0,5 \phi_{b4} (1 + \phi_n) R_{bt} b h_o = 0,5 \times 1,5 \times 200 \times 323 = 43600 \text{ N}$$

$$Q_A = 70,4 > Q_o = 43,6. \text{ Cần tính toán}$$

Kiểm tra về ứng suất nén chính.

Giả thiết  $\phi_{w1} = 1,05$ .

$$Q_{bt} = 0,3 \phi_{w1} \phi_{bl} R_b b h_o = 0,3 \times 1,05 \times 0,885 \times 11,5 \times 200 \times 323 = 207000$$

Thoả mãn điều kiện  $Q_A < Q_{bt}$ .

Tính toán cốt thép đai

Với  $C = 1523 > 2h_o = 2 \times 386 = 772$ , lấy  $C_o = 2h_o = 772 \text{mm.}$

$$Q_b = \frac{M_b}{C} = \frac{53638000}{1523} = 35200 \text{N}$$

$$Q_{b\min} = \varphi_{b3} (1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bt} b h_o = 0,6 \times 0,9 \times 200 \times 323 = 34880 \text{ N}$$

Lấy  $Q_b = 35210$  ;

$$q_{sw1} = \frac{Q_A - Q_b}{C_o} = \frac{70400 - 35200}{772} = 45,6 \text{ N/mm}$$

$$q_{sw2} = \frac{Q_{b\min}}{2h_o} = \frac{34880}{2 \times 386} = 45,2 \text{ N/mm}$$

Lấy  $q_{sw} = 45,6$  để tính cốt thép đai.

2. Tiết diện nghiêng cuối dầm (theo phương pháp ở thí dụ 5.3)

Đã có  $h_{o2} = 410 \text{ mm}$ ;  $Q_A = 76 \text{ kN}$

$$M_b = \varphi_{b2} (1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bt} b h_o^2 = 2 \times 0,9 \times 200 \times 410^2 = 60500000 \text{ Nmm}$$

$$C_* = \frac{2M_b}{Q_A} = \frac{2 \times 60500000}{76000} = 1592 \text{ mm}$$

$$h_{otb} = h_{o2} - 0,5Ci = 410 - 0,5 \times 1592 \times 0,0833 = 343 \text{ mm}$$

Kiểm tra điều kiện tính toán

$$Q_o = 0,5\varphi_{b4} (1 + \varphi_n) R_{bt} b h_o = 0,5 \times 1,5 \times 0,9 \times 200 \times 343 = 46300 \text{ N}$$

$$Q_A > Q_o - \text{cân tính toán}$$

Kiểm tra điều kiện về ứng suất nén chính.

Giả thiết  $\varphi_{w1} = 1,05$ ;  $\varphi_{b1} = 1 - \beta R_b = 1 - 0,1 \times 11,5 = 0,885$ .

$$Q_{bt} = 0,3 \varphi_{w1} \varphi_{b1} R_b b h_o = 0,3 \times 1,05 \times 0,885 \times 11,5 \times 200 \times 343 = 219900 \text{ N}$$

$$Q_A < Q_{bt} - \text{Thoả mãn điều kiện bắt buộc}$$

Tính cốt thép đai: Có  $C_* = 1592 > 2h_o = 2 \times 410 = 820$ ,

lấy  $C_o = 2h_o = 820$ .

$$Q_b = \frac{M_b}{C} = \frac{60500000}{1592} = 38000 \text{ N}$$

$$Q_{b\min} = 0,6 \times 0,9 \times 200 \times 343 = 37000.$$

$$q_{sw1} = \frac{Q_A - Q_b}{C_o} = \frac{76000 - 38000}{820} = 46,34 \text{ N/mm}$$

$$q_{sw2} = \frac{Q_{b\min}}{2h_o} = \frac{37000}{2 \times 410} = 45,12$$

Lấy  $q_{sw} = 46,34$  để tính toán và bố trí cốt thép đai

3. Bố trí cốt thép đai

Đã tính được hai giá trị của  $q_{sw}$  là 45,6 (đoạn đầu) và 46,34 (đoạn cuối). Lấy trị số  $q_{sw}$  lớn hơn là 46,34 để tính toán và bố trí cốt thép đai cho toàn dầm.

### 5.1.4. Dầm khung có nách

Dầm khung có nách như thể hiện ở hình 5.1c. Đoạn dầm có nách thường chịu mômen âm, mép chịu nén nghiêng. Tính toán đoạn dầm như vậy chịu lực cắt có thể tham khảo cách tính dầm côngxôn.

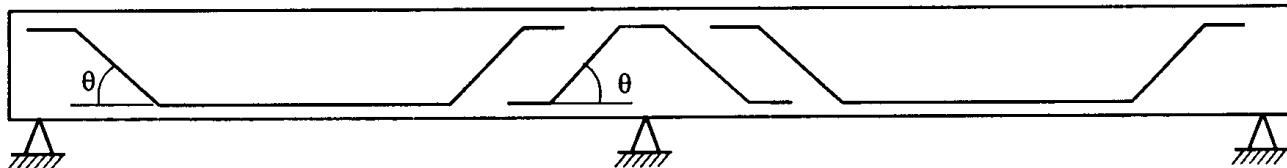
## 5.2. DẦM CÓ ĐẶT CỐT THÉP XIÊN

### 5.2.1. Cấu tạo cốt thép xiên

Cốt thép xiên dùng để tăng khả năng chịu lực của cấu kiện theo tiết diện nghiêng. Tuy vậy, dùng cốt xiên sẽ phức tạp cho thi công, do đó chỉ nên dùng trong một số ít trường hợp, khi lực cắt khá lớn, riêng bêtông và lượng cốt đai thông thường không đủ khả năng chịu được. Như vậy, cần phải tính toán và đặt cốt thép xiên khi điều kiện (4.46) không được thoả mãn, có nghĩa là khi:

$$Q > Q_{bsw} = Q_b + Q_{sw} \quad (5.7)$$

Cốt thép xiên thường được cấu tạo bằng cách uốn các thanh cốt thép dọc chịu kéo (hình 5.9) hoặc bằng cách đặt các cốt thép vai bò (ở gối giữa của dầm).



Hình 5.9: Cốt thép xiên trong dầm

Người ta cũng thường kết hợp uốn chuyển vùng cốt thép với việc cấu tạo cốt thép xiên. Uốn chuyển vùng là việc uốn cốt thép chịu kéo ở phía dưới trong đoạn giữa dầm (chịu mômen dương) thành cốt thép chịu kéo do mômen âm, ở phía trên, trong đoạn gối tựa.

Góc uốn nghiêng của cốt thép xiên (so với phương của trục dầm) là  $\theta$  thường bằng  $45^\circ$  khi dầm cao  $h \leq 800\text{mm}$ .

Với dầm cao hơn có thể tăng  $\theta$  đến  $60^\circ$ .

Đoạn dầm cần đặt cốt thép xiên dài bằng  $S_x$  là đoạn mà  $Q > Q_{bsw}$ . Căn cứ vào  $S_x$  để bố trí các lớp cốt thép xiên. Đặt  $j = 1, 2, \dots, n$  là thứ tự các lớp cốt thép xiên tính từ gối tựa,  $n$  là lớp cuối cùng ( $n$  có thể là  $1, 2, \dots$ ). Điểm cuối của lớp  $n$  nên nằm ra ngoài đoạn  $S_x$ , cũng có thể nằm bên trong đoạn đó nhưng lúc này phải thoả mãn điều kiện  $s_u \leq s_{max}$ .

$s_u$  - khoảng cách theo phương trục dầm từ điểm cuối của lớp cốt xiên cuối cùng (khi điểm này nằm trong đoạn  $S_x$ ) đến điểm cuối của đoạn cần đặt cốt xiên  $S_x$ . Khi điểm cuối của lớp  $n$  đã nằm ra ngoài đoạn  $S_x$  (trong vùng mà  $Q < Q_{bsw}$ ) thì xem  $s_u < 0$  và không cần kiểm tra  $s_u \leq s_{max}$ .

Đặt  $s_i$  là khoảng cách theo phương trục dầm từ mép gối tựa đến điểm đầu của lớp cốt xiên thứ nhất,  $s_j (j \geq 2)$  là khoảng cách (như trên) từ điểm cuối của lớp cốt xiên phía trước đến điểm đầu lớp phía sau (hình 5.10) thì mọi  $s_j$  đều phải nhỏ hơn  $s_{max}$  ( $j = 1, 2, \dots, n, u$ )

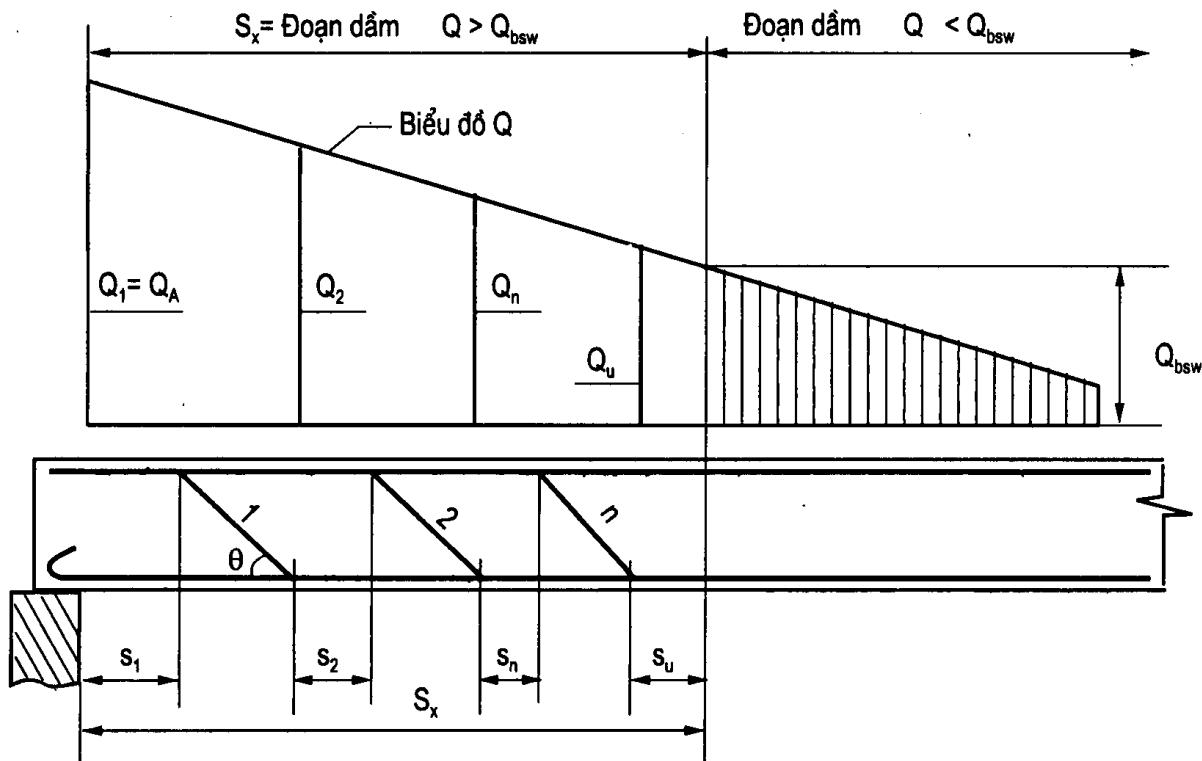
$$s_u, s_j \leq s_{max} \quad (5.8)$$

$s_{max}$  - khoảng cách cực đại của cốt thép xiên và cốt thép đai, xác định theo công thức thực nghiệm (5.9):

$$s_{\max} = \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_n) R_{bt} b h_o^2}{Q_j} \quad (5.9)$$

$Q_j$  - lực cắt trên tiết diện nghiêng đang xét. Tính toán gần đúng có thể lấy  $Q_j$  bằng lực cắt tại tiết diện thẳng góc, nơi bắt đầu của  $s_j$  (xem hình 5.10).

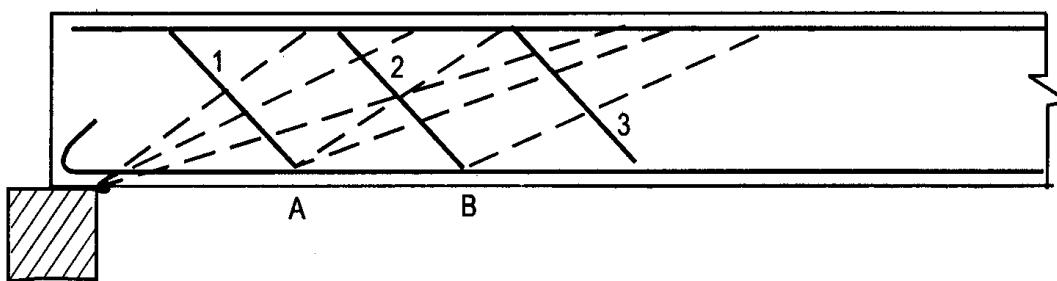
Đầu cốt thép xiên phải được neo chắc chắn vào vùng bêtông chịu nén, chiều dài đoạn neo tối thiểu bằng  $15\phi$ .



**Hình 5.10:** Bố trí các lớp cốt thép xiên

### **5.2.2. Tính toán cốt thép xiên**

Tính toán cốt thép xiên một cách chi tiết thường là khá phức tạp vì phải xét xem tiết diện nghiêng cắt qua mấy lớp cốt thép xiên. Thí dụ đoạn dầm có ba lớp cốt xiên như trên hình 5.11, tiết diện nghiêng xuất phát từ B chỉ cắt qua một lớp cốt thép xiên số 3, tiết diện nghiêng xuất phát từ A có thể cắt qua một lớp (số 2) hoặc 2 lớp (2 và 3), tiết diện nghiêng xuất phát từ mép gối tựa có thể cắt qua 1, 2 hay 3 lớp.



**Hình 5.11:** Các phương án có thể xảy ra của tiết diện nghiêng

Cách tính toán thực hành xem gần đúng là tiết diện nghiêng nguy hiểm chỉ cắt qua một lớp cốt thép xiên. Điều kiện độ bền tổng quát của tiết diện nghiêng theo lực cắt đã viết ở biểu thức (4.9), chép lại dưới đây:

$$Q \leq Q_b + Q_{sw} + Q_{s,inc}$$

Theo công thức (4.46) đã đặt  $Q_{bsw} = Q_b + Q_{sw}$ , viết lại điều kiện trên là:

$$Q \leq Q_{bsw} + Q_{s,inc} \quad (5.10)$$

$Q_{s,inc}$  - khả năng chịu lực cắt của lớp cốt xiên, xác định theo công thức (5.11)

$$Q_{s,incj} = R_{sw} A_{s,incj} \sin \theta \quad (5.11)$$

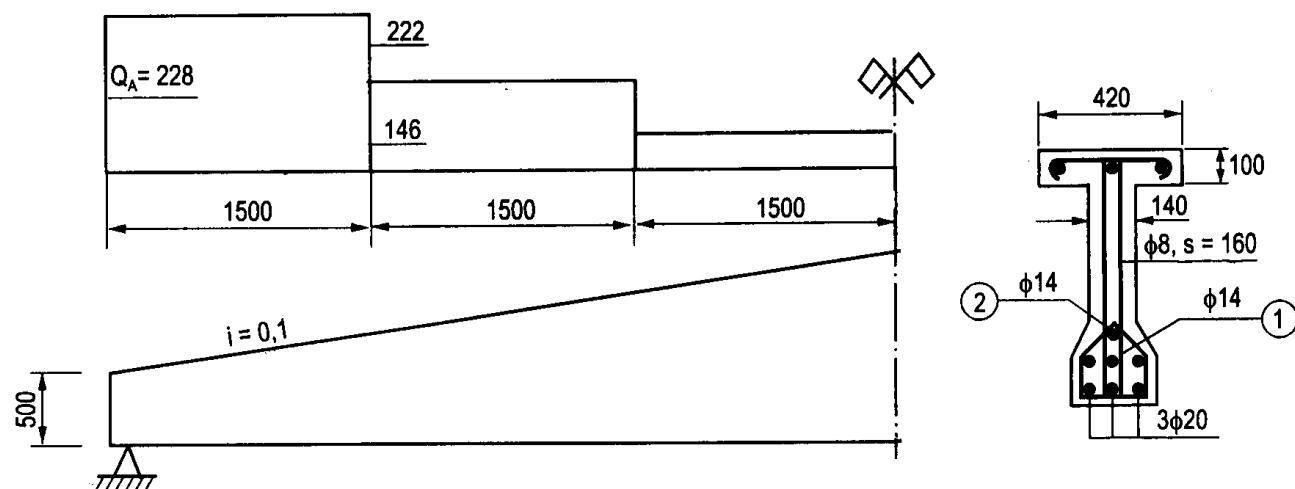
$A_{s,incj}$  - diện tích tiết diện ngang của lớp cốt xiên thứ j.

Kết hợp điều kiện (5.10) và công thức (5.11) rút ra công thức tính diện tích cốt thép xiên là:

$$A_{s,incj} = \frac{Q_j - Q_{bsw}}{R_{sw} \sin \theta} \quad (5.12)$$

$Q_j$  - lực cắt dùng để tính toán lớp cốt thép xiên thứ j, lấy giá trị  $Q_j$  theo hình 5.10. Tính lớp thứ nhất lấy  $Q_1 = Q_A$  là lực cắt lớn nhất tại gối tựa, tính lớp cốt thép xiên phía sau lấy  $Q_j$  ứng với điểm cuối của lớp phía trước.

**Thí dụ 5.7.** Cho sơ đồ của một nửa dầm có hai mái dốc như trên hình 5.12. Tiết diện dầm là chữ T có cánh trong vùng nén,  $b_f = 420$ ;  $h_f = 100\text{mm}$ ; bề rộng sườn  $b = 140\text{mm}$ . Chiều cao dầm  $h_l = 500\text{mm}$ , độ dốc của mép chịu nén  $i = 0,1$ . Bêtông cấp B25. Cốt thép dọc như trên hình vẽ, trong đó các thanh số ① và ② là  $\phi 14$  bằng thép RB400, cốt thép đai  $\phi 8$ , 2 nhánh bằng thép CI,  $s = 160\text{mm}$ . Biểu đồ lực cắt như hình vẽ với  $Q_A = 228\text{ kN}$ . Yêu cầu kiểm tra, nếu cần thì tính toán cốt thép xiên.



Hình 5.12: Thí dụ 5.7

Số liệu: B25 có  $R_b = 14,5$ ;  $R_{bt} = 1,05$ ;  $E_b = 27000\text{ MPa}$

Cốt thép đai CI có  $R_{sw} = 175$ ;  $E_s = 210000\text{ MPa}$ .

Cốt thép dọc RB400 có  $R_s = 365$ ;  $R_{sw} = 290\text{ MPa}$ .

$\alpha_{b2} = 2$ ;  $\alpha_{b3} = 0,6$ ;  $\alpha_{b4} = 1,5$ ;  $\alpha_n = 0$ ;  $\beta = 0,01$ .

Dựa vào bố trí cốt thép dọc xác định chiều dày lớp đệm  $a = 60\text{mm}$ . Ở tiết diện đầu dầm  $h_0 = 500 - 60 = 440\text{mm}$ .

$$\text{Cốt thép đai: } A_{sw} = 2 \times 50 = 100\text{mm}^2; q_{sw} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{s} = \frac{175 \times 100}{160} = 109 \text{ N/mm}$$

### 1. Kiểm tra điều kiện cấu tạo và tính toán.

$$\text{Cấu tạo: } h > 450\text{mm, s cấu tạo} = \min \left( \frac{h}{3} = 166\text{mm và } 300 \right)$$

Cốt thép đai  $\phi 8$ ,  $s = 160$  là thỏa mãn yêu cầu cấu tạo.

Kiểm tra điều kiện tính toán:

Tính gần đúng dân trị số  $C$  ở đầu dầm: Lấy giá trị lần đầu:

$$C_1 = 2h_0 = 880\text{mm}; h_0 = h_0 + C_1 = 440 + 880 \times 0,1 = 528 \text{ mm}$$

Cánh chữ T trong vùng nén,  $u_f = \min (3h_f = 300; b_f - b = 280)$

$$\varphi_f = \frac{0,75u_f h_f}{bh_0} = \frac{0,75 \times 280 \times 100}{140 \times 528} = 0,284 < 0,5$$

$$M_b = \varphi_{b2} (1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bt} b h_0^2 = 2 (1 + 0,284) 1,05 \times 140 \times 528^2 = 105240000$$

$$C_* = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw}}} = \sqrt{\frac{105240000}{109}} = 983\text{mm}$$

Lấy  $C = 1000$  (tăng thêm chút ít) để tính lại.

$$h_0 = 440 + 1000 \times 0,1 = 540; \varphi_f = \frac{0,75 \times 280 \times 100}{140 \times 540} = 0,277 < 0,5$$

$$M_b = 2 (1 + 0,277) 1,05 \times 140 \times 540^2 = 109477000$$

$$C_* \sqrt{\frac{109447000}{109}} = 1002. \text{ Gần bằng trị số đã lấy. Chấp nhận giá trị } C_* = 1002 \text{ ứng với}$$

$$h_0 = 440 + 1002 \times 0,1 = 540.$$

Trị số trung bình:  $h_{0tb} = 0,5 (440 + 540) = 490\text{mm}$

$$Q_0 = 0,5 \varphi_{b4} (1 + \varphi_n) R_{bt} b h_0 = 0,5 \times 1,5 \times 1,05 \times 140 \times 490 = 54000 \text{ N}$$

$Q_A = 228 > Q_0 = 54 \text{ kN. Cần phải tính toán.}$

### 2. Kiểm tra điều kiện về ứng suất nén chính

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_b} = \frac{210000}{27000} = 7,77; \mu_w = \frac{A_{sw}}{bs} = \frac{100}{140 \times 160} = 0,00446$$

$$\varphi_{w1} = 1 + 5 \alpha_s \mu_w = 1 + 5 \times 7,77 \times 0,00446 = 1,173 < 1,3$$

$$\varphi_{b1} = 1 - \beta R_b = 1 - 0,01 \times 14,5 = 0,855$$

$$Q_{bt} = 0,3\varphi_{w1}\varphi_{b1}R_b b h_o = 0,3 \times 1,173 \times 0,855 \times 14,5 \times 140 \times 490 = 299280N$$

Thoả mãn điều kiện  $Q_A < Q_{bt}$

3. Tính khả năng chịu lực cắt của bê tông và cốt thép đai  $Q_{bsw}$

Với  $C_* = 1002mm < 2h_o = 2 \times 540 = 1080mm$ ;

Lấy  $C = C_o = C_* = 1002$  để tính toán.

Với  $h_o = 540$  đã tính được  $M_b = 109477000 Nmm$

$$Q_b = \frac{M_b}{C} = \frac{109477000}{1002} = 109200$$

$$Q_{bmin} = \varphi_{b3} (1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bt} b h_o = 0,6 (1 + 0,277) 1,05 \times 140 \times 490 = 55200$$

$$Q_{sw} = q_{sw} C_o = 109 \times 1002 = 109200$$

$$Q_{bsw} = Q_b + Q_{sw} = 109200 + 109200 = 218400N = 218,4 kN$$

Xảy ra trường hợp  $Q_A > Q_{bsw}$ . Cần tính toán cốt thép xiên

4. Bố trí và tính toán cốt thép xiên

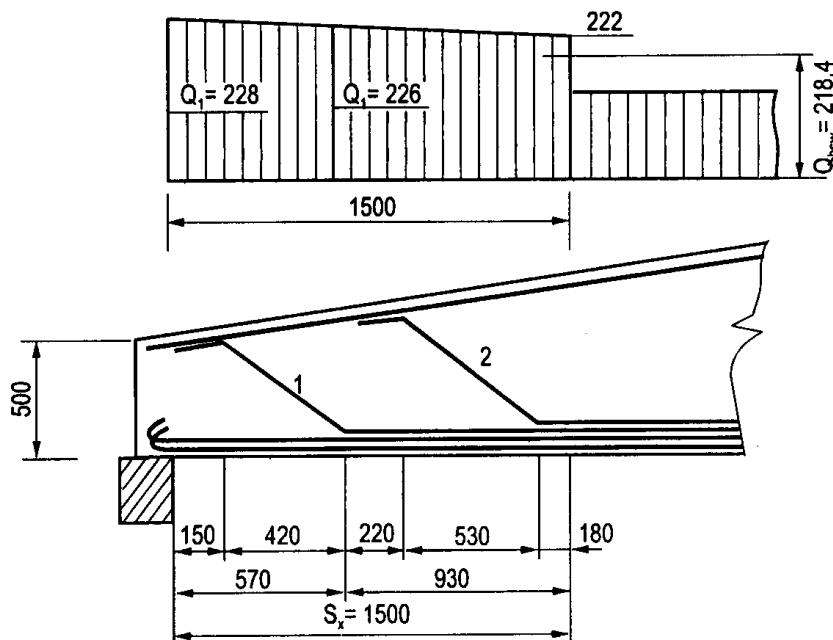
Dựa vào cấu tạo cốt thép dọc thấy có thể uốn các thanh số ① và số ② thành cốt xiên.

$$s_{max} = \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_n) R_{bt} b h_o^2}{Q_j}$$

Với khoảng cách đầu tiên là  $s_1$  lấy  $h_o = h_{01} = 440mm$ .

$$s_{max} = \frac{1,5 \times 1,05 \times 140 \times 440^2}{228000} = 187mm. Lấy s_1 = 150mm.$$

Sơ đồ bố trí cốt thép xiên đoạn đầu dầm thể hiện trên hình 5.13 với góc nghiêng  $\theta = 45^\circ$ . Tính được chiều dài hình chiếu của lớp cốt xiên thứ nhất là 420mm.



Hình 5.13: Bố trí cốt thép xiên

Điểm cuối của lớp cốt xiên 1 cách mép gối một đoạn:  $150 + 420 = 570\text{mm}$ .

$$\text{Ứng với điểm cuối đó tính được } Q_2 = 228 - \frac{(228 - 222)}{1500} \times 570 = 226\text{kN}$$

$$h_o = 440 + 570 \times 0,1 = 497\text{mm}$$

$$s_{\max} = \frac{1,5 \times 1,05 \times 140 \times 497^2}{226000} = 235\text{mm}$$

Đoạn cần bố trí cốt xiên là  $S_x = 1500\text{mm}$

Khoảng cách từ mút cốt xiên số 1 đến cuối đoạn là:

$$1500 - 570 = 930 > s_{\max}.$$

Cần bố trí thêm lớp cốt xiên thứ hai. Dự kiến bố trí với  $s_2 = 150\text{mm} < s_{\max} = 235$ , uốn thanh cốt thép dọc số 2, tính được chiều dài hình chiếu là 530mm. Mút cốt xiên số 2 cách điểm cuối của đoạn  $S_x$  là  $s_u$ .

$$s_u = 930 - (220 + 530) = 180\text{mm}.$$

Thoả mãn điều kiện  $s_u < s_{\max}$ .

Diện tích cần thiết của lớp cốt xiên số 1 với  $\sin \theta = \sin 45^\circ = 0,707$

$$A_{s,\text{incl}1} = \frac{Q_1 - Q_{bsw}}{R_{sw} \sin \theta} = \frac{228000 - 218400}{290 \times 0,707} = 46,8\text{ mm}^2$$

Lớp thứ hai, với  $Q_2 = 226\text{ kN}$  đã tính được

$$A_{s,\text{incl}2} = \frac{Q_2 - Q_{bsw}}{R_{sw} \sin \theta} = \frac{226000 - 218400}{290 \times 0,707} = 37\text{ mm}^2$$

Dùng thanh số ① cốt thép dọc uốn thành lớp cốt xiên số 1 và thanh ② - lớp số 2. Có  $\phi 14$ , diện tích  $153\text{mm}^2$  lớn hơn trị số cần thiết ( $46,8\text{mm}^2$  và  $37\text{mm}^2$ ).

## 5.3. TÍNH TOÁN BẢN CHỊU CẮT

### 5.3.1. Các trường hợp tính toán

Mục này khảo sát các bản có liên kết với đầm hoặc tường theo các cạnh, xét sự chịu cắt theo bài toán phẳng. Thường gặp là các bản sàn, bản đáy của móng băng hoặc móng bè. Thông thường lực cắt trong bản khá bé nên riêng bêtông đủ khả năng chịu lực, chỉ có một số trường hợp đặc biệt bản chịu lực cắt khá lớn mới phải tính toán cốt thép theo tiết diện riêng. Trong bản thường chỉ đặt cốt thép xiên mà không dùng cốt thép đai, chỉ có những trường hợp rất đặc biệt mới dùng các cốt thép có dạng như cốt thép đai (cốt thép đặt vuông góc với mặt bản).

### 5.3.2. Trường hợp không cần tính toán

Tiêu chuẩn TCXDVN 356 - 2005 quy định điều kiện để bêtông đủ khả năng chịu lực cắt, không cần tính toán cốt thép là:

$$Q \leq Q_{bo} = \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_o^2}{C} \quad (5.13)$$

Điều kiện (5.13) là chép lại công thức (4.1) và điều kiện (4.6). Chiều dài hình chiếu tiết diện nghiêng C được xác định theo công thức (4.20) chép lại sau đây:

$$C = \sqrt{\frac{M_b}{q_1}}$$

$M_b$  được tính theo công thức (4.11)

$$M_b = \varphi_{b2}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_o^2$$

$q_1$  - tải trọng tính toán phân bố đều trên bản, tác dụng của tải trọng  $q_1$  gây ra lực cắt  $Q$  trong bản.

Giá trị của  $Q_{bo}$  cần được giới hạn trong phạm vi của điều kiện (4.4).

$$Q_{b3} \leq Q_{bo} \leq 2,5 R_{bt}bh_o$$

$$Q_{b3} = \varphi_{b3}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_o$$

Trong điều kiện (5.13) thì  $Q$  là lực cắt được xác định từ ngoại lực ở một phía của tiết diện nghiêng.

$$Q = Q_A - q_2 C \quad (5.14)$$

$Q_A$  - Lực cắt lớn nhất ở tại tiết diện thẳng góc đi qua điểm đầu của tiết diện nghiêng.

$q_2$  - tải trọng phân bố đều tác dụng lên một phía của tiết diện nghiêng. Giá trị của  $q_2$  cần được tính toán với hệ số độ tin cậy nhỏ hơn 1.

Tính toán thực hành với mức độ gần đúng chấp nhận được, có thể dùng điều kiện (5.15) để kiểm tra, chép lại điều kiện (4.45), thay cho điều kiện (5.13).

$$Q_A \leq Q_o = 0,5\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_o \quad (5.15)$$

**Thí dụ 5.8.** Bản sàn dày  $h = 120\text{mm}$ , bêtông cấp B15. Tính toán với dải bản rộng  $b = 1\text{m}$  có lực cắt lớn nhất ở gối tựa  $Q_A = 25\text{kN}$ . Tải trọng phân bố trên dải bản gồm tĩnh tải  $g = 3,8\text{kN/m}$ ; hoạt tải  $p = 8\text{kN/m}$ . Yêu cầu kiểm tra khả năng chịu lực cắt.

Số liệu:  $b = 1000$ ;  $h = 120$ ;  $h_o = 100\text{mm}$

$$R_b = 8,5; R_{bt} = 0,75 \text{ MPa}; \varphi_{b2} = 2; \varphi_{b3} = 0,6; \varphi_{b4} = 1,5; \varphi_f = \varphi_n = 0.$$

Tính toán: Lấy  $q_1 = g + p = 3,8 + 8 = 11,8\text{kN/m} = 11,8\text{N/mm}$

$$M_b = \varphi_{b2}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_o^2 = 2 \times 0,75 \times 1000 \times 100^2 = 15000000 \text{ Nmm}$$

$$C = \sqrt{\frac{M_b}{q_1}} = \sqrt{\frac{15000000}{11,8}} = 1127 \text{ mm}$$

$$Q_{bo} = \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_o^2}{C} = \frac{2 \times 0,75 \times 1000 \times 100^2}{1127} = 13300\text{N}$$

$$Q_{b3} = \varphi_{b3} (1 + \varphi_n) R_{bt} b h_o = 0,6 \times 0,75 \times 1000 \times 100 = 45000 \text{N}$$

Lấy  $Q_{bo}$  không nhỏ hơn  $Q_{b3}$ ;  $Q_{bo} = 45000 = 45 \text{kN}$

Ứng với  $Q_{bo} = 45000$  thì giá trị C tương ứng là:

$$C = \frac{M}{Q_{bo}} = \frac{2 \times 0,75 \times 1000 \times 100^2}{45000} = 333 \text{mm}$$

$$\text{Lấy } q_2 = 0,9g + 0,8p = 0,9 \times 3,8 + 0,8 \times 8 = 9,82 \text{ kN/m} = 9,82 \text{ N/mm}$$

$$Q = Q_A - q_2 C = 25000 - 9,82 \times 333 = 21730 \text{ N} = 21,73 \text{ kN}$$

Bảo đảm điều kiện  $Q = 21,73 < Q_{bo} = 45 \text{kN}$ .

**Thí dụ 5.9.** Làm lại thí dụ 5.8 theo phương pháp thực hành.

$$Q_o = 0,5\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_o = 0,5 \times 1,5 \times 0,75 \times 1000 \times 100 = 56200 \text{N}$$

$$Q_A = 25 < Q_o = 56,2. \text{ Thoả mãn điều kiện (5.15).}$$

**Thí dụ 5.10.** Cho móng băng có tiết diện như hình 5.14.

Tính toán theo phương ngang cho một đoạn móng dài  $B = 1 \text{m}$ .

Phản áp lực đất tính toán ở dưới đáy móng là  $p = 120 \text{ kN/m}^2$ . Với dải bản đáy móng có bề rộng

$$B = 1 \text{m} \text{ thì}$$

$$p = 120 \text{ kN/m.}$$

Bêton cốt B20.

Yêu cầu kiểm tra khả năng chịu lực cắt của bản đáy móng.

$$\text{Số liệu: } b = 1000; h = 200; h_o = 160 \text{mm}; R_b = 11,5 \text{ MPa}; R_{bt} = 0,9 \text{ MPa};$$

$$\varphi_{b2} = 2; \varphi_{b3} = 0,6; \varphi_{b4} = 1,5.$$

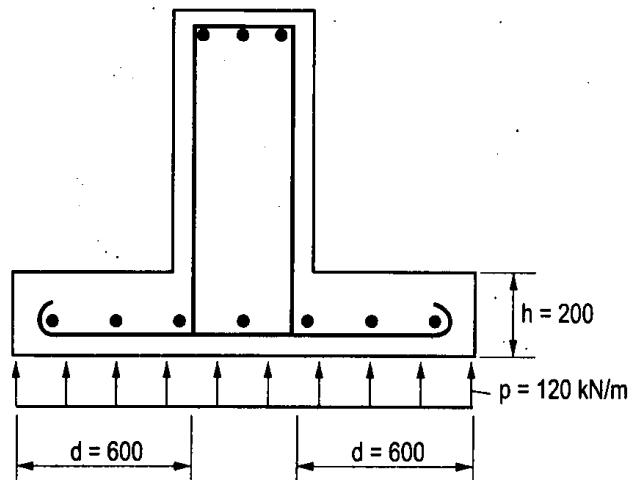
$$\text{Lực cắt lớn nhất ở mép gối: } Q_A = pd = 120 \times 0,6 = 72 \text{ kN}$$

Tính toán theo phương pháp thực hành:

$$Q_o = 0,5\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_o = 0,5 \times 1,5 \times 0,9 \times 1000 \times 160 = 108000 \text{ N}$$

$$Q_A = 72 < Q_o = 108 \text{ kN.}$$

Thoả mãn điều kiện riêng bêton đủ khả năng chịu cắt.



Hình 5.14: Tiết diện móng băng

### 5.3.3. Tính toán cốt thép xiên

Khi không thoả mãn điều kiện (5.15) hoặc (5.13) thì cần đặt cốt thép chịu lực cắt. Trong bản thường đặt cốt thép xiên. Cấu tạo các lớp cốt thép xiên với khoảng cách  $s_i$ ,

$s_2 \dots s_u$  cần tuân theo quy định ở mục 5.2.1, hình 5.10. Góc nghiêng  $\theta$  thường bằng  $45^\circ$  khi chiều dày bản nhỏ hơn 300mm có thể giảm  $\theta$  xuống đến  $30^\circ$ .

Diện tích cần thiết của lớp cốt xiên thứ j là  $A_{s,incj}$  được tính theo công thức (5.16)

$$A_{s,incj} = \frac{Q_j - Q_{b,min}}{R_{sw} \sin \theta} \quad (5.16)$$

Công thức (5.16) là dạng đặc biệt của công thức (5.12) trong đó lấy  $Q_{bsw} = Q_{b,min}$ .

$Q_j$  - lực cắt dùng để tính toán lớp cốt thép xiên thứ j, xem giải thích ở công thức (5.12)

$Q_{b,min}$  - tính theo công thức (4.12) được chép lại sau đây

$$Q_{b,min} = \varphi_{b3}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_o$$

Với bản thì  $\varphi_f = 0$ .

**Thí dụ 5.11.** Cho mặt cắt móng băng như trên hình 5.14 với  $p = 400$  kN/m ;  $h = 350\text{mm}$  ;  $h_o = 310\text{mm}$ . Yêu cầu kiểm tra khả năng chịu lực cắt.

Số liệu:  $b = 1000$  ;  $h_o = 310\text{mm}$

$$R_b = 11,5 ; R_{bt} = 0,9 \text{ MPa}; \varphi_{b2} = 2 ; \varphi_{b3} = 0,6 ; \varphi_{b4} = 1,5.$$

$$Q_A = pd = 400 \times 0,6 = 240 \text{ kN} \text{ (tính cho mỗi mét bê tông...)}$$

$$Q_o = 0,5\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_o = 0,5 \times 1,5 \times 0,9 \times 1000 \times 310 = 209200 \text{ N.}$$

$$Q_A = 240 \text{ kN} > Q_o = 209,2 \text{ kN} \text{ - Cần tính toán cốt thép.}$$

Kiểm tra điều kiện về ứng suất chính nén.  $\varphi_{w1} = 1$  ;  $\varphi_{b1} = 0,885$

$$Q_{bt} = 0,3 \varphi_{w1}\varphi_{b1}R_bbh_o = 0,3 \times 1 \times 0,885 \times 11,5 \times 1000 \times 310 = 946000 \text{ N}$$

$Q_A < Q_{bt}$ . Thoả mãn điều kiện bắt buộc.

Trong bản thường chỉ đặt cốt thép xiên. Muốn tính toán cốt thép xiên cần vẽ biểu đồ lực cắt, xác định chiều dài đoạn cần bố trí cốt thép xiên  $S_x$  trong đó  $Q > Q_{b,min}$ . Sơ đồ một nửa mặt cắt móng băng thể hiện trên hình 5.15.

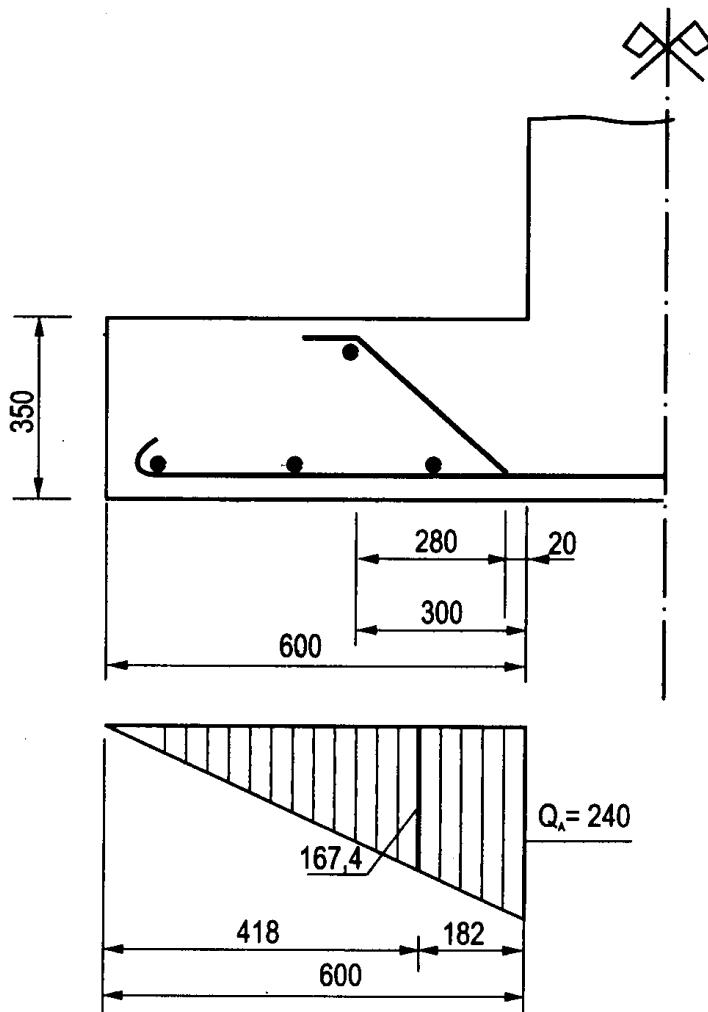
$$Q_{b,min} = \varphi_3(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_o = 0,6 \times 0,9 \times 1000 \times 310 = 167400 \text{ N}$$

$$S_x = 600 - \frac{167400}{240000} \times 600 = 182\text{mm}$$

$$s_{max} = \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_o^2}{Q} = \frac{1,5 \times 0,9 \times 1000 \times 310^2}{240000} = 540\text{mm}$$

Lấy  $s_1 = 20\text{mm} < s_{max}$ .

Điểm cuối của cốt xiên cách mép gối:  $280 + 20 = 300 > S_x = 182$ . Điểm cuối này nằm trong vùng có  $Q < Q_{b,min}$ . Chỉ cần một lớp cốt thép xiên. Đặt cốt thép xiên kiểu vai bò, uốn xiên lên ở cả hai bên cánh của móng băng, dùng cốt thép CII với  $R_{sw} = 225$  MPa; lấy  $\theta = 45^\circ$ .



**Hình 5.15:** Sơ đồ tính toán cốt thép xiên của bê tông móng

$$A_{s,\text{incl}} = \frac{Q_1 - Q_{b\min}}{R_{sw} \sin \theta} = \frac{240000 - 167400}{225 \times 0,707} = 456 \text{ mm}^2$$

Chọn dùng 5φ12 trong mỗi mét dài (diện tích 565 mm<sup>2</sup>).

## 5.4. CỐT THÉP TREO

### 5.4.1. Hiện tượng cắt đáy

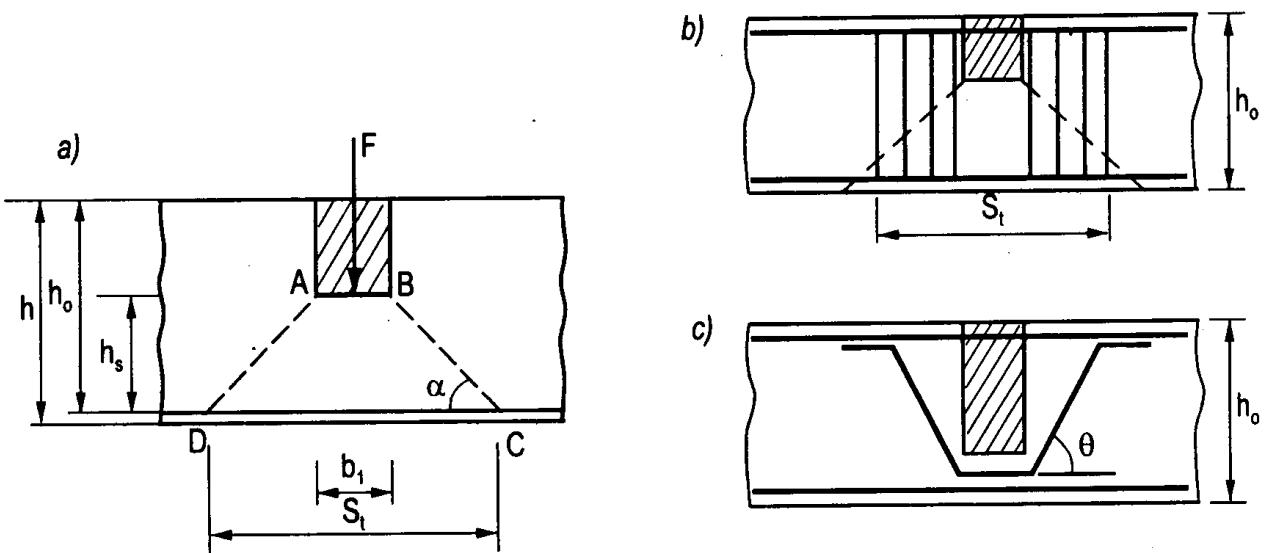
Hiện tượng cắt đáy (một số tài liệu gọi là "giật đứt") là khi đầm chịu lực tập trung khá lớn đặt vào khoảng giữa chiều cao (hình 5.16). Lúc này sự phá hoại có thể xảy ra theo hình tháp ABCD với góc nghiêng của mặt bên  $\alpha = 45^\circ$ . Đó là sự phá hoại do lực cắt. Đáy lớn của tháp là  $S_t$ .

$$S_t = b_1 + 2h_s$$

$b_1$  - bê rộng (AB) phạm vi tác dụng của lực tập trung F;

$h_s$  - chiều cao tháp, bằng khoảng cách từ đáy AB đến cốt thép chịu kéo của đầm.

Cần phải đặt cốt thép treo trong phạm vi  $S_t$  để chống đỡ sự phá hoại theo hình tháp.



Hình 5.16: Hiệu tượng cắt đáy và bố trí cốt thép treo

#### 5.4.2. Cấu tạo cốt thép treo

Cốt thép treo có thể dùng dạng cốt thép đai hoặc cốt thép xiên kiểu vai bò. Dùng cốt thép đai khi đoạn  $S_t$  đủ lớn (hình 5.16b). Diện tích toàn bộ cốt thép treo kiểu cốt thép đai là  $\Sigma A_{sw}$ .

$$\Sigma A_{sw} = \frac{F \left( 1 - \frac{h_s}{h_o} \right)}{R_{sw}} \quad (5.17)$$

Khi đoạn  $S_t$  khá bé, không đủ chỗ để bố trí cốt thép treo kiểu cốt thép đai thì cần dùng cốt thép kiểu vai bò (hình 5.16c). Diện tích tiết diện lớp cốt thép xiên là  $A_{s,inc}$ .

$$A_{s,inc} = \frac{F \left( 1 - \frac{h_s}{h_o} \right)}{2R_{sw} \sin \theta} \quad (5.18)$$

Góc nghiêng  $\theta$  thường trong khoảng  $45 - 60^\circ$ .

Khi dùng đồng thời cả hai loại cốt thép treo ở một nơi, với chú ý các loại thép có  $R_{sw}$  khác nhau thì:

$$0,5 \Sigma R_{sw} A_{sw} + R_{sw} A_{s,inc} \sin \theta \leq 0,5 F \left( 1 - \frac{h_s}{h_o} \right) \quad (5.19)$$

**Thí dụ 5.12.** Cho dầm sàn (dầm phụ) có  $b = 180$ ;  $h = 400\text{mm}$  đúc liền khối với dầm khung (dầm chính) có  $b = 250$ ;  $h = 750\text{mm}$ ,  $h_o = 710\text{mm}$ . Lực tập trung từ dầm sàn truyền vào dầm khung là  $F = 240\text{ kN}$ . Yêu cầu tính cốt thép treo.

Sơ đồ tính toán như ở hình 5.16b.

$$b_1 = 180; h_o = 710; h_s = 710 - 400 = 310\text{ mm}$$

$$S_t = b_1 + 2h_s = 180 + 2 \times 310 = 800\text{mm.}$$

Dùng cốt thép treo kiểu cốt dai, thép C1;  $R_{sw} = 175 \text{ MPa}$

$$\Sigma A_{sw} = \frac{F \left(1 - \frac{h_s}{h_o}\right)}{R_{sw}} = \frac{240000 \left(1 - \frac{310}{710}\right)}{175} = 773 \text{ mm}^2$$

Dùng  $\phi 8$ , mỗi lớp có hai nhánh,  $A_{sw} = 2 \times 50 = 100 \text{ mm}^2$ .

Số lớp =  $\frac{773}{100} = 7,73$ . Chọn 8 lớp, mỗi bên dầm sàn đặt 4 lớp, trong khoảng 310mm.

**Thí dụ 5.13.** Cho dầm sàn và dầm khung như trong thí dụ 5.12.

Dầm sàn có  $h = 600$ , dầm khung có  $h = 650\text{mm}$ ; lực tập trung  $F = 180 \text{ kN}$ . Yêu cầu tính toán cốt thép treo.

Với dầm khung,  $h_o = 650 - 40 = 610\text{mm}$ .

$h_s = 610 - 600 = 10\text{mm}$ ; khoảng để đặt cốt thép treo rất bé, không đủ để đặt các cốt dai. Dùng cốt thép treo là cốt thép xiên kiểu vai bò, sơ đồ tính toán như ở hình 5.16c. Dùng cốt thép CII với  $R_{sw} = 225 \text{ MPa}$ , góc uốn nghiêng  $\theta = 45^\circ$ .

$$A_{s,inc} = \frac{F \left(1 - \frac{h_s}{h_o}\right)}{2R_{sw} \sin \theta} = \frac{180000 \left(1 - \frac{10}{610}\right)}{2 \times 225 \times 0,707} = 556 \text{ mm}^2$$

Dùng 2 $\phi 16$  có diện tích  $602 \text{ mm}^2$ .

## 5.5. NÉN THỦNG

### 5.5.1. Hiện tượng nén thủng

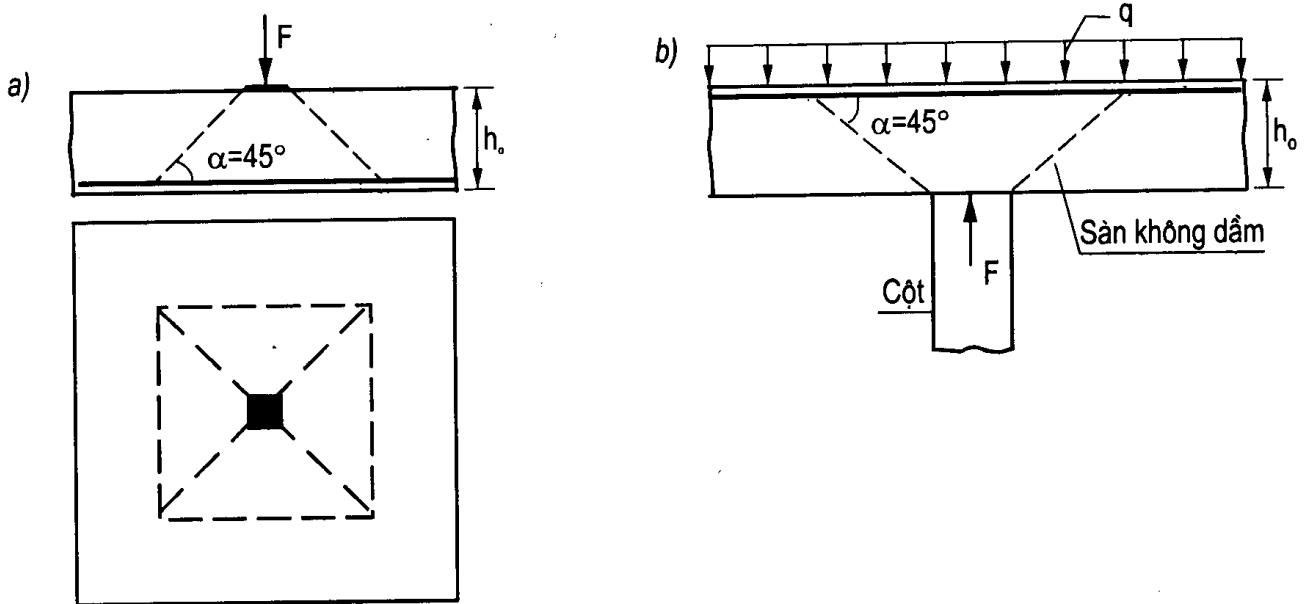
Đó là hiện tượng xảy ra khi bản chịu một lực tập trung khá lớn  $F$ , nén lên một diện tích khá bé trên bề mặt. Sự phá hoại có thể xảy ra theo các mặt bên của một hình tháp nén thủng (hình 5.17). Đó là sự phá hoại về cắt theo 4 tiết diện nghiêng trong không gian, mỗi mặt bên của tháp nén thủng là một tiết diện nghiêng hình thang.

Nén thủng có thể xảy ra đối với bản sàn chịu tác dụng của tải trọng tập trung trên bề mặt, của bản sàn không dầm (sàn nấm, sàn phẳng) kê trực tiếp lên đầu cột, của móng đơn dưới cột, của bản móng bè khi đặt cột trực tiếp lên bản móng (không có dầm).

Phân biệt nén thủng tự do và nén thủng hạn chế.

Nén thủng tự do xảy ra khi mặt bên kia của bản, nơi chứa đáy lớn của tháp, không bị hạn chế, các mặt bên của tháp được phát triển tự do và thường tạo ra góc nghiêng  $\varphi = 45^\circ$  (hình 5.17a, b).

Nén thủng hạn chế khi mặt bên kia của bản bị đỡ hoặc bị chặn bởi gối tựa hoặc vật thể nào đó, tháp nén thủng chỉ có thể xảy ra trong phạm vi bị chặn với góc nghiêng của mặt bên  $\alpha_1 > 45^\circ$ . (hình 5.18). Nén thủng hạn chế thường xảy ra đối với bản đế móng cọc.



**Hình 5.17: Hiện tượng nén thủng tự do**

Để chống đỡ hiện tượng nén thủng cần chọn chiều dày làm việc  $h_o$  của bản đế cho riêng bêtông đủ khả năng chịu lực. Khi mà  $h_o$  bị hạn chế vì một lí do nào đó, dẫn đến việc bêtông chưa đủ khả năng chịu được sự nén thủng thì cần bố trí cốt thép ngang để cùng chịu lực với bêtông.

### 5.5.2. Tính toán khi không đặt cốt thép ngang

Bản không đặt cốt thép ngang thể hiện ở các hình 5.17 và 5.18. Tính toán chống nén thủng tự do theo điều kiện (5.20).

$$N_t \leq F_b = \alpha_t R_{bt} U_m h_o \quad (5.20)$$

$F_b$  - khả năng chống nén thủng của bêtông;

$N_t$  - lực nén thủng, lấy bằng tổng hợp các lực tác dụng lên hai mặt đáy của tháp nén thủng;

Với sơ đồ tải trọng như ở hình 5.17b thì:

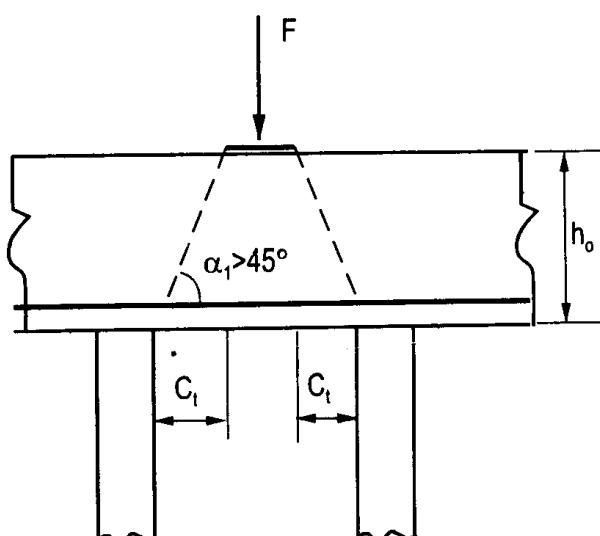
$$N_t = F - qA_t$$

$A_t$  - diện tích đáy lớn của tháp nén thủng, tính tại mức cốt thép chịu kéo.

$\alpha_t$  - hệ số, với bêtông nặng  $\alpha_t = 1$ ; bêtông hạt nhỏ  $\alpha_t = 0,85$ , bêtông nhẹ  $\alpha_t = 0,8$ .

$U_m$  - giá trị trung bình của chu vi hai đáy của tháp nén thủng (đáy lớn lấy ở mức cốt thép);

Tính toán chống nén thủng hạn chế theo điều kiện (5.21) với sơ đồ ở hình 5.18.



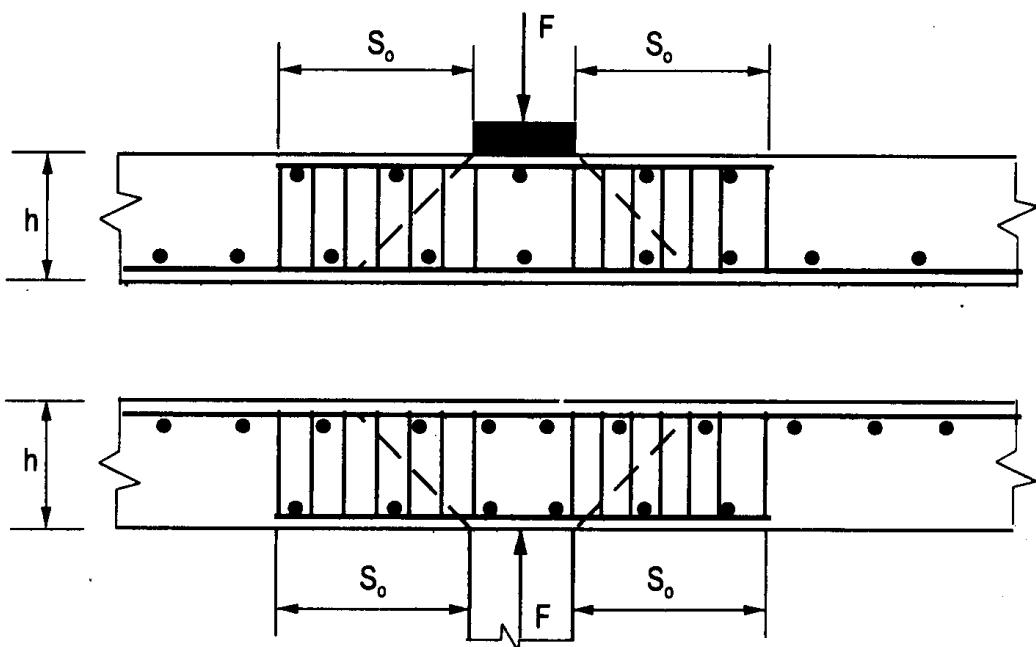
**Hình 5.18: Nén thủng hạn chế**

$$N_t \leq F_b = \alpha_t R_{bt} U_m h_o \operatorname{tg} \alpha_t \quad (5.21)$$

$\operatorname{tg} \alpha_t = \frac{h_o}{C_t} > 1$  đồng thời cần lấy  $\operatorname{tg} \alpha_t \leq 2,5$ .

### 5.5.3. Bản có đặt cốt thép ngang

Khi điều kiện (5.20) hoặc (5.21) không được thoả mãn thì cần đặt cốt thép ngang chống nén thủng. Tuy vậy cũng chỉ nên đặt cốt thép ngang trong bản có  $h \geq 200\text{mm}$ . Cốt thép ngang dạng cốt thép đai (vuông góc với mặt bản) được đặt trong phạm vi bề rộng  $S_o = 1,5h$  ( $S_o$  được tính từ mép vùng tác dụng của lực  $F$  ra các phía xung quanh). Trong phạm vi đặt cốt thép ngang cần cấu tạo hai lưới cốt thép dọc ở mặt bên trên và mặt dưới của bản, cốt thép ngang được liên kết chặt chẽ vào hai lưới này, bảo đảm cho độ bền của liên kết và của bản thân cốt thép là tương đương (hình 5.19).



Hình 5.19: Đặt cốt thép ngang chống nén thủng

Khoảng cách giữa các cốt thép ngang không lớn hơn  $\frac{1}{3}h$  và 200mm.

Tính toán chống nén thủng của bản có đặt cốt thép ngang theo điều kiện (5.22)

$$N_t \leq F_{bsw} = F_b + 0,8 F_{sw} \quad (5.22)$$

$F_b$  - khả năng chống nén thủng của bê tông, tính theo công thức (5.20);

$F_{sw}$  - khả năng chống nén thủng của các cốt thép đặt trong phạm vi tháp nén thủng.

$$F_{sw} = \sum R_{sw} A_{sw} \quad (5.23)$$

$A_{sw}$  - diện tích tiết diện một thanh cốt thép ngang.

$R_{sw}$  - cường độ tính toán của cốt thép, lấy không vượt quá giá trị ứng với thép CI ( $R_{sw} \leq 175 \text{ MPa}$ )

Trong biểu thức (5.23) chỉ lấy những cốt thép nằm trong phạm vi hình tháp nén thủng. Những cốt thép nằm ngoài hình tháp chỉ được xem là cấu tạo để tăng thêm độ tin cậy.

Khi bố trí cốt thép ngang tham gia chống nén thủng cần thoả mãn điều kiện (5.24).

$$F_{sw} \geq 0,5F_b \quad (5.24)$$

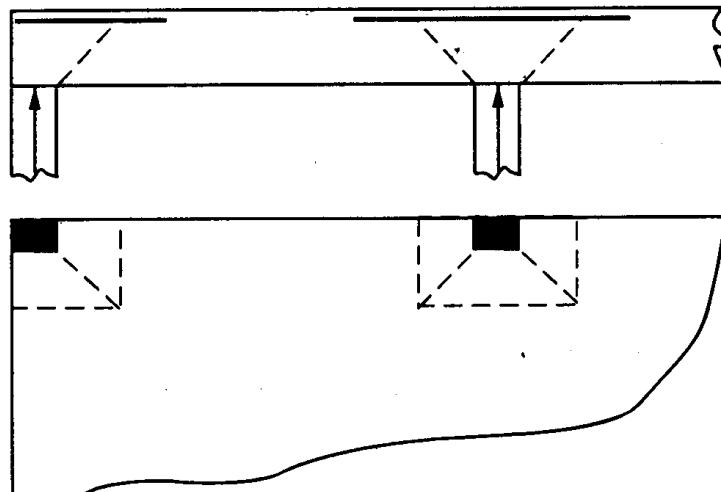
$F_{bsw}$  - khả năng chống nén thủng của bê tông và cốt thép ngang. Trong điều kiện (5.22) lấy  $F_{bsw}$  không lớn quá  $2F_b$  ( $F_{bsw} \leq 2F_b$ ).

Ngoài việc kiểm tra hoặc tính toán theo điều kiện (5.22). Tiêu chuẩn TCXDVN 356 còn quy định: Khi bố trí cốt thép ngang trên một phần hạn chế gần tải trọng tập trung cần thực hiện tính toán bổ sung theo điều kiện (5.20) đối với tháp nén thủng có đáy bé nằm theo chu vi của phần có đặt cốt thép ngang.

#### 5.5.4. Nén thủng không hoàn toàn

Hiện tượng xảy ra với hình tháp chỉ có hai hoặc ba mặt. Đó là trường hợp nén thủng khi lực tập trung  $F$  đặt ở góc bản hoặc ở mép bản (hình 5.20).

Tính toán các trường hợp này vẫn tiến hành theo điều kiện (5.20) trong đó lấy  $U_m$  là trung bình của các cạnh đáy của hai hoặc ba mặt tháp.

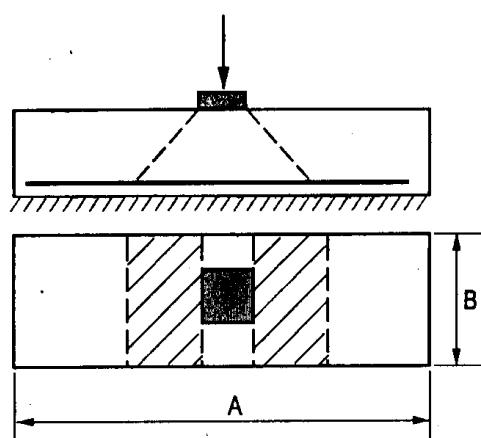


Hình 5.20: Nén thủng không hoàn toàn

Một trường hợp khác của nén thủng không hoàn toàn là trong móng đơn dưới cột khi đế móng có bề rộng  $B$  khá bé so với bề dài  $A$  (hình 5.21). Lúc này tháp nén thủng chỉ xảy ra theo hai mặt bên. Tính toán trường hợp này tiến hành theo cách tính toán về chịu cắt theo tiết diện nghiêng.

#### 5.5.5. Thí dụ tính toán

**Thí dụ 5.14.** Cho bản sàn không dầm dày  $h = 180\text{mm}$ ,  $h_o = 150$ ; bê tông cấp B20. Lực tập trung trong cột do một sàn gây ra là  $F = 216\text{kN}$ .



Hình 5.21: Nén thủng theo hai mặt bên

Tải trọng tính toán phân bố trên sàn là  $q = 8,5 \text{ kN/m}^2$ ; kích thước tiết diện cột là:  $b_c \times h_c = 300 \times 400 \text{ mm}$ .

Sơ đồ tính toán thể hiện trên hình 5.22.

**Chu vi đáy bé của tháp**

$$U_c = 2(b_c + h_c) = 2(300 + 400) = 1400 \text{ mm}$$

**Cạnh đáy lớn của tháp:**

$$b_l = b_c + 2h_o = 300 + 2 \times 150 = 600 \text{ mm}$$

$$h_l = h_c + 2h_o = 400 + 2 \times 150 = 700 \text{ mm}$$

**Chu vi đáy lớn**

$$U_l = 2(b_l + h_l) = 2(600 + 700) = 2600 \text{ mm}$$

**Trung bình của hai chu vi**

$$U_m = 0,5(U_c + U_l) = 0,5(1400 + 2600) = 2000 \text{ mm}$$

$$[\text{Có thể tính: } U_m = U_c + 4h_o = 1400 + 4 \times 150 = 2000]$$

Diện tích đáy lớn của tháp:  $A_t = 0,7 \times 0,6 = 0,42 \text{ m}^2$

**Lực tác dụng vào tháp**

$$N_t = F - qA_t = 216 - 8,5 \times 0,42 = 212,4 \text{ kN}$$

**Khả năng chống nén thẳng:**

Bê tông B20 có  $R_{bt} = 0,9 \text{ MPa}$

$$F_b = \alpha_t R_{bt} U_m h_o = 1 \times 0,9 \times 2000 \times 150 = 270000 \text{ N} = 270 \text{ kN}$$

Thoả mãn điều kiện  $N_t < F_b$ . Bản đủ khả năng chống nén thẳng.

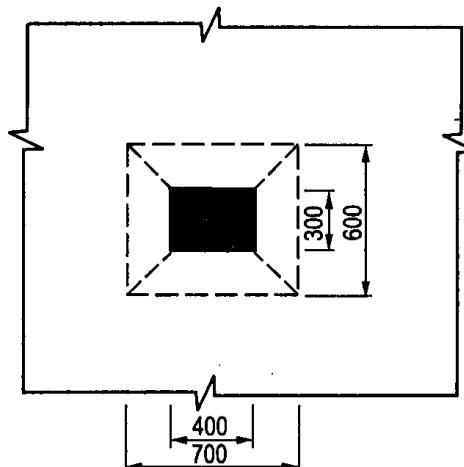
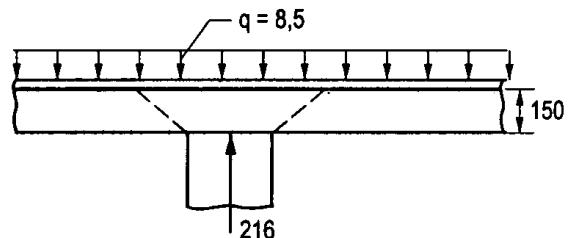
**Thí dụ 5.15.** Móng đơn dưới cột có kích thước  $2 \times 3 \text{ m}$ ; chiều dày  $h = 550 \text{ mm}$ ;  $h_o = 480 \text{ mm}$ ; bê tông B150. Lực nén tính toán ở chân cột  $F_t = 1200 \text{ kN}$ . Yêu cầu kiểm tra khả năng chống nén thẳng. Kích thước tiết diện cột  $b_c \times h_c = 300 \times 500 \text{ mm}$ .

Chu vi đáy bé của tháp  $U_c = 2(500 + 300) = 1600 \text{ mm}$

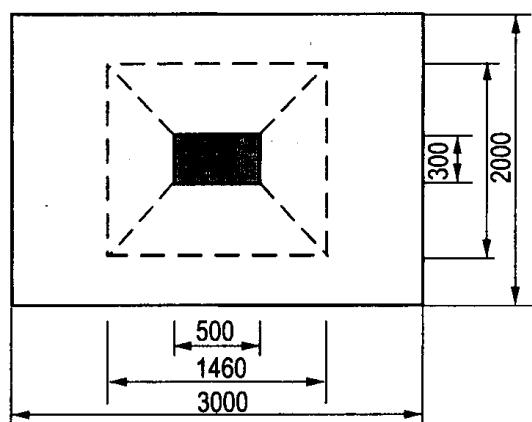
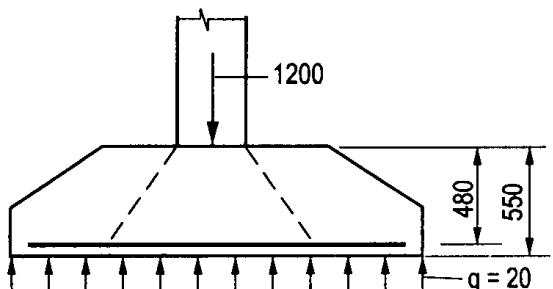
Cạnh đáy lớn:

$$b_l = 300 + 2 \times 480 = 1260 \text{ mm}$$

$$h_l = 500 + 2 \times 480 = 1460 \text{ mm}$$



Hình 5.22: Sơ đồ tính toán bản sàn



Hình 5.23: Sơ đồ tính toán móng đơn

Chu vi đáy lớn:

$$U_1 = 2(1260 + 1460) = 5440 \text{ mm}$$

Diện tích đáy lớn:

$$A_t = 1,26 \times 1,46 = 1,84 \text{ m}^2$$

Áp lực trung bình ở mặt dưới đế móng do  $F_1$  gây ra (không kể trọng lượng bản thân móng và đất).

$$q = \frac{F}{A_m} = \frac{1200}{3 \times 2} = 200 \text{ kN/m}^2$$

Lực tác dụng vào tháp nén thẳng

$$N_t = F - qA_t = 1200 \times 200 \times 1,84 = 832 \text{ kN}$$

Khả năng chống nén thẳng.

Bê tông B15 có  $R_{bt} = 0,75 \text{ MPa}$

$$U_m = 0,5 (U_c + U_1) = 0,5 (1600 + 5440) = 3520 \text{ mm}$$

$$F_b = \alpha_t R_{bt} U_m h_o = 1 \times 0,75 \times 3520 \times 480 = 1267000 \text{ N} = 1267 \text{ kN}$$

$N_t = 832 < F_b = 1267$ . Điều kiện độ bền được thoả mãn

**Thí dụ 5.16.** Móng cọc đơn dưới cột có kích thước và cấu tạo như trên hình 5.24. Nội lực tính toán ở chân cột gồm  $N = 3600 \text{ kN}$ ;  $Q = 85 \text{kN}$ .  $M = 408 \text{ kNm}$  chiều dày đài cọc  $h = 650 \text{mm}$ ;  $h_o = 590 \text{mm}$  bê tông cấp B25. Kích thước tiết diện cột  $400 \times 600 \text{mm}$ . Tiết diện cọc  $250 \times 250 \text{mm}$ . Yêu cầu kiểm tra khả năng chống nén thẳng và chống cắt.

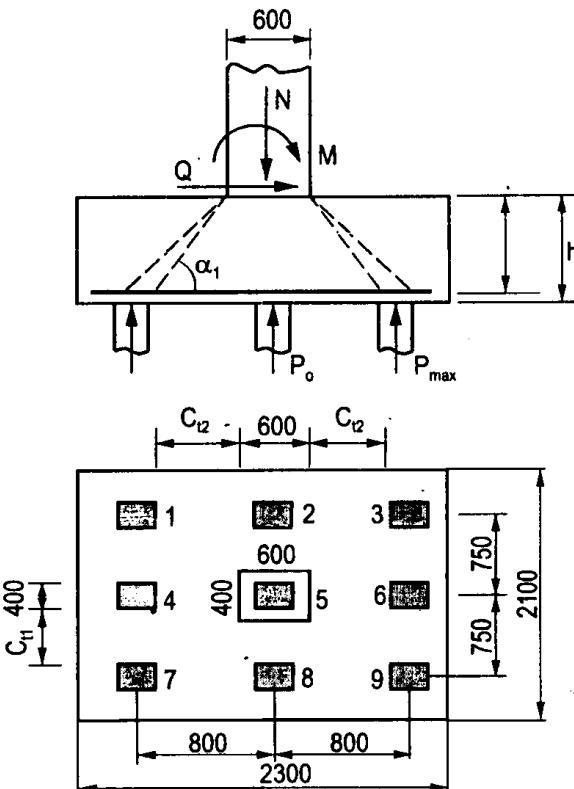
Móng có 9 cọc, đánh số thứ tự từ 1 đến 9 như hình vẽ. Lực nén  $F = N = 3600 \text{kN}$ . Nội lực trung bình trong cọc do tải trọng ở chân cột gây ra (không kể trọng lượng bản thân)

$$P_o = \frac{3600}{9} = 400 \text{kN}$$

Vẽ hình tháp nén thẳng tự do với góc  $\alpha = 45^\circ$ , tính được các cạnh của đáy lớn là:

$$b_1 = 400 + 2 \times 590 = 1580 \text{mm} > (750 + 750) = 1500.$$

$$h_1 = 600 + 2 \times 590 = 1780 > (800 + 800) = 1600$$



Hình 5.24: Sơ đồ tính bán đài của móng cọc

Không thể xảy ra sự nén thủng tự do với góc  $\alpha = 45^\circ$  vì đáy lớn của tháp bao bọc lấy tất cả các cọc. Cần kiểm tra theo sự nén thủng hạn chế.

Xác định khoảng cách  $C_t$  từ mép cột đến mép trong của cọc:

$$\text{Theo phương ngang: } C_{t1} = 750 - \frac{400}{2} - \frac{250}{2} = 425\text{mm}$$

$$\text{Theo phương dài: } C_{t2} = 800 - \frac{600}{2} - \frac{250}{2} = 375\text{mm}$$

$$\text{Lấy } C_t = \max(C_{t1}; C_{t2}) = 425\text{mm}$$

$$\operatorname{tg}\alpha_1 = \frac{h_o}{C_t} = \frac{590}{425} = 1,388 < 2,5$$

Chu vi của đáy tháp nén thủng:

$$\text{Đáy bé: } U_c = 2(400 + 600) = 2000$$

$$\text{Đáy lớn: } U_l = 2[(750 \times 2 - 250) + (800 \times 2 - 250)] = 5200$$

$$U_m = 0,5(2000 + 5200) = 3600\text{mm}$$

Bê tông B25 có  $R_{bt} = 1,05 \text{ MPa}$

$$F_a = \alpha_t R_{bt} U_m h_o \operatorname{tg}\alpha_1 = 1 \times 1,05 \times 3600 \times 590 \times 1,388 = 3095000\text{N}$$

$$\text{Lực tác dụng lên tháp: } N_t = F - P_o = 3600 - 400 = 3200 \text{ kN}$$

Xảy ra  $N_t > F_b$ . Điều kiện về chống nén thủng không được thoả mãn

Tăng  $h$  lên bằng 700;  $h_o = 640\text{mm}$ ; tính lại:

$$\operatorname{tg}\alpha_1 = \frac{h_o}{C} = \frac{640}{425} = 1,5 < 2,5$$

$$F_b = 1,05 \times 3600 \times 640 \times 1,5 = 3628000 \text{ N} = 3628 \text{ kN}$$

$$N_t = 3200 \text{ kN} < F_b = 3628.$$

Độ bền chống nén thủng được thoả mãn.

Kiểm tra khả năng chống cắt

Bản dài cọc đã mô tả còn có thể bị phá hoại do lực cắt theo tiết diện nghiêng giữa mép cột và hàng cọc ngoài cùng (số 3 ; 6 ; 9) tính  $P_{max}$  là nội lực trong các cọc ngoài cùng do lực tính toán ở chân cột gây ra (không kể trọng lượng bản thân)

$$M_m = M + Qh = 408 + 85 \times 0,7 = 467,5 \text{ kNm}$$

$$P_{max} = \frac{3600}{9} + \frac{467,5 \times 0,8}{3(0,8^2 + 0,8^2)} = 497,4 \text{ kN}$$

Lực cắt do 3 cọc gây ra  $Q_A = 3 \times 497,4 = 1492 \text{ kN}$ .

Khả năng chống cắt của tiết diện nghiêng  $Q_{bo}$  được tính theo công thức (4.1) với  $C = 800\text{mm}$  (khoảng cách từ  $P_{max}$  đến lực  $F$ );  $b = 2100\text{mm}$ ;  $\phi_{b4} = 1,5$ ;  $\phi_{b3} = 0,6$ .

$$Q_{bo} = \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_o^2}{C} = \frac{1,5 \times 1,05 \times 2100 \times 640^2}{800} = 1693000N$$

$$Q_{b3} = \varphi_{b3}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_o = 0,6 \times 1,05 \times 2100 \times 640 = 846700N$$

$$2,5R_{bt}bh_o = 2,5 \times 1,05 \times 2100 \times 640 = 3528000N.$$

$$\text{Thoả mãn điều kiện } Q_{b3} < Q_{bo} < 2,5 R_{bt}bh_o.$$

$$\text{Có } Q_A < Q_{bo}. \text{ Thoả mãn điều kiện chống cắt.}$$

*Chú ý.* Trong thí dụ trên, nếu dùng cách tính thực hành để xác định khả năng chống cắt  $Q_o$  thì tính được  $Q_o = 0,5 \varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_o = 1058000 N$ , chưa đủ khả năng chịu lực. Như vậy, trong thí dụ vừa nêu thì cách tính toán thực hành đánh giá khả năng chịu cắt của bê tông  $Q_o$  thấp hơn  $Q_{bo}$ .

**Thí dụ 5.17.** Bản sàn không dầm dày  $h = 280mm$ ;  $h_o = 240$ . Bê tông nhẹ cấp B15 có mác  $> D1900$ . Nội lực trong cột do một sàn gây ra là  $F = 768 kN$ . Cột tiết diện vuông, cạnh  $b = 500mm$ .

Tải trọng trên sàn  $q = 12kN/m^2$ . Yêu cầu kiểm tra khả năng chống nén thủng

Số liệu: Bê tông nhẹ B15 có:  $8,5$ ;  $R_{bt} = 0,74 MPa$

$$\varphi_{b2} = 1,9; \varphi_{b3} = 0,5; \varphi_{b4} = 1,2; \alpha_t = 0,8.$$

Sơ đồ tính toán như hình 5.17b

Chu vi đáy bé của tháp nén thủng:

$$U_c = 2(500 + 500) = 2000mm$$

Cạnh đáy lớn của tháp:  $b_1 = 500 + 2 \times 240 = 980 mm = 0,98m$

Diện tích đáy lớn  $A_t = 0,98 \times 0,98 = 0,96m^2$ .

Chu vi đáy lớn  $U_1 = 4 \times 980 = 3920mm$

Trung bình của chu vi  $U_m = 0,5(2000 + 3920) = 2960mm$

Khả năng chống nén thủng

$$F_b = \alpha_t R_{bt} U_m h_o = 0,8 \times 0,74 \times 2960 \times 240 = 420600N = 420,6 kN$$

$$N_t = F - qA_t = 768 - 12 \times 0,96 = 756,5 kN$$

$N_t > F_b$ . Không thoả mãn điều kiện chống nén thủng

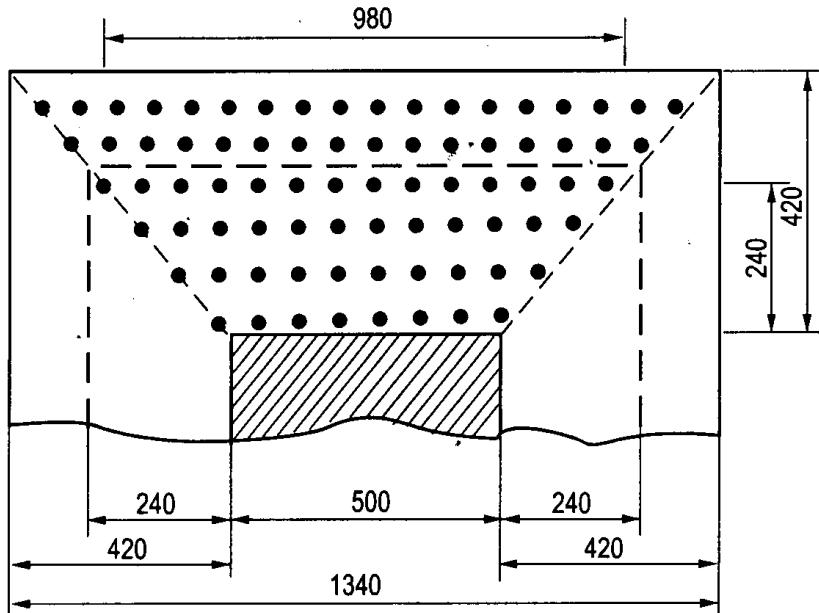
Dùng biện pháp đặt cốt thép ngang để tăng khả năng. Đặt cốt thép với khoảng cách

$s = 70mm < \frac{1}{3}h = 93mm$ . Mặt bằng bố trí cốt thép ngang được thể hiện trên hình 5.25

(thể hiện một phần tư).

Đoạn cần đặt cốt thép tính từ mép cột:  $S_o = 1,5h = 420mm$

Cốt thép được đưa vào trong tính toán chỉ nằm trong phạm vi tháp nén thủng, cách mép cột một khoảng  $h_o = 240mm$ . Trong phạm vi một phần tư, số lượng cốt thép là: 44 thanh (4 hàng  $= 8 + 10 + 12 + 14 = 44$ ). Tổng số:  $4 \times 44 = 176$  thanh. Dùng cốt thép  $\phi 6$ , Cl;  $R_{sw} = 175 MPa$ .



**Hình 5.25:** Sơ đồ mặt bằng bố trí cốt thép ngang trong bản sàn (thể hiện một phần tư)

$$F_{sw} = \sum R_{sw} A_{sw} = 175 \times 176 \times 28,3 = 871600N$$

$$F_{sw} > 0,5 F_b = 210300N$$

$$F_{bsw} = F_b + 0,8F_{sw} = 420600 + 0,8 \times 871600 = 1117800N$$

Lấy  $F_{bsw}$  không quá  $2F_b = 2 \times 420600 = 841200N$ .

Thoả mãn điều kiện  $N_t = 756,5 < F_{bsw} = 841,2 kN$ .

*Nhận xét:* Bố trí cốt thép như trên là khá thừa khả năng chịu lực. Chọn lại cách bố trí với  $s = 90mm < \frac{1}{3}h$ . Như vậy, trong góc một phần tư có 3 hàng với:  $6 + 8 + 10 = 24$  thanh

Tổng số:  $4 \times 24 = 96$  thanh  $\phi 6$

$$F_{sw} = \sum R_{sw} A_{sw} = 175 \times 96 \times 28,3 = 475400N$$

$$F_{sw} > 0,5 F_b = 210300$$

$$F_{bsw} = 420600 + 0,8 \times 475400 = 801000N = 801 kN$$

$$F_{bsw} < 2 F_b = 841,2 kN.$$

Thoả mãn điều kiện  $N_t = 756,5 < F_{bsw} = 801 kN$ .

Kết luận: Dùng cốt ngang  $\phi 6$  đặt với khoảng cách 90mm trong phạm vi cách mép cột  $S_o = 1,5h = 420mm$ .

Tính toán bổ sung theo nén thẳng tự do không có cốt thép với hình tháp có đáy bé trùng với chu vi của phần đặt cốt thép ngang.

Theo hình 5.25, cạnh đáy bé là 1340mm, khoảng cách cốt thép  $s = 90mm$ . Để đề phòng trường hợp không bố trí cốt thép sát tận ngoài mép, lấy cạnh của đáy bé là:

$$b_t = 1340 - 2 \times 90 = 1160mm$$

Cạnh của đáy lớn  $b_t = b_i + 2h_o = 1160 + 2 \times 240 = 1640\text{mm}$

Chu vi đáy bé:  $U_c = 1160 \times 4 = 4640\text{mm}$

Chu vi đáy lớn:  $U_l = 1640 \times 4 = 6560\text{mm}$

$$U_m = 0,5 (4640 + 6560) = 5600$$

Diện tích đáy lớn  $A_t = 1,64 \times 1,64 = 2,69 \text{ m}^2$

$$N_t = F - qA_t = 768 - 12 \times 2,69 = 736 \text{ kN}$$

$$F_b = \alpha_r R_{bt} U_m h_o = 0,8 \times 0,74 \times 5600 \times 240 = 795000 \text{ N}$$

$N_t = 736 < F_b = 795 \text{ kN}$ . Thoả mãn điều kiện về khả năng chống nén thủng.

## PHỤ LỤC

### Phụ lục 1. Cường độ tiêu chuẩn của bêtông (đơn vị: MPa)

Trạng thái	Loại bê tông	Cấp độ bền chịu nén									
		B10	B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50
Nén dọc trực (cường độ lăng trụ) $R_{bn}$	Bêtông nặng	7,5	9,5	11,0	15	18,5	22,0	25,5	29,0	32,0	36,0
	Bêtông hạt nhỏ										
	Bêtông nhẹ	7,5	9,5	11,0	15	18,5	22,0	25,5	29,0	-	-
Kéo dọc trực $R_{bn}$	Bêtông nặng	0,85	1,00	1,15	1,40	1,60	1,80	1,95	2,10	2,20	2,30
	Bêtông A	0,85	1,00	1,15	1,40	1,60	1,80	1,95	2,10	-	-
	Bêtông hạt nhỏ nhóm: B	0,70	0,85	0,95	1,15	1,35	1,50	-	-	-	-
	Bêtông C	-	-	1,15	1,40	1,60	1,80	1,95	2,10	2,20	2,30
	Bêtông đặc	0,85	1,00	1,15	1,40	1,60	1,80	1,95	2,10	-	-
nhẹ có rỗng	Bêtông rỗng	0,85	1,00	1,10	1,20	1,35	1,50	1,65	1,80	-	-
	Bêtông tổ ong	0,89	1,00	1,05	-	-	-	-	-	-	-
Trong các phụ lục 1, 3 và 4 chỉ cung cấp các số liệu thường gấp: cấp B10 đến B50. Với các cấp nhỏ hơn B10 và lớn hơn B50: tìm số liệu ở trong tiêu chuẩn TCXDVN 356 - 2005 hoặc ở các tài liệu tham khảo khác											

## **Phu lục 2. Hê số điều kiện làm việc của bêtông $\gamma_b$**

Các yếu tố cần kể đến hệ số điều kiện làm việc của bêtông		Hệ số điều kiện làm việc	
	Kí hiệu	Giá trị	
1. Tải trọng lặp (rung động)	$\gamma_{b1}$	(*)	
2. Tính chất tác dụng dài hạn của tải trọng: a) Khi kể đến tải trọng thường xuyên, tải trọng tạm thời dài hạn và tạm thời ngắn hạn, ngoại trừ tải trọng tác dụng ngắn hạn mà tổng thời gian tác dụng của chúng trong thời gian sử dụng nhỏ (ví dụ: tải trọng do cầu trục, do thiết bị băng tải, tải trọng gió, tải trọng xuất hiện trong quá trình sản xuất, vận chuyển và lắp dựng, v.v...); cũng như khi kể đến tải trọng đặc biệt gây biến dạng lún không đều, v.v... - Đối với bêtông nặng, bêtông hạt nhỏ, bêtông nhẹ đóng rắn tự nhiên và bêtông được dưỡng hộ nhiệt trong điều kiện môi trường: + Đảm bảo cho bêtông được tiếp tục tăng cường độ theo thời gian (ví dụ: môi trường nước, đất ẩm hoặc không khí có độ ẩm trên 75%) + Không đảm bảo cho bêtông được tiếp tục tăng cường độ theo thời gian (khô hanh) - Đối với bêtông tổ ong, bêtông rỗng không phụ thuộc vào điều kiện sử dụng b) Khi kể đến tải trọng tạm thời ngắn hạn (tác dụng ngắn hạn) trong tổ hợp đang xét hay tải trọng đặc biệt ** không nêu trong mục 2a, đối với các loại bêtông	$\gamma_{b2}$	1,00 0,90 0,85 1,10	
3. Độ bêtông theo phương đứng, mỗi lớp dày trên 1,5m đối với: - Bêtông nặng, bêtông nhẹ và bêtông hạt nhỏ - Bêtông tổ ong và bêtông rỗng	$\gamma_{b3}$	0,85 0,80	
4. Ảnh hưởng của trạng thái ứng suất hai trục "nén - kéo" đến cường độ bêtông	$\gamma_{b4}$	(*)	
5. Độ bêtông theo phương đứng, kích thước lớn nhất của tiết diện cột nhỏ hơn 300mm	$\gamma_{b5}$	0,85	
6. Giai đoạn ứng lực trước kết cấu	$\gamma_{b6}$	(*)	
7. Kết cấu bêtông	$\gamma_{b7}$	(*)	
8. Kết cấu bêtông làm từ bêtông cường độ cao	$\gamma_{b8}$	(*)	
9. Độ ẩm của bêtông tổ ong W + 10% và nhỏ hơn + Lớn hơn 25% + $10\% < W < 25\%$	$\gamma_{b9}$	1,00 0,85 Nội suy	

Các yếu tố cần kể đến hệ số điều kiện làm việc của bêtông	Hệ số điều kiện làm việc	
	Kí hiệu	Giá trị
10. Bêtông đổ chèn mối nối cấu kiện lắp ghép khi chiều rộng mối nối nhỏ hơn $1/5$ kích thước của cấu kiện và nhỏ hơn 100mm	$\gamma_{b10}$	1,15
(*) Các số liệu ra ngoài phạm vi của tài liệu, xin xem ở Tiêu chuẩn thiết kế TCXDVN 356 - 2006. Ở đây không đưa ra vì khá phức tạp.		
**. Khi đưa thêm hệ số điều kiện làm việc bổ sung trong trường hợp kể đến tải trọng đặc biệt theo chỉ dẫn của tiêu chuẩn tương ứng (ví dụ: khi kể đến tải trọng động đất) thì lấy $\gamma_{b2} = 1,00$ .		
<b>Chú thích:</b>		
1. Hệ số điều kiện làm việc.		
+ Lấy theo mục 1, 2, 7, 9: cần được kể đến khi xác định cường độ tính toán $R_b$ và $R_{bt}$		
+ Lấy theo mục 4 cần được kể đến khi xác định $R_{bt.ser}$		
+ Còn theo các mục khác chỉ kể đến khi xác định $R_b$ .		
2. Đối với kết cấu chịu tác dụng của tải trọng lắp hệ số $\gamma_{b2}$ được kể đến khi tính toán theo độ bền còn $\gamma_{b1}$ khi tính toán theo độ bền mới và theo điều kiện hình thành khe nứt.		
3. Khi tính toán kết cấu chịu tải trọng trong giai đoạn ứng lực trước, hệ số $\gamma_{b2}$ không cần kể đến		
4. Các hệ số điều kiện làm việc của bêtông được kể đến khi tính toán không phụ thuộc lẫn nhau, nhưng tích của chúng không được nhỏ hơn 0,45.		

**Phụ lục 3. Cường độ tính toán gốc của bêtông khi tính theo trạng thái giới hạn thứ nhất  
(đơn vị MPa)**

Trạng thái	Loại bêtông	Cấp độ bền chịu nén									
		B10	B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50
Nén dọc trục (cường độ lăng trụ) $R_b$	Bêtông nặng, Bêtông hạt nhỏ	6,0	7,5	8,5	11,5	14,5	17,0	19,5	22,0	25,0	27,5
	Bêtông nhẹ	6,0	7,5	8,5	11,5	14,5	17,0	19,5	22,0	-	-
	Bêtông tổ ong	6,0	7,0	7,7	-	-	-	-	-	-	-
Kéo dọc trục $R_{bt}$	Bêtông nặng	0,57	0,66	0,75	0,90	1,05	1,20	1,30	1,40	1,48	1,55
	Bêtông hạt nhỏ nhôm:	A	0,57	0,66	0,75	0,90	1,05	1,20	1,30	1,40	-
	B	0,45	0,51	0,64	0,77	0,90	1,00	-	-	-	
	C	-	-	0,75	0,90	1,05	1,20	1,30	1,40	1,48	
	Bêtông đặc	0,57	0,66	0,75	0,90	1,05	1,20	1,30	1,40	-	-
	rỗng	0,57	0,66	0,74	0,8	0,9	1,00	1,10	1,20	-	-
Bêtông tổ ong		0,39	0,44	0,46	-	-	-	-	-	-	-

*Ghi chú:* 1. Cường độ tính toán của bêtông được lấy bằng giá trị trong bảng nhân với các hệ số  $\gamma_{bi}$  cho ở phụ lục 2.

2. Đối với bêtông Keramdit - Perlit giá trị  $R_{bt}$  lấy bằng giá trị của bêtông nhẹ cốt liệu rỗng nhân với 0,85.

3. Đối với bêtông rỗng giá trị  $R_b$  được lấy như đối với bêtông nhẹ còn giá trị  $R_{bt}$  nhân thêm với 0,7.

4. Xem ghi chú ở phụ lục 1.

**Phụ lục 4. Mô đun đàn hồi của bêtông  $E_b$**   
**(đơn vị : 1000 MPa)**

Loại bê tông		Cấp độ bền chịu nén									
		B10	B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50
Bêtông nặng	Đóng rắn tự nhiên	18,0	21,0	23,0	27,0	30,0	32,5	34,5	36,0	37,5	39,0
	Dưỡng hộ nhiệt ở áp suất khí quyển	16,0	19,0	20,5	24,0	27,0	29,0	31,0	32,5	34,0	35,0
	Chưng áp	13,5	16,0	17,0	20,0	22,5	24,5	26,0	27,0	28,0	29,0
Bêtông hạt nhỏ nhóm	A	đóng rắn tự nhiên	15,5	17,5	19,5	22,0	24,0	26,0	27,5	28,5	-
		dưỡng hộ nhiệt ở áp suất khí quyển	14,0	15,5	17,0	20,0	21,5	23,0	24,0	24,5	-
	B	đóng rắn tự nhiên	14,0	15,5	17,0	20,0	21,5	23,0	-	-	-
		dưỡng hộ nhiệt ở áp suất khí quyển	13,0	14,5	15,5	17,5	19,0	20,5	-	-	-
	C	chưng áp	-	-	16,5	18,0	19,5	21,0	22,0	23,0	23,5
											24,0
Bêtông nhẹ và và bêtông rỗng	D1000	8,0	8,4	-	-	-	-	-	-	-	-
	D1200	9,5	10,0	10,5	-	-	-	-	-	-	-
	D 1600	12,5	13,2	14,0	15,5	16,5	17,5	18,0	-	-	-
	D 2000	16,0	17,0	18,0	19,5	21,0	22,0	23,0	23,5	-	-
<i>Ghi chú:</i> D là mác bêtông theo khối lượng thể tích trung bình. Với các D ở khoảng giữa lấy $E_b$ theo nội suy tuyến tính.											

**Phụ lục 5. Cường độ tiêu chuẩn của cốt thép  $R_{sn}$**

Tiêu chuẩn	Nhóm, loại cốt thép	Giá trị $R_{sn}$ - MPa
TCVN 1651 - 1985	CI	235
	CII	295
	CIII	390
	CTV	590
TCVN 6285 - 1997	RB 300	300
	RB 400, RB400 W	400
	RB500, RB 500W	500
Tiêu chuẩn của nước Nga	AI	235
	AII	295
	AIII	390
	AIV	590
	AV	788
	AVI	980
	A <sub>T</sub> VII	1175
	AIII <sub>B</sub>	540
Xem cách phân nhóm phân loại cốt thép ở mục 2.3		

**Phụ lục 6. Cường độ tính toán của cốt thép: MPa**

Nhóm, loại cốt thép	Cường độ chịu kéo		Cường độ chịu nén $R_{sc}$
	Cốt thép dọc $R_s$	Cốt thép ngang (CT đai, CT xiên) $R_{sw}$	
CI, AI	225	175	225
CII, AII, RB300	280	225	280
AIII có đường kính $6 \div 8\text{mm}$	355	285 (255)	355
CIII, AIII, RB400, RB400W có đường kính $10 \div 40\text{mm}$	365	290 (255)	365
RB500, RB500W	400	320	400
C IV, A IV	510	405	450 (400)
AV	680	545	500 (400)
AVI	815	650	500 (400)
AIII <sub>B</sub>	Có kiểm soát độ giãn dài và ứng suất	490	390
	Chỉ kiểm soát độ giãn dài	450	360
			200

**Ghi chú:** 1. Cường độ tính toán của cốt thép  $R_s$ ,  $R_{sw}$ ,  $R_{sc}$  lấy theo giá trị trong bảng. Trong một số trường hợp cần phải nhân các giá trị đã cho với hệ số điều kiện làm việc  $\gamma_{si}$  cho ở phụ lục 7.

2. Trong khung cốt thép hàn, với cốt thép đai CIII, AIII, RB400, RB400W có đường kính nhỏ hơn  $\frac{1}{3}$  đường kính cốt thép dọc thì lấy  $R_{sw} = 255$ .

3. Giá trị  $R_{sc} = 450$  và  $500$  cho trong bảng là dùng cho kết cấu làm bằng bêtông nặng, bêtông hạt nhỏ, bêtông nhẹ khi trong tính toán kể đến tải trọng theo mục 2a ở phụ lục 2, cần lấy  $R_{sc} = 400$  khi kể đến tải trọng theo mục 2b. Đối với kết cấu làm từ bêtông tổ ong và bêtông rỗng, trong mọi trường hợp lấy  $R_{sc} = 400$ .

**Phụ lục 7. Hệ số điều kiện làm việc của cốt thép  $\gamma_{si}$**

Các yếu tố cần kể đến hệ số điều kiện làm việc của cốt thép	Đặc trưng của cốt thép	Nhóm, loại cốt thép	Hệ số ĐKLV	
			Ký hiệu	Giá trị
1. Cốt thép chịu lực cắt	Cốt thép ngang	Tất cả	$\gamma_{s1}$	(1)
2. Có liên kết hàn cốt thép khi chịu lực cắt	Cốt thép ngang	CIII, AIII, RB400, RB400W	$\gamma_{s2}$	(1)
3. Tải trọng lắp	Cốt thép dọc và cốt thép ngang	Tất cả	$\gamma_{s3}$	(2)
4. Có nỗi hàn khi chịu tải trọng lắp	Cốt thép dọc và cốt thép ngang	Các loại cốt thép hàn được	$\gamma_{s4}$	(2)
5. Đoạn truyền ứng suất đối với cốt thép không neo và đoạn neo cốt thép thường	Cốt thép dọc căng trước	Tất cả	$\gamma_{s5}$	$l_x/l_p$ (3)
	Cốt thép dọc không căng (thường)	Tất cả	$\gamma_{s5}$	$l_x/l_{an}$ (3)
6. Cốt thép cường độ cao làm việc trong điều kiện ứng suất lớn hơn giới hạn chảy quy ước	Cốt thép dọc chịu kéo	CIV, AIV, AV, AVI, AT VII	$\gamma_{s6}$	(2)
7. Cấu kiện làm từ bê tông nhẹ cấp B7,5 và thấp hơn	Cốt thép ngang	CI, AI	$\gamma_{s7}$	0,8
8. Cấu kiện làm từ bê tông tổ ong cấp B7,5 và thấp hơn	Cốt thép dọc chịu nén	Tất cả	$\gamma_{s8}$	$\frac{190 + 40B}{R_{sc}} \leq 1$
	Cốt thép ngang	Tất cả	$\gamma_{s8}$	$\frac{25B}{R_{sw}} \leq 1$
9. Lớp bảo vệ cốt thép trong kết cấu làm từ bê tông tổ ong	Cốt thép dọc chịu nén	Tất cả	$\gamma_{s9}$	(2)
<p><i>Ghi chú:</i> (1) Các hệ số <math>\gamma_{s1}</math> và <math>\gamma_{s2}</math> đã được kể đến khi quy định <math>R_{sw}</math> trong phụ lục 6.</p> <p>(2) các số liệu được lấy theo TCXDVN 356-2005. Ở đây không đưa ra vì không dùng đến và khá phức tạp.</p> <p>(3) Định nghĩa: <math>l_x</math> - khoảng cách kể từ đầu đoạn truyền ứng suất đến tiết diện tính toán; <math>l_p, l_{an}</math> - tương ứng là chiều dài đoạn truyền ứng suất và chiều dài đoạn neo cốt thép theo tính toán.</p>				

**Phụ lục 8. Môđun đàn hồi của cốt thép E<sub>s</sub>**

Nhóm, loại cốt thép	CI, AI, CII AII, RB300	CIII, AIII, RB400 RB400W	CIV, AIV, AV, AVI RB500, RB500W	AIII <sub>B</sub>
E <sub>s</sub> : MPa	210000	200000	190000	180000

**Phụ lục 9A. Hệ số ξ<sub>R</sub> đối với kết cấu làm bằng bêtông nặng, tính toán nội lực theo sơ đồ đàn hồi**

Hệ số ĐKLV của bêtông γ <sub>b2</sub>	Kí hiệu hệ số	Giá trị hệ số ω và ξ <sub>R</sub> ứng với các cấp bê tông									
		B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	
γ <sub>b2</sub> = 0,9	ξ <sub>R</sub> ứng với các giá trị của R <sub>s</sub>	ω	0,796	0,788	0,767	0,746	0,720	0,710	0,692	0,670	0,652
		R <sub>s</sub> = 225	0,689	0,680	0,655	0,631	0,611	0,591	0,572	0,549	0,530
		280	0,667	0,658	0,633	0,608	0,588	0,568	0,549	0,526	0,507
		365	0,635	0,627	0,601	0,576	0,555	0,536	0,516	0,493	0,475
		400	0,623	0,614	0,589	0,564	0,543	0,523	0,504	0,481	0,463
		510	0,588	0,579	0,553	0,528	0,508	0,488	0,469	0,447	0,429
γ <sub>b2</sub> = 1	ξ <sub>R</sub> ứng với các giá trị của R <sub>s</sub>	ω	0,790	0,782	0,758	0,734	0,714	0,694	0,674	0,650	0,630
		R <sub>s</sub> = 225	0,682	0,672	0,645	0,618	0,596	0,574	0,553	0,528	0,508
		280	0,659	0,650	0,622	0,595	0,573	0,551	0,530	0,505	0,485
		365	0,628	0,618	0,590	0,563	0,540	0,519	0,498	0,473	0,453
		400	0,616	0,606	0,578	0,550	0,528	0,507	0,485	0,461	0,441
		510	0,581	0,571	0,542	0,515	0,493	0,472	0,451	0,427	0,407
γ <sub>b2</sub> = 1,1	ξ <sub>R</sub> ứng với các giá trị của R <sub>s</sub>	ω	0,784	0,775	0,749	0,722	0,700	0,678	0,656	0,630	0,608
		R <sub>s</sub> = 225	0,675	0,664	0,634	0,605	0,581	0,558	0,535	0,508	0,485
		280	0,652	0,642	0,612	0,582	0,558	0,534	0,511	0,484	0,463
		365	0,621	0,610	0,579	0,550	0,526	0,502	0,479	0,453	0,431
		400	0,609	0,598	0,567	0,537	0,513	0,490	0,467	0,441	0,420
		510	0,573	0,563	0,532	0,502	0,478	0,455	0,433	0,407	0,378
ω = α - 0,008 R <sub>b</sub> . Với bêtông nặng α = 0,85.											
$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{R_s}{\sigma_{cs.u}} \left( 1 - \frac{\omega}{1,1} \right)}$ . Trong bảng trên tính với σ <sub>sc.u</sub> = 400.											

**Phụ lục 9B. Hệ số  $\xi_d$  giới hạn chiều cao vùng nén ,  
khi nội lực được tính toán theo sơ đồ dẻo**

Cấp cường độ của bê tông	$\leq B25$	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
Giá trị của $\xi_d$	0,37	0,36	0,35	0,34	0,33	0,32	0,31	0,30

**Phụ lục 10. Các hệ số  $\xi$ ,  $\gamma$ ,  $\alpha_m$  để tính toán cấu kiện**

$\xi$	$\gamma$	$\alpha_m$	$\xi$	$\gamma$	$\alpha_m$	$\xi$	$\gamma$	$\alpha_m$
0,01	0,995	0,010	0,25	0,875	0,219	0,49	0,755	0,370
0,02	0,990	0,020	0,26	0,870	0,226	0,50	0,750	0,375
0,03	0,985	0,030	0,27	0,865	0,234	0,51	0,745	0,380
0,04	0,980	0,039	0,28	0,860	0,241	0,52	0,740	0,385
0,05	0,975	0,049	0,29	0,855	0,248	0,53	0,735	0,390
0,06	0,970	0,058	0,30	0,850	0,255	0,54	0,730	0,394
0,07	0,965	0,068	0,31	0,845	0,262	0,55	0,725	0,399
0,08	0,960	0,077	0,32	0,840	0,269	0,56	0,720	0,403
0,09	0,955	0,086	0,33	0,835	0,276	0,57	0,715	0,407
0,10	0,950	0,095	0,34	0,830	0,282	0,58	0,710	0,412
0,11	0,945	0,104	0,35	0,825	0,289	0,59	0,705	0,416
0,12	0,940	0,113	0,36	0,820	0,295	0,60	0,700	0,420
0,13	0,935	0,122	0,37	0,815	0,302	0,61	0,695	0,424
0,14	0,930	0,130	0,38	0,810	0,308	0,62	0,690	0,428
0,15	0,925	0,139	0,39	0,805	0,314	0,63	0,685	0,431
0,16	0,920	0,147	0,40	0,800	0,320	0,64	0,680	0,435
0,17	0,915	0,156	0,41	0,795	0,326	0,65	0,675	0,438
0,18	0,910	0,164	0,42	0,790	0,332	0,66	0,670	0,442
0,19	0,905	0,172	0,43	0,785	0,338	0,67	0,665	0,445
0,20	0,900	0,180	0,44	0,780	0,343	0,68	0,660	0,449
0,21	0,895	0,188	0,45	0,775	0,349	0,69	0,655	0,452
0,22	0,890	0,196	0,46	0,770	0,354	0,70	0,650	0,455
0,23	0,885	0,204	0,47	0,765	0,360	$\gamma = 1 - 0,5\xi$ ; $\alpha_m = \xi\gamma$		
0,24	0,880	0,211	0,48	0,760	0,365			

**Phụ lục 11. Bảng tra diện tích và trọng lượng cốt thép**

∅ mm	Diện tích tiết diện ngang - mm <sup>2</sup> - ứng với số thanh									Trọng lượng 1 mét (kG)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
6	28,3	57	85	113	142	170	198	226	255	0,222
8	50,3	100	151	201	251	302	352	402	453	0,395
10	78,5	157	236	314	392	471	550	628	707	0,617
12	113	226	339	452	565	678	792	905	1018	0,888
14	154	308	462	616	769	923	1077	1231	1385	1,208
16	201	402	603	804	1005	1206	1407	1608	1810	1,578
18	254	509	763	1018	1272	1527	1781	2036	2290	1,998
20	314	628	942	1256	1571	1885	2199	2514	2827	2,466
22	380	760	1140	1520	1900	2281	2661	3041	3421	2,984
25	491	982	1473	1963	2454	2945	3436	3927	4418	3,853
28	615	1231	1847	2463	3079	3695	4310	4926	5542	4,834
30	707	1414	2121	2828	3534	4241	4948	5655	6362	5,549
32	804	1608	2412	3217	4021	4825	5630	6434	7238	6,313
36	1018	2036	3054	4072	5090	6108	7126	8144	9162	7,990
40	1256	2512	3768	5024	6280	7536	8792	10048	11304	9,870

### Các kí hiệu đã dùng

Kí hiệu	Giải thích, định nghĩa	Đơn vị dùng trong tính toán	Nguồn gốc
a, a'	Chiều dày lớp đệm, bằng khoảng cách từ trọng tâm A <sub>s</sub> đến mép chịu kéo (a) và từ trọng tâm A' <sub>s</sub> đến mép chịu nén (a')	mm	mục 3.1.2
a <sub>t</sub> , a <sub>d</sub>	Là a hoặc a' đối với cốt thép đặt phía trên (a <sub>t</sub> ) và cốt thép đặt phía dưới (a <sub>d</sub> )	mm	
a <sub>g</sub>	Đoạn dầm gần gối tựa cần đặt cốt đai dày	mm	mục 4.2
A <sub>b</sub>	Diện tích tiết diện bêtông	mm <sup>2</sup>	
A <sub>s</sub>	Diện tích tiết diện cốt thép dọc chịu kéo	mm <sup>2</sup>	mục 3.1.2
A' <sub>s</sub>	Diện tích tiết diện cốt thép dọc chịu nén	mm <sup>2</sup>	mục 3.1.2
A <sub>sw</sub>	- Diện tích tiết diện một lớp cốt thép đai (trong dầm) - Diện tích tiết diện một thanh cốt thép ngang (tính toán về nén thủng)	mm <sup>2</sup>	mục 4.3.1 mục 5.5.3
A <sub>s,inc</sub>	Diện tích tiết diện một lớp cốt thép xiên	mm <sup>2</sup>	mục 5.2.2
b	Bề rộng tiết diện chữ nhật, sườn của tiết diện chữ T	mm	mục 3.1.2
b <sub>f</sub>	Bề rộng cánh của tiết diện chữ T	mm	mục 3.4.1.
B	Kí hiệu cấp độ bền của bêtông	-	mục 2.2.2
C	Chiều dài hình chiếu tiết diện nghiêng	mm	mục 4.3.1
C <sub>o</sub>	Giá trị C để tính cốt thép đai	mm	mục 4.3.3
C <sub>1</sub>	Giá trị gân đúng dần (lần 1) để tính C	mm	mục 5.1.2
C <sub>*</sub>	Giá trị sơ bộ của C và C <sub>o</sub>	mm	mục 4.5.1
C <sub>t</sub>	Hình chiếu mặt bên của tháp nén thủng hạn chế	mm	mục 5.5.2
CI, CII...	Kí hiệu nhóm cốt thép	-	mục 2.3
E <sub>b</sub>	Môđun đàn hồi của bêtông	MPa	Phụ lục 4
E <sub>s</sub>	Môđun đàn hồi của cốt thép	MPa	Phụ lục 8
F	Kí hiệu tải trọng tập trung (F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub> ...)	N, kN	
F <sub>b</sub>	Khả năng chống nén thủng của bêtông	N, kN	mục 5.5.2
F <sub>sw</sub>	Khả năng chống nén thủng của cốt thép ngang	N, kN	mục 5.5.3
F <sub>bsw</sub>	Khả năng chống nén thủng của bêtông và cốt thép ngang	N, kN	mục 5.5.3
g	tải trọng thường xuyên	kN/m <sup>2</sup>	

Kí hiệu	Giải thích, định nghĩa	Đơn vị dùng trong tính toán	Nguồn gốc
$h$	chiều cao tiết diện	mm	mục 3.1.2
$h_o$	chiều cao làm việc	mm	mục 3.1.2
$h_{otb}$	chiều cao làm việc trung bình (trong một đoạn dầm có $h$ thay đổi)	mm	mục 5.1
$h_f$	chiều cao cánh tiết diện chữ T	mm	mục 3.4.1
$i$	Độ dốc mặt nghiêng của dầm	-	mục 5.1
$k_b$	Hệ số độ tin cậy (an toàn) của bêtông	-	mục 2.1.4
$k_s$	Hệ số độ tin cậy của cốt thép	-	mục 2.4.3
$kN$	Kí hiệu của kilô Niuton - Đơn vị lực		
$l$	Nhip của dầm	m, mm	
$l_o$	Chiều dài tính toán của cột	m, mm	
$l_1, l_2$	Chiều dài đoạn dầm đặt cốt thép đai với khoảng cách $s_1, s_2$	mm	mục 4.4.1
$M$	Kí hiệu mác bêtông theo TCVN 5574	-	mục 2.2
$M$	Kí hiệu mômen uốn.	$kNm, N.mm$	mục 3.1.3
$M_{gh}$	Khả năng chịu momen của tiết diện		mục 3.1.3
$M_f$	Momen phân giới của tiết diện chữ T		mục 3.4.5
$M_b$	Giá trị mômen dùng để tính $Q_b$		Công thức (4.11)
$N$	Kí hiệu Niuton - đơn vị lực		
$N$	Kí hiệu lực dọc (nén, kéo)	$N, kN$	mục 4.3.1
$p$	- Tải trọng tạm thời - Phản áp lực đất dưới móng		
$q_1$	Tải trọng phân bố lên mép trên của dầm	$N/mm$ $kN/m$	mục 4.4.1
$q_{sw}$	Khả năng chịu lực của cốt thép đai tính thành phân bố đều	$N/mm$ $kN/m$	CT (4.13)
$Q$	Lực cắt tính toán	$N ; kN$	mục 4.3.1
$Q_A$	Lực cắt lớn nhất trong một đoạn dầm		mục 4.3.2
$Q_{bo}$	Khả năng chịu cắt của bêtông		CT(4.1)
$Q_o$	Khả năng chịu cắt của bêtông (P.P thực hành)		CT (4.45)
$Q_b$	Khả năng chịu cắt của bêtông trên tiết diện nghiêng		mục 4.3.3
$Q_{bmin}$	Giá trị nhỏ nhất của $Q_b$		CT (4.12)

Kí hiệu	Giải thích, định nghĩa	Đơn vị dùng trong tính toán	Nguồn gốc
$Q_{b3}$	Giá trị nhỏ nhất của $Q_{bo}$		CT (4.5)
$Q_{bt}$	Khả năng chịu cắt theo điều kiện ứng suất nén chính		CT (4.7)
$Q_{bl}$	Giá trị tham khảo của $Q_b$		CT (4.22)
$Q_{sw}$	Khả năng chống lực cắt của các cốt thép đai trên tiết diện nghiêng		mục 4.3.3
$Q_{bsw}$	Khả năng chống cắt của bêtông và cốt thép đai trên tiết diện nghiêng	.	mục 4.3.3
$Q_{s,inc}$	Khả năng chống cắt của cốt thép xiên		mục 4.3.3
$r$	Bán kính quán tính của tiết diện	mm	bảng 1.1
$R_A$	Phản lực tại gối tựa A của dầm	N, kN	
$R_i$	Cường độ của mẫu thử (bêtông) thứ i	MPa	mục 2.1.1
$R_{ib}$	Giá trị trung bình cường độ các mẫu thử (cường độ trung bình)	MPa	mục 2.1.1
$R_c$	Giá trị đặc trưng của cường độ (cường độ đặc trưng)	MPa	mục 2.1.2
$R_{bn}$	Giá trị tiêu chuẩn của cường độ chịu nén	MPa	mục 2.1.3 Phụ lục 1
$R_b; R_{bt}$	Giá trị tính toán của cường độ (cường độ tính toán về nén $R_b$ và về kéo $R_{bt}$ )	MPa	mục 2.1.4 Phụ lục 3
$R_{sn}$	Giá trị tiêu chuẩn cường độ cốt thép	MPa	mục 2.4.2 Phụ lục 5
$R_s, R_{sc}$	Cường độ tính toán về kéo và nén của cốt thép dọc		mục 2.4.3 Phụ lục 6
$R_{sw}$	Cường độ tính toán của cốt thép ngang	MPa	
$s$	Khoảng cách cốt thép đai (bước)	mm	mục 4.2
$s_1, s_2$	Khoảng cách thay đổi của cốt thép đai	mm	mục 4.2
$s_1, s_2$	Khoảng cách giữa các lớp cốt thép xiên	mm	mục 5.2.1
$s_f$	Độ vươn của cánh chữ T	mm	mục 3.4.1
$S$	Hệ số để tính $R_c$ (theo xác suất)		mục 2.1.2
$S_o$	Phạm vi đặt cốt thép ngang chống nén thủng	mm	mục 5.5.3
$S_t$	Đáy lớn của tháp bị cắt đáy	mm	mục 5.4.1
$S_x$	Đoạn dầm cần đặt cốt thép xiên	mm	mục 5.2.1
$t$	Khe hở giữa các cốt thép	mm	.

Kí hiệu	Giải thích, định nghĩa	Đơn vị dùng trong tính toán	Nguồn gốc
$u$	Khoảng cách giữa các lực tập trung ( $u_1, u_2$ )	mm	hình 5.5
$u_f$	Gía trị để tính $\varphi_n$ của tiết diện chữ T	mm	mục 4.3.3
$U_m$	Giá trị trung bình của chu vi tháp nén thủng	mm	mục 5.5.2
$v$	Khoảng cách từ gối tựa đến lực tập trung ( $v_1; v_2\dots$ )	mm	mục 4.2
$w$	Đoạn neo cốt thép dọc (cắt lí thuyết)	mm	mục 3.5.2
$x$	chiều cao vùng bêtông chịu nén	mm	
$x_o$	Toạ độ có $M = 0$ trên biểu đồ mômen	mm	CT (3.32)
$x_k$	Toạ độ điểm cắt lí thuyết cốt thép số k	mm	mục 3.5.3
$Z$	Cánh tay đòn nội lực	mm	CT (3.14)
$Z_a$	Khoảng cách giữa trọng tâm $A_s$ và $A'_s$	mm	
$Z_b$	Cánh tay đòn nội lực tiết diện đặt cốt thép đơn	mm	CT (3.16)
$Z_A$	Đoạn dầm có $Q > Q_{bo}$ , cần tính toán cốt thép đai	mm	mục 4.4.1
$Z_k$	Toạ độ điểm cắt lí thuyết cốt thép số k ( $Z_k$ và $x_k$ liên hiệp với nhau)	mm	mục 3.5.3
$\alpha$	Hệ số để xác định $\omega, \xi_R$	-	mục 2.5.1
$\alpha, \alpha_l$	Góc nghiêng mặt bên của tháp nén thủng	độ	mục 5.5.1
$\alpha_b$	Hệ số đổi đơn vị từ $kG/cm^2$ sang MPa	-	CT (2.5)
$\alpha_m$	Hệ số tính toán tiết diện	-	CT (3.6) Phụ lục 10
$\alpha_m^*$	Một biểu thức của $\alpha_m$	-	CT (3.22)
$\alpha_s$	Tỉ số môđun đàn hồi $E_s/E_b$	-	mục 4.3.2
$\alpha_l$	Hệ số tính toán về nén thủng	-	mục 5.5.2
$\beta$	Hệ số để tính $\varphi_{bl}$	-	bảng 4.1
$\beta_b$	Hệ số đồng chất của bêtông	-	mục 2.1.2
$\gamma$	Hệ số tính toán tiết diện	-	CT (3.6) Phụ lục 10
$\gamma_b$	Hệ số điều kiện làm việc của bêtông	-	mục 2.1.4 Phụ lục 10
$\gamma_s$	Hệ số điều kiện làm việc của cốt thép	-	mục 2.4.3 Phụ lục 7
$\theta$	Góc nghiêng của cốt thép xiên	độ, Radian	mục 5.2.1
$\theta_{kc}$	Hệ số kết cấu	-	mục 2.1.3
$\omega$	Hệ số đặc trưng vùng nén của bêtông	-	mục 2.5.1

Kí hiệu	Giải thích, định nghĩa	Đơn vị dùng trong tính toán	Nguồn gốc
$\varphi_{b1}$	Hệ số để tính $Q_{bi}$	-	CT (4.7)
$\varphi_{b2}, \varphi_{b3}, \varphi_{b4}$	Các hệ số để tính $Q_b, Q_{bmin}, M_b$	-	mục 4.3.3 bảng 4.1
$\varphi_{wl}$	Hệ số của cốt đai để tính $Q_{bi}$	-	CT (4.8)
$\varphi_f$	Hệ số phụ thuộc cánh chữ T chịu nén	-	CT (4.11)
$\varphi_n$	Hệ số phụ thuộc lực dọc N	-	CT (4.1)
$\xi$	Tỉ số chiều cao vùng nén $x/h_o$	-	CT (3.6)
$\xi_R$	Giới hạn của $\xi$ dùng trong tính toán		mục 2.5.1. Phụ lục 9A
$\xi_d$	Hệ số giới hạn của $\xi$ khi nội lực được tính theo sơ đồ dẻo	-	mục 2.5.2 Phụ lục 9B
$\mu$	Tỉ số cốt thép	-	mục 1.5.6
$\mu_{min}$	Giới hạn bé nhất của tỉ số cốt thép	-	bảng 1.1
$\mu_w$	Tỉ số cốt thép đai	-	mục 4.3.2
$\sigma$	Hệ số biến động về cường độ mẫu thử	-	mục 2.1.2
$\sigma_s$	Ứng suất trong cốt thép chịu kéo	MPa	mục 3.2.3
$\sigma_{sc.u}$	Ứng suất giới hạn của cốt thép ở vùng nén	MPa	mục 2.5.1
$\chi$	Tỉ số của lực cắt	-	mục 4.4.2

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tiêu chuẩn TCXDVN 356-2005. *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế.*
2. Tiêu chuẩn TCVN 5574 - 1991. *Kết cấu bê tông cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế.*
3. Tiêu chuẩn TCVN 3118 - 1993. *Bê tông nén - Phương pháp thử cường độ chịu nén.*
4. Tiêu chuẩn TCVN 1651 - 1981. *Thép cốt bê tông cán nóng.*
5. Tiêu chuẩn TCVN 6285 - 1997. *Thép cốt bê tông - Thép thanh vằn.*
6. Nguyễn Đình Cống. *Giáo trình kết cấu bê tông cốt thép.* Nhà xuất bản Xây dựng, 2004.
7. Ngô Thế Phong, Nguyễn Đình Cống... *Kết cấu bê tông - cốt thép.* Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật 2003.
8. Phan Quang Minh, Ngô Thế Phong, Nguyễn Đình Cống. *Kết cấu bê tông cốt thép.* Nhà xuất bản Khoa học Kĩ thuật 2006.
9. Paxôbie pô prôektirôvanhie bêtonnux i jêlezôbêtonnux construkxi.
10. V.M. Bondarenkô. *Jêlezôbêtonnue i Kamennue construkxi.* Mockva 2004..

# MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
<i>Lời nói đầu</i>	3
<b>Chương 1. Nguyên tắc chung về thiết kế kết cấu bêtông cốt thép</b>	
1.1. Các bước thiết kế	5
1.2. Nội lực	5
1.3. Phương pháp trạng thái giới hạn	5
1.4. Công thức lí thuyết và công thức thực nghiệm	6
1.5. Một số vấn đề cơ bản về cấu tạo	7
<b>Chương 2. Số liệu cơ bản để tính toán</b>	
2.1. Cường độ của bêtông	11
2.2. Mác và cấp độ bền của bêtông	12
2.3. Các loại cốt thép	13
2.4. Cường độ của cốt thép	14
2.5. Hệ số giới hạn chiều cao vùng nén $\xi_R$ và $\xi_d$	14
<b>Chương 3. Tính toán cốt thép dọc cấu kiện chịu uốn</b>	
3.1. Đại cương về tính toán cấu kiện chịu uốn	17
3.2. Tiết diện chữ nhật đặt cốt thép đơn	18
3.3. Tiết diện chữ nhật đặt cốt thép kép	25
3.4. Tiết diện chữ T	32
3.5. Hình bao vật liệu	39
<b>Chương 4. Tính toán cốt thép đai của đầm có tiết diện không đổi</b>	
4.1. Đại cương về sự chịu lực cắt	49
4.2. Quy định cấu tạo của cốt thép đai	50
4.3. Quy định tính toán của tiêu chuẩn TCXDVN 356-2005	52
4.4. Tính toán theo tài liệu của Nga (tài liệu tham khảo 9 và 10)	54
4.5. Phương pháp tính toán thực hành	70
<b>Chương 5. Một số trường hợp đặc biệt về tính toán chịu lực cắt</b>	
5.1. Đầm có tiết diện thay đổi	80
5.2. Đầm có đặt cốt thép xiên	93
5.3. Tính toán bùn chịu cắt	98
5.4. Cốt thép treo	102
5.5. Nén thủng	104
<b>Phụ lục</b>	114
<b>Tài liệu tham khảo</b>	130
	131

# TÍNH TOÁN THỰC HÀNH CẤU KIỆN BÊ TÔNG CỐT THÉP THEO TIÊU CHUẨN TCXDVN 356 - 2005

TẬP I

(Tái bản)

*Chịu trách nhiệm xuất bản :*

**BÙI HỮU HẠNH**

*Biên tập :* TÀ HẢI PHONG  
*Chép bản :* PHẠM HỒNG LÊ  
*Sửa bản in :* TÀ HẢI PHONG  
*Trình bày bìa :* VŨ BÌNH MINH

---

In 500 cuốn khổ 19 x 27cm tại Xưởng in Nhà xuất bản Xây dựng. Giấy chấp nhận đăng ký kế hoạch  
xuất bản số 50-2009/CXB/386-92/XD ngày 13-1-2009. In xong nộp lưu chiểu tháng 3-2009.

**6X - 6X2**  
**XD - 2009** 50 - 2009

**Giá : 40.000đ**