

Chương 7:

CẤU KIỆN CHỊU KÉO VÀ XOẮN

Mục tiêu và nội dung cơ bản của chương 7 trình bày các vấn đề:

Giới thiệu chung về cấu kiện chịu kéo và xoắn.

Cấu tạo cấu kiện chịu kéo (đúng tâm và lệch tâm) và cấu kiện chịu xoắn (uốn xoắn), từ đó người học có thể vận dụng để cấu tạo các cấu kiện chịu kéo và xoắn theo đúng quy định về cấu tạo.

Tính toán cấu kiện chịu kéo đúng tâm, kéo lệch tâm, uốn xoắn bao gồm: sơ đồ ứng suất, các phương trình cơ bản, điều kiện hạn chế, các bài toán vận dụng, từ đó có thể hiểu và vận dụng được để tính toán và thiết kế.

PHẦN A: CẤU KIỆN CHỊU KÉO

7.1. ĐẠI CƯƠNG VỀ CẤU KIỆN CHỊU KÉO

7.1.1. Định nghĩa và phân loại

Cấu kiện chịu kéo là cấu kiện chịu lực kéo theo phương dọc trục cấu kiện. Tùy theo vị trí của N mà ta có kéo đúng tâm hoặc kéo lệch tâm.

Khi chỉ có lực kéo tác dụng dọc theo trục cấu kiện, có trường hợp kéo đúng tâm.

Khi ngoài lực kéo còn có tác dụng của mômen uốn, ta có trường hợp kéo lệch tâm. Cấu kiện chịu kéo thường gặp là các thanh kéo trong dàn, thanh treo và thanh căng của vòm, thành của các bể chứa, xilô, ống dẫn chịu áp lực từ trong ra,...

Trong cấu kiện chịu kéo lệch tâm, cốt thép dọc chịu lực gồm:

- A_s đặt ở phía chịu kéo nhiều
- A'_s đặt ở phía chịu kéo ít hoặc chịu nén.

Khi N đặt trong phạm vi hai cốt thép A_s và A'_s , ta có trường hợp lệch tâm bé và A_s, A'_s đều chịu kéo.

Khi N đặt ở ngoài phạm vi hai cốt thép A_s và A'_s , ta có trường hợp kéo lệch tâm lớn, tiết diện sẽ có một vùng nén và một vùng kéo .

7.1.2. Đặc điểm cấu tạo

- Cấu kiện chịu kéo đúng tâm

Thường có tiết diện chữ nhật.

Cốt thép dọc được đặt đều theo chu vi tiết diện, nên $d_{min} \geq 4\phi_{10}$.

Đối với cấu kiện chịu kéo đúng tâm đặc biệt lưu ý cách nối và neo cốt dọc chịu lực, phải được nối hàn (chỉ cho phép nối buộc trong kết cấu dạng bản và nối so le), tốt nhất được neo vào vùng nén của các bộ phận khác của kết cấu. Cốt đai có khoảng cách

không quá 500mm, trong bản còn đặt cốt thép phân bố để cùng cốt dọc tạo thành lưới (như cấu kiện chịu uốn).

- Cấu kiện chịu kéo lệch tâm

Quy ước: A_s đặt ở phía chịu kéo nhiều, A_s' đặt ở phía chịu kéo ít hoặc chịu nén.

Cấu kiện chịu kéo lệch tâm bé được cấu tạo giống như cấu kiện kéo trung tâm, nhưng cốt thép dọc được đặt tập trung vào hai cạnh gần vuông góc với mặt phẳng uốn, có thể đặt đối xứng hoặc không đối xứng.

Cấu kiện chịu kéo lệch tâm lớn được cấu tạo giống như cấu kiện chịu uốn.

Hàm lượng cốt thép: $\mu_{\min} \leq \mu, \mu' \leq \mu_{\max}$, với $\mu_{\min} = 0,1\%$, $\mu_{\max} = (2 \div 2,5)\%$.

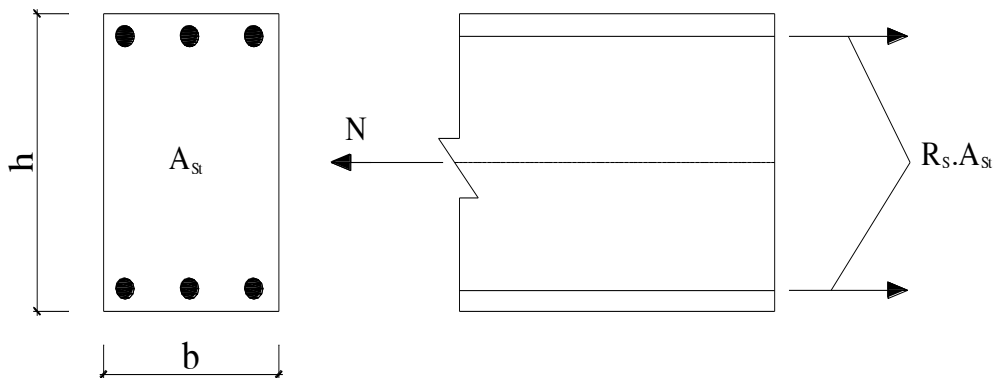
Cốt đai có đường kính $\varnothing \geq 6\text{mm}$, bước đai $u \leq [b; (15 \div 20)d; 250]$. Khi cấu kiện chịu lực cắt khá lớn có thể tính toán cốt đai.

Cốt thép trong cấu kiện chịu kéo ta có thể dùng ứng lực trước.

7.2. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU KÉO

7.2.1. Cấu kiện chịu kéo trung tâm

Khi cấu kiện chịu kéo trung tâm xem bê tông không tham gia chịu lực vì bị nứt, toàn bộ lực kéo do cốt thép chịu.



Hình 7.1. Sơ đồ ứng suất cấu kiện chịu kéo đúng tâm

Điều kiện cường độ được viết:

$$N \leq N_{gh} = R_s A_{st} \tag{7.1}$$

A_{st} : diện tích tiết diện toàn bộ cốt thép dọc

N: lực kéo lớn nhất do tải trọng tính toán gây ra

Hàm lượng cốt thép: $\mu_t = \frac{A_{st}}{A} \cdot 100\% = 0,4\% \div 3\%$

Diện tích tiết diện bê tông thường được chọn theo cấu tạo. Để tiết kiệm vật liệu, giảm nhẹ trọng lượng và cũng để giảm bớt bề rộng khe nứt nên chọn kích thước bé trong phạm vi có thể được. Với các thanh chịu kéo nằm ngang (thanh cánh hạ của dàn, thanh căng của vòm,...) trọng lượng bản thân của thanh và các lực đặt lên nó sẽ gây ra uốn, vì vậy chiều dài mỗi đoạn thanh không nên quá 6m và chiều cao tiết diện không

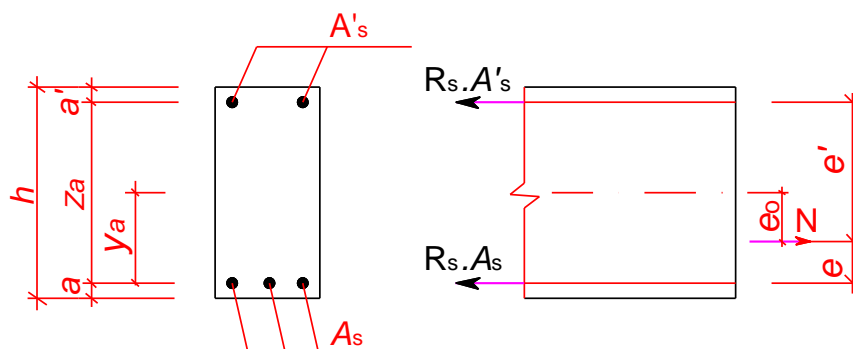
nên nhỏ hơn 1/25 chiều dài đoạn thanh.

Ngoài việc tính theo cường độ cấu kiện chịu kéo trung tâm còn được tính theo sự mở rộng khe nứt (xem chương 8) dùng tải trọng tiêu chuẩn và cường độ tiêu chuẩn của vật liệu để tính.

Với cấu kiện chịu kéo thông thường độ mảnh của nó khá lớn, nên khi thiết kế cần chú ý đến việc kiểm tra khả năng chịu lực hoặc biện pháp gia cố tạm thời khi chế tạo, vận chuyển, lắp ghép..., cấu kiện có thể chịu nén dễ gây nguy hiểm.

7.2.2. Cấu kiện chịu kéo lệch tâm

a. Trường hợp lệch tâm bé



Hình 7.2. Sơ đồ ứng suất cấu kiện chịu kéo lệch tâm bé

$$\text{Điều kiện để xảy ra kéo lệch tâm bé: } e_0 = \frac{M}{N} \leq y_a \quad (7.2)$$

y_a : khoảng cách từ trọng tâm tiết diện đến trọng tâm cốt thép A_s , với tiết diện chữ nhật $y_a = 0,5h - a$.

Trong trường hợp này, bỏ qua khả năng chịu kéo của bê tông, toàn bộ lực kéo do cốt thép chịu và ứng suất trong cốt thép đạt đến R_s

Lập phương trình cân bằng momen đối với trục đi qua trọng tâm cốt thép A_s và A'_s , rút ra các điều kiện cường độ là :

$$Ne \leq [Ne]_{gh} = R_s A'_s Z_a \quad (7.3)$$

$$Ne' \leq [Ne']_{gh} = R_s A_s Z_a \quad (7.4)$$

Trong đó: $e = 0,5h - e_0 - a$, $e' = 0,5h - e_0 - a'$

$$e_0 = \frac{M}{N} : \text{độ lệch tâm của lực dọc}$$

$$Z_a = h_0 - a' : \text{khoảng cách giữa hai trọng tâm } A_s \text{ và } A'_s$$

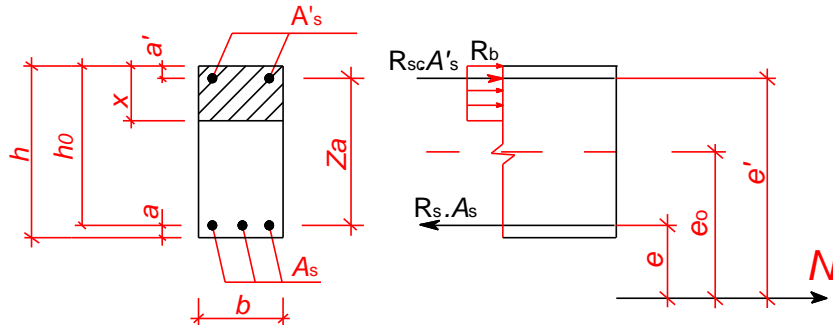
Từ (7.3) và (7.4) dễ dàng tính được A_s và A'_s , đồng thời theo yêu cầu cấu tạo cần bảo đảm.

$$\mu = \frac{A_s}{bh_0} \ \& \ \mu' = \frac{A'_s}{bh_0} \geq \mu_{\min} = 0,1\%$$

b. Trường hợp lệch tâm lớn

Trường hợp này xảy ra khi $e_o = \frac{M}{N} > 0,5.h - a$ (7.5)

Sơ đồ ứng suất: ở trạng thái giới hạn ứng suất trong bê tông vùng nén đạt R_b , ứng suất trong cốt thép chịu kéo đạt R_s , ứng suất trong cốt thép chịu nén đạt R_{sc} .



Hình 7.3. Sơ đồ ứng suất cấu kiện chịu kéo lệch tâm lớn

Công thức cơ bản :

$$Ne \leq [Ne] = R_b b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + R_{sc} A'_s Z_a \quad (7.5)$$

$$N \leq N_{gh} = R_s A_s - R_b b x - R_{sc} A'_s \quad (7.6)$$

Với: $e = e_0 - \frac{h}{2} + a$

Điều kiện áp dụng các công thức trên: $2.a' \leq x \leq \xi_R h_0$

Khi xảy ra điều kiện $x < 2a'$ hoặc x âm có thể xem gần đúng $x = 2.a'$ lập phương trình tổng mô men của các lực đối với trọng tâm A_s' :

$$Ne' \leq [Ne'] = R_s A_s Z_a \quad (7.7)$$

Với: $e' = e_0 + \frac{h}{2} - a'$

c. Tính cấu kiện chịu kéo lệch tâm theo lực cắt

Với cấu kiện chịu kéo lệch tâm thì lực cắt Q và lực kéo N gây ra vết nứt nghiêng, N còn làm tăng nguy hiểm cho Q.

Kiểm tra theo 2 điều kiện:

- Điều kiện để bê tông không bị phá hoại theo tiết diện nghiêng do ứng suất nén chính:

$$Q \leq 0,3 \cdot \varphi_{w1} \cdot \varphi_{b1} \cdot R_b \cdot b \cdot h_0 \quad (7.8)$$

- Điều kiện tính toán cốt đai:

$$Q \leq \varphi_{b3} \cdot (1 + \varphi_f + \varphi_n) \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_0 - 0,2 \cdot N \quad (7.9)$$

Các đại lượng trong phương trình (7.8) và (7.9) hoàn toàn giống cấu kiện chịu uốn (chương 4).

Nếu điều kiện (7.9) thỏa mãn thì cốt đai đặt theo cấu tạo không cần tính toán.

Nếu điều kiện (7.9) không thỏa mãn thì ta tính cốt đai từ điều kiện:

$$Q \leq \sqrt{4 \cdot \varphi_{b2} \cdot (R_{bt} \cdot b \cdot h_0 - 0,2 \cdot N) \cdot h_0 \cdot q_{sw}} \quad (7.10)$$

Chú ý: đối với cấu kiện chịu kéo không kể đến ảnh hưởng của uốn dọc tức là không kể đến ảnh hưởng của tải trọng tác dụng dài hạn của tải trọng. Do đó theo thời gian độ lệch tâm không tăng và độ mảnh chỉ ảnh hưởng đến ổn định đối với các thanh chịu nén.

d. Vận dụng

Bài toán thiết kế: biết kích thước tiết diện, vật liệu và cặp nội lực M, N. Yêu cầu thiết kế A_s, A_s' .

- ✓ Bước 1: Tra số liệu tính toán
- ✓ Bước 2: Giả thiết a, a' , từ đó xác định h_0 .
- ✓ Bước 3: Xác định trường hợp lệch tâm:

Tính $e_0 = \frac{M}{N}$, so sánh e_0 với $y_a = 0,5 \cdot h - a$.

Nếu $e_0 \leq y_a$ xảy ra lệch tâm bé, sang bước 4.

Nếu $e_0 > y_a$ xảy ra lệch tâm lớn, sang bước 5.

- ✓ Bước 4: Trường hợp lệch tâm bé
Từ phương trình (7.3) rút ra A_s' , từ phương trình (7.4) rút ra A_s .
Trong quá trình tính toán lưu ý khi tăng giá trị N thì cả A_s, A_s' đều tăng.
- ✓ Bước 5: trường hợp lệch tâm lớn
Giả thiết x (sao cho $2 \cdot a' \leq x \leq x_R \cdot h_0$), từ phương trình (7.5) có:

$$A_s' = \frac{N \cdot e - R_b \cdot b \cdot x \cdot \left(h_0 - \frac{x}{2} \right)}{R_{sc} \cdot Z_a}$$

Khi tính $A_s' < 0$ thì giảm x để tính lại, nếu đã giảm tới $x = 2 \cdot a'$ mà $A_s < 0$ thì chọn A_s' theo cấu tạo và tính A_s theo phương trình (7.7)

$$A_s = \frac{N \cdot e'}{R_s \cdot Z_a}$$

Khi tính $A_s' > 0$, thay x, A_s' vào phương trình (7.6) để tính A_s :

$$A_s = \frac{R_b \cdot b \cdot x + R_{sc} \cdot A_s' + N}{R_s}$$

- ✓ Bước 6: Kiểm tra hàm lượng cốt thép.
- ✓ Bước 7: Chọn và bố trí cốt thép.
- ✓ Bước 8: Kiểm tra a, a' .

Ví dụ 7.1: Cho một thanh dàn chịu kéo với cặp nội lực $N = 300 \text{ kN}$; $M = 20 \text{ kNm}$, thanh dàn được làm bằng bê tông B20, cốt thép nhóm CII, $b \times h = (160 \times 300) \text{ mm}$. Yêu cầu thiết kế cốt thép dọc.

Lời giải

Bước 1: tra số liệu tính toán

B20 có $R_b = 11,5\text{Mpa}$; CII có: $R_s = R_{sc} = 280\text{Mpa}$;

B20 và CII có $\xi_R = 0,623$; $\alpha_R = 0,429$

Bước 2: giả thiết a, a'

$a = a' = 30\text{mm} \Rightarrow h_0 = h - a = 300 - 30 = 270\text{mm}$

Bước 3: xác định trường hợp lệch tâm

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{20}{300} = 0,067\text{m} = 67\text{mm}$$

$$y_a = 0,5 \cdot h - a = 0,5 \cdot 300 - 30 = 120\text{mm}$$

$e_0 < y_a$: xảy ra lệch tâm bé

Bước 4: tính A_s, A_s'

$$N \cdot e \leq [N \cdot e] = R_s \cdot A_s' \cdot Z_a$$

$$A_s' = \frac{N \cdot e}{R_s \cdot Z_a} = \frac{300 \cdot 10^3 \cdot 53}{280 \cdot 240} = 237\text{mm}^2 = 2,37\text{cm}^2$$

Với: $e = 0,5h - e_0 - a = 0,5 \cdot 300 - 67 - 30 = 53\text{mm}$

$$Z_a = h_0 - a' = 270 - 30 = 240\text{mm}$$

$$A_s = \frac{N \cdot e'}{R_s \cdot Z_a} = \frac{300 \cdot 10^3 \cdot 187}{280 \cdot 240} = 835\text{mm}^2 = 8,35\text{cm}^2$$

Với: $e' = 0,5h + e_0 - a = 0,5 \cdot 300 + 67 - 30 = 187\text{mm}$

Bước 6: kiểm tra hàm lượng cốt thép

$$\mu = \frac{A_s}{A} \cdot 100\% = \frac{8,35}{16,30} \cdot 100\% = 1,74\%; \mu' = \frac{A_s'}{A} \cdot 100\% = \frac{2,37}{16,30} \cdot 100\% = 0,5\%$$

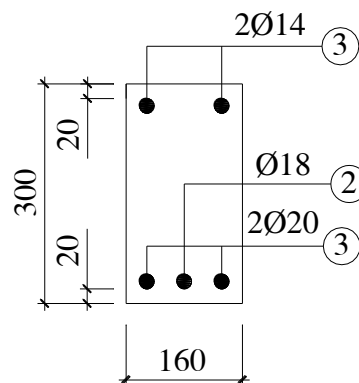
Ta có: $\mu, \mu' \geq \mu_{\min} = 0,1\%$

$$\mu_t = \mu + \mu' \geq 2 \cdot \mu_{\min}$$

Bước 7: chọn và bố trí cốt thép

$A_s = 8,35\text{cm}^2$: chọn $2\phi 20 + \phi 18$ ($8,82\text{cm}^2$)

$A_s' = 2,37\text{cm}^2$: chọn $2\phi 14$ ($3,07\text{cm}^2$)



Bước 8: kiểm tra a, a'

$a = 20 + 10 = 30\text{mm}$; $a' = 10 + 7 = 17\text{mm}$

a, a' sai lệch ít và thiên về an toàn nên bài toán kết thúc.

Bài toán kiểm tra: biết kích thước tiết diện và cặp nội lực M, N, A_s, A_s' . Yêu cầu kiểm tra khả năng chịu lực.

- ✓ Bước 1: Tra số liệu tính toán.
- ✓ Bước 2: Bố trí cốt thép (nếu chưa bố trí) để tính a, a' , từ đó xác định h_0 .
- ✓ Bước 3: Xác định trường hợp lệch tâm :

Tính $e_0 = \frac{M}{N}$, so sánh với $y_a = 0,5 \cdot h - a$.

Nếu $e_0 \leq y_a$ xảy ra lệch tâm bé, sang bước 4.

Nếu $e_0 > y_a$ xảy ra lệch tâm lớn, sang bước 5.

- ✓ Bước 4: Trường hợp lệch tâm bé
Dùng 2 phương trình (7.3) và (7.4) để kiểm tra khả năng chịu lực.
- ✓ Bước 5: Trường hợp lệch tâm lớn

Từ phương trình (7.6) rút x: $x = \frac{R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A_s' - N}{R_b \cdot b}$

Nếu $2 \cdot a' \leq x \leq x_R \cdot h_0$: thay vào phương trình (7.5) để kiểm tra.

Nếu $x < 2 \cdot a'$ hoặc x âm: dùng phương trình (7.7) để kiểm tra.

Nếu $x > \xi_R \cdot h_0$: dùng phương trình (7.5) để kiểm tra nhưng với $x = \xi_R \cdot h_0$.

Ví dụ 7.2: cho một thanh dầm chịu kéo với cặp nội lực $N = 500\text{kN}; M = 50\text{kNm}$, thanh dầm được làm bằng bê tông B25, cốt thép nhóm CIII, $b \times h = (180 \times 300)\text{mm}$, cốt thép $A_s = 3\phi 16; A_s' = 3\phi 14$. Yêu cầu kiểm tra khả năng chịu lực.

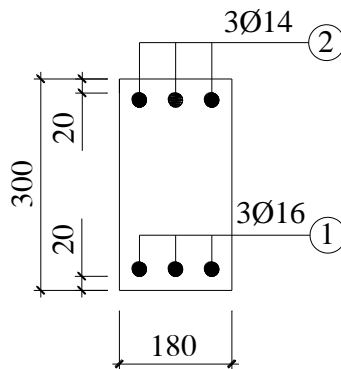
Lời giải

Bước 1: tra số liệu tính toán

B25 có $R_b = 14,5\text{Mpa}$; CII có $R_s = R_{sc} = 280\text{Mpa}$;

$3\phi 16$ ($A_s = 6,03\text{cm}^2$); $3\phi 14$ ($A_s' = 4,62\text{cm}^2$)

Bước 2: bố trí thép, tính a và a'



$a = 20 + 8 = 28\text{mm}; a' = 20 + 7 = 27\text{mm}; y_a = 0,5h - a = 0,5 \cdot 300 - 28 = 122\text{mm}$

$e_0 > y_a$: xảy ra lệch tâm lớn

Bước 5: kiểm tra khả năng chịu lực

$$x = \frac{R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A_s' - N}{R_b \cdot b} = \frac{365 \cdot 6,03 - 365 \cdot 4,62 - 500 \cdot 10^3}{14,5 \cdot 180} < 0$$

Kiểm tra khả năng chịu lực theo điều kiện: $N.e' \leq R_s.A_s.Z_a$

Với: $e' = 0,5h + e_0 - a' = 0,5.300 + 100 - 27 = 223mm$

$$Z_a = h_0 - a' = 272 - 27 = 245mm$$

$$N.e' = 500.10^3.223 = 116,5.10^6 Nmm$$

$$R_s.A_s.Z_a = 365.603.245 = 53,9.10^6 Nmm$$

Kết luận cấu kiện không đủ khả năng chịu lực.

PHẦN B: CẤU KIỆN CHỊU XOẮN

7.3. ĐẠI CƯƠNG VỀ CẤU KIỆN CHỊU XOẮN

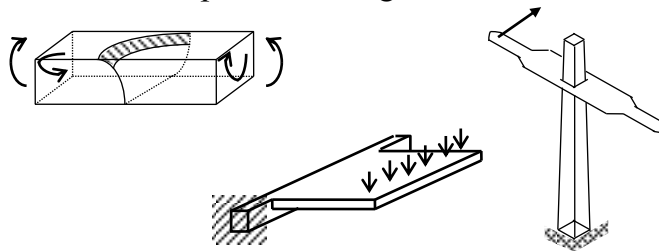
Trong thực tế thường gặp các cấu kiện chịu xoắn cùng với uốn: cột chịu lực ngang đặt cách trục một đoạn, dầm có liên kết với bản một phía, các xà ngang của khung biên đỡ các dầm theo phương vuông góc với liên kết cứng.

Khả năng chịu xoắn của bê tông cốt thép kém nên tuy mô men xoắn không lớn lắm vẫn có thể gây nguy hiểm.

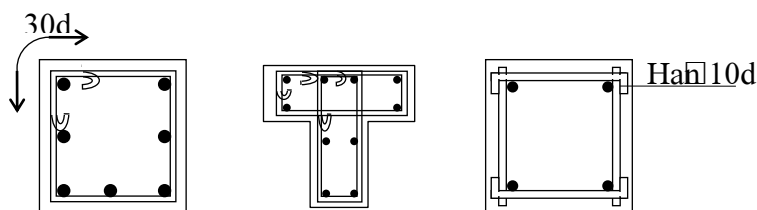
Trong cấu kiện chịu xoắn sẽ xuất hiện các ứng suất kéo chính và ứng suất nén chính nghiêng góc 45^0 so với trục. Kết quả thí nghiệm cho thấy các vết nứt nghiêng xuất hiện khá sớm, sau khi bị nứt các ứng suất kéo chính do cốt thép chịu còn ứng suất nén chính do bê tông chịu.

Cấu kiện bắt đầu bị phá hoại khi ứng suất trong cốt thép đạt giới hạn chảy. Cấu kiện bị phá hoại trên tiết diện vênh (tiết diện không gian) gồm ba phía chịu kéo và một phía chịu nén.

Trong cấu kiện chịu xoắn, cốt thép có tác dụng: chịu mô men uốn, lực cắt và mô men xoắn.



Hình 7.4. Các cấu kiện chịu xoắn



Hình 7.5. Cấu tạo cốt đai trong cấu kiện chịu uốn – xoắn

Vì ứng suất kéo chính nghiêng 45^0 , nếu dùng cốt dạng lò xo đặt nghiêng 45^0 vuông góc phương ứng suất kéo chính sẽ hiệu quả cao, nhưng do thi công phức tạp nên ít dùng.

Thường dùng cốt dọc đặt theo chu vi và cốt đai để chịu xoắn:

- Cốt dọc chịu xoắn cần được neo chắc với l_{an} hoặc có các biện pháp neo đặc biệt.
- Cốt đai: trong khung buộc phải có đoạn đầu chồng nhau $\geq 30d$. Trong khung hàn cốt đai tạo thành vòng kín, đầu mút được hàn điểm với cốt dọc tại các góc, hoặc nối với các thanh ngang thành vòng kín với chiều dài đoạn hàn $\geq 10d$ (d - đường kính cốt đai). Trong cấu kiện có tiết diện chữ T, I cần bố trí đai thành vòng kín trong sườn và cánh.

7.4. ĐIỀU KIỆN VỀ KHẢ NĂNG CHỊU LỰC

7.4.1. Điều kiện hạn chế ứng suất nén chính:

Để đảm bảo cho cấu kiện chịu xoắn không bị phá hoại do bê tông giữa các khe nứt bị ép vỡ (khi cốt thép nhiều) do tác dụng của ứng suất nén chính, mọi cấu kiện chịu uốn xoắn phải thỏa điều kiện:

$$M_t \leq 0,1.R_b.c.d^2 \quad (7.11)$$

M_t - mômen xoắn

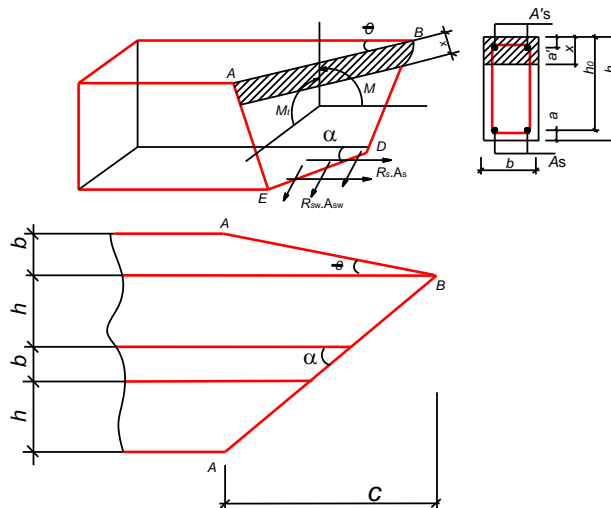
R_b - cường độ tính toán về nén của bê tông, với bê tông cấp cao hơn B30, lấy bằng B30.

c, d : kích thước 2 cạnh của tiết diện trong đó d là cạnh bé.

Điều kiện theo tiết diện vênh: $M_t \leq M_{gh} \quad (7.12)$

7.4.2. Tính toán theo sơ đồ 1

Sơ đồ 1 cấu kiện chịu uốn xoắn với M_t & M , vùng chịu nén ở về phía bị nén do uốn.



Hình 7.6. Sơ đồ tính 1

Tiết diện vênh ABDE có cạnh chịu nén AB nghiêng với trục góc, hình chiếu lên phương trục cấu kiện là C. Cạnh DE nghiêng với trục góc α .

Ứng suất trong bê tông vùng nén đạt R_b , theo phương vuông góc với cạnh AB.

Ứng suất trong cốt dọc chịu kéo (trên cạnh DE) đạt R_s .

Ứng suất trong cốt dọc chịu nén (trên cạnh AB) đạt R_{s_c} .

Ứng lực trong mỗi nhánh cốt đai là $R_{sw} A_{sw}$ (chỉ xét trên cạnh DE, ảnh hưởng của các đai trên BD và AE không đáng kể).

(Sơ đồ ứng suất trên tiết diện vành gồm 2 vùng kéo và nén như cấu kiện chịu uốn).

Phương trình cân bằng mô men đối với trục đi qua trọng tâm vùng bê tông chịu nén và theo phương AB:

$$M \sin \theta + M_t \cos \theta = R_s A_s Z_s \sin \theta + \sum R_{sw} A_{sw} Z_w \cos \theta \quad (7.13)$$

Với mức độ gần đúng, có thể lấy: $Z_s = Z_w = Z = (h_o - \frac{x}{2})$

Đặt $\chi = \frac{M}{M_t}$, biến đổi (7.13) thành:

$$M_t = \frac{(R_s A_s \operatorname{tg} \theta + \sum R_{sw} A_{sw}) Z}{1 + \chi \operatorname{tg} \theta} \quad (7.14)$$

(7.14) chính là khả năng chịu xoắn của tiết diện vành, ký hiệu là M_{gh} , vậy:

$$M \leq M_{gh} = \frac{(R_s A_s \operatorname{tg} \theta + \sum R_{sw} A_{sw}) Z}{1 + \chi \operatorname{tg} \theta} \quad (7.15)$$

Gọi s là khoảng cách các cốt đai, thì trong phạm vi cạnh DE số lượng cốt đai bằng $\frac{DE \cos \alpha}{s}$ mà $\square DE = \frac{b}{\sin \alpha}$, nên:

$$\sum A_{sw} = A_{sw} \frac{b \cos \alpha}{s \sin \alpha} = \frac{A_{sw} b}{s \operatorname{tg} \alpha}$$

Từ hình khai triển, ta có $\operatorname{tg} \alpha = \frac{c}{2h+b}$, như vậy:

$$\sum R_{sw} A_{sw} = \frac{R_{sw} A_{sw} b}{s} \cdot \frac{c}{2h+b}$$

Từ hình khai triển, ta có $\operatorname{tg} \theta = \frac{b}{c}$

Vế phải của (7.15) thành:

$$M_{gh} = \frac{R_s A_s (1 + \varphi_w \delta \lambda^2) Z}{\lambda + \chi} \quad (7.16)$$

Trong đó $\delta = \frac{b}{2h+b}$; $\lambda = \frac{c}{b}$

$\varphi_w = \frac{R_{sw} A_{sw}}{R_s A_s} \cdot \frac{b}{s}$: thể hiện quan hệ giữa cốt thép ngang và cốt thép dọc (7.17)

Theo kết quả nghiên cứu, có:

$$\varphi_{w \min} \leq \varphi \leq \varphi_{w \max}$$

$$\varphi_{w \min} = \frac{0,5}{1 + \frac{M}{2\varphi_w M_u}}, \quad \varphi_{w \max} = 1,5 \left(1 - \frac{M}{M_u} \right) \quad (7.18)$$

M_u - mômen uốn lớn nhất mà tiết diện thẳng góc với trục cấu kiện chịu được, xác định như cấu kiện chịu uốn.

Nếu φ_w nhỏ hơn $\varphi_{w\min}$ thì cần nhân giá trị $R_s A_s$ ở công thức (7.17) với $\frac{\varphi_w}{\varphi_{w\min}}$.

Chiều cao vùng nén được xác định từ phương trình hình chiếu các lực lên phương trục cấu kiện:

$$R_s A_s - R_{sc} A'_s - R_b \cdot AB \cdot x \sin \theta = 0$$

Mà $AB \cdot \sin \theta = b$, Suy ra:

$$R_s A_s - R_{sc} A'_s = R_b \cdot b \cdot x \quad (7.19)$$

Giá trị của x cần thỏa mãn điều kiện $x \leq \xi_R h_0$, khi trong tính toán có kể đến A'_s thì còn cần điều kiện $x \geq 2a'$.

Khi kể đến A'_s mà xảy ra $x < 2a'$ (kể cả $x < 0$), thì tạm xem $A'_s = 0$ để tính $x_1 = \frac{R_s A_s}{R_b b}$

Khi tính được $x > \xi_R h_0$, chứng tỏ A_s quá lớn, lúc này trong biểu thức (7.17) cần nhân $R_s A_s$ với $\frac{\xi_R h_0}{x}$

Ví dụ 7.3: cho một dầm bê tông cốt thép chịu uốn xoắn với các số liệu sau: bê tông có cấp độ bền B20, cốt thép dọc và cốt đai nhóm CII, $b \times h = 250 \times 500$, $M = 150 \text{ kNm}$, $M_t = 12 \text{ kNm}$, $Q = 80 \text{ kN}$. Yêu cầu thiết kế cốt thép dọc và cốt đai theo sơ đồ 1.

Lời giải

- Tra số liệu tính toán:

B20 có $R_b = 11,5 \text{ Mpa}$; cốt thép dọc và cốt đai nhóm CII có $R_s = R_{sc} = 280 \text{ Mpa}$; $R_{sw} = 225 \text{ Mpa}$, $\xi_R = 0,623$; $\alpha_R = 0,429$

- Giả thiết: $a = a' = 40 \text{ mm} \Rightarrow h_0 = h - a = 500 - 40 = 460 \text{ mm}$

- Tính A_s theo cấu kiện chịu uốn:

$$A_s = \frac{M}{R_s \cdot \gamma \cdot h_0} = \frac{150 \cdot 10^6}{280 \cdot 0,8 \cdot 460} = 1456 \text{ mm}^2 = 14,5 \text{ cm}^2$$

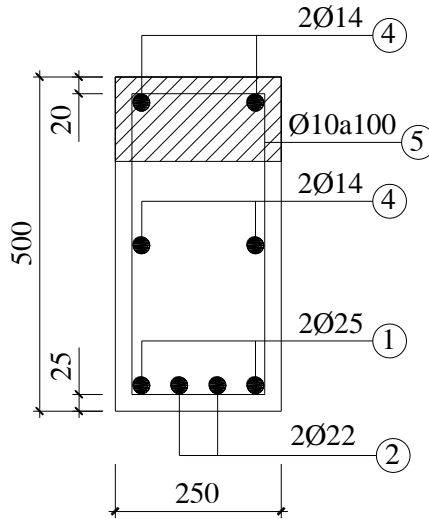
Chọn thép lớn hơn kết quả tính (kể đến ảnh hưởng của xoắn)

Chọn $2\phi 22 + 2\phi 25$ ($17,42 \text{ cm}^2$) bố trí thành 1 lớp

$a = 25 + 25/2 = 37,5 \text{ mm}$; $h_0 = 500 - 37,5 = 462,5 \text{ mm}$; $a' = 20 + 8 = 28 \text{ mm}$

Cốt thép trong vùng nén chọn $2\phi 16$ ($4,02 \text{ cm}^2$)

Cốt đai chọn $\phi 10 \text{ a} 100$; $\phi 8$ ($A_{sw} = 78,5 \text{ mm}^2$)



- Xác định các hệ số:

$$\chi = \frac{M}{M_t} = \frac{150}{12} = 12,5; \varphi_q = 1; \delta = \frac{b}{2h+b} = \frac{250}{2.500+250} = 0,2$$

- Kiểm tra điều kiện ứng suất nén chính:

$$M_t = 12kNm = 12.10^6 Nmm < 0,1.R_b.c.d^2 = 0,1.11,5.500.250^2 = 35,94.10^6 Nmm$$

Thỏa mãn điều kiện.

- Kiểm tra điều kiện trên tiết diện vênh:

$$x = \frac{R_s.A_s - R_{sc}.A'_s}{b.R_b} = \frac{280.1742 - 280.402}{150.11,5} = 131mm$$

$$2.a' = 2.28 = 56mm; \xi_R.h_0 = 0,623.462,5 = 288mm$$

Xây ra $2.a' \leq x \leq \xi_R.h_0$

$$M_u = R_b.b.x.\left(h_0 - \frac{x}{2}\right) + R_{sc}.A'_s.(h_0 - a')$$

$$= 11,5.250.131.\left(462,5 - \frac{131}{2}\right) + 280.402.(462,5 - 28) = 198,4.10^6 Nmm$$

$$\varphi_w = \frac{R_{sw}.A_{sw1}.b}{R_s.A_s.s} = \frac{225.78,5.250}{280.1742.100} = 0,091$$

$$\varphi_{w,\min} = \frac{0,5}{1 + \frac{M}{2.\varphi_w.M_u}} = \frac{0,5}{1 + \frac{150.10^6}{2.0,091.198,4.10^6}} = 0,053$$

$$\varphi_{w,\max} = 1,5.\left(1 - \frac{M}{M_u}\right) = 1,5.\left(1 - \frac{150.10^6}{198,4.10^6}\right) = 0,366$$

Xây ra $\varphi_{w,\min} \leq \varphi \leq \varphi_{w,\max}$

$$\lambda = \frac{c}{b} = \frac{c}{300} \text{ và } \varphi_q = 1$$

$$M_{gh} = \frac{R_s \cdot A_s \cdot (1 + \varphi_w \cdot \delta \cdot \lambda^2) \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x)}{\varphi_w \cdot \lambda + \chi} = \frac{280 \cdot 1742 \cdot [(1 + 0,091 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{c}{300}\right)^2] \cdot (462,5 - 0,5 \cdot 131)}{1 \cdot \frac{c}{300} + 12,5}$$

$$M_{gh} = \frac{176 \cdot 10^6 + 35,61 \cdot c^2}{\frac{c}{300} + 12,5} = \frac{52800 \cdot 10^6 + 10683 \cdot c^2}{c + 3750}$$

Đạo hàm bậc nhất của M_{gh} đối với c bằng không ta có:

$$21366 \cdot c \cdot (c + 3750) - (52800 \cdot 10^6 + 10683 \cdot c^2) = 0$$

$$10693c^2 + 64,1 \cdot 10^6 \cdot c - 52800 \cdot 10^6 = 0$$

$$c^2 + 7493c - 4,94 \cdot 10^6 = 0$$

Giải phương trình bậc hai theo c ta có nghiệm hợp lý: $c = 610\text{mm}$

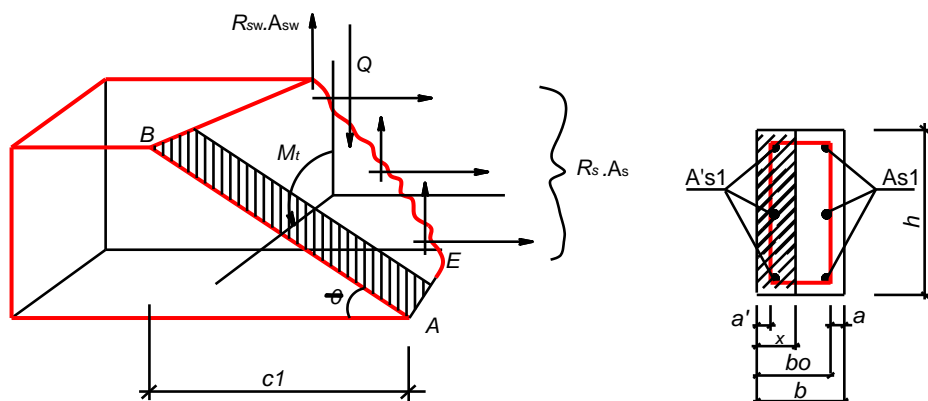
$$c < 2 \cdot h + b = 2 \cdot 500 + 250 = 1250\text{mm}$$

$$\text{Lúc này ta có: } M_{gh} = \frac{52800 \cdot 10^6 + 10683 \cdot 610^2}{610 + 3750} = 13,02 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 13,02 \text{ kNm}$$

Ta có $M_t = 12 \text{ kNm} < M_{gh}$ thỏa mãn điều kiện, bài toán kết thúc.

7.4.3. Tính toán theo sơ đồ 2

Sơ đồ và giả thiết: sơ đồ 2 được tính với tác dụng đồng thời của mô men xoắn M_t và lực cắt Q .



Hình 7.7. Sơ đồ tính 2

Phá hoại trên tiết diện vênh, vùng nén nằm theo cạnh bên AB tạo với trục góc θ . Hình chiếu cạnh chịu nén AB lên trục cấu kiện là $C1$.

Ứng suất trong bê tông vùng nén đạt R_b , theo phương vuông góc với cạnh AB

Ứng suất trong cốt dọc chịu kéo A_{s1} (trên cạnh DE) đạt R_s .

Ứng suất trong cốt dọc chịu nén A'_{s1} (trên cạnh AB) đạt R_{sc} .

Ứng lực trong mỗi nhánh cốt đai là $R_{sw} A_{sw}$ (chỉ xét trên cạnh DE, ảnh hưởng của các đai trên BD và AE không đáng kể).

Lập luận tương tự như trường hợp tính với sơ đồ M_t & M , từ các phương trình cân bằng ta có:

$$R_b ABx \sin \theta = R_s A_{s1} - R_{sc} A'_{s1}$$

Mà $AB \cdot \sin \theta = h$, Suy ra:

$$R_b hx = R_s A_{s1} - R_{sc} A'_{s1} \quad (7.20)$$

Điều kiện là: $x < \xi_R b_o$ với $b_o = b - a$.

$$\text{Điều kiện cường độ: } M_t \leq M_{gh} = \frac{R_s A_{s1} (1 + \varphi_{w1} \delta_1 \cdot \lambda_1^2) Z_1}{\varphi_q \cdot \lambda_1} \quad (7.21)$$

Z_1 -cánh tay đòn nội lực: $z_1 = b_o - x/2$.

Khi trong tính toán có kể đến A'_{s1} thì cần điều kiện $x \geq 2a'$. Nếu xảy ra $x < 2a'$ (kể cả $x < 0$) thì lấy Z_1 như sau:

$$z_1 = \max(Z_a = b_o - a'; Z_b = b_o - \frac{x1}{2}). \quad (7.22)$$

Trong đó: x_1 - chiều cao vùng nén được tính với $A'_{s1}=0$.

φ_{w1} - đặc trưng quan hệ giữa cốt thép ngang và dọc.

$$\varphi_{w1} = \frac{R_{sw} \cdot A_{sw}}{R_s \cdot A_{s1}} \cdot \frac{h}{s} \quad (7.23)$$

Và $0,5 \leq \varphi_{w1} \leq 1,5$.

Nếu $\varphi_{w1} < 0,5$ thì giá trị $R_s A_{s1}$ trong (7.20), (7.21) cần được nhân với tỷ số: $\varphi_{w1}/0,5$.

$$\varphi_b = 1 + \frac{Qb}{2M_t}; \quad (7.24)$$

$$\lambda_1 = \frac{C_1}{h}; \delta_1 = \frac{h}{2b + h}. \quad (7.25)$$

Việc tính toán M_{gh} được thực hiện với giá trị C_1 nguy hiểm nhất, có nghĩa là làm cho M_{gh} có giá trị nhỏ nhất. Có thể tìm C_1 theo phương pháp đúng dần hoặc bằng đạo hàm của M_{gh} theo C_1 . Điều kiện hạn chế của C_1 là: $C_1 \leq 2b + h$

Khi thoả mãn điều kiện: $M_t \leq 0.5Q_b$
(7.26)

Thì việc tính toán sơ đồ 2 theo điều kiện:

$$Q \leq Q_{sw} + Q_b - \frac{3M_t}{b} \quad (7.27)$$

Trong đó: Q_{sw}, Q_b - khả năng chịu cắt của cốt đai và của bê tông, xác định như cấu kiện chịu uốn.

Ví dụ 7.4: thực hiện với số liệu ví dụ 7.3, kiểm tra theo sơ đồ 2

- Tra số liệu: đã thực hiện ở ví dụ 7.3
- giả thiết a, a' tính h_0 : đã thực hiện ở ví dụ 7.3

- Tính cốt dọc và cốt đai theo bài toán cấu kiện chịu uốn thông thường: đã thực hiện ở ví dụ 7.3

$$A_s = A_s' = \phi 25 + \phi 14 + \phi 14 \quad (799 \text{mm}^2)$$

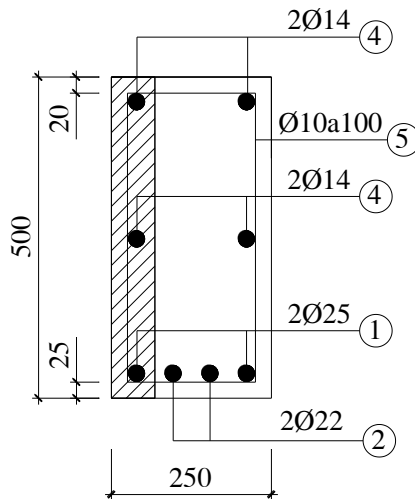
$$a = a' = 25 + 25/2 = 37,5; \quad h_0 = 250 - 37,5 = 212,5 \text{mm}$$

- Kiểm tra điều kiện $M_t > 0,5.Q.b$

$$\text{Ta có: } 0,5.Q.b = 0,5.80.0,25 = 10 \text{kNm} < M_t = 12 \text{kNm}$$

Thỏa điều kiện

- Kiểm tra điều kiện ứng suất nén chính: đã thực hiện ở ví dụ 7.3



- Tính theo tiết diện vênh:

Từ (7.20) có được: $x=0$

$$\text{Tính } x_1 = \frac{R_s \cdot A_s}{h \cdot R_b} = \frac{280.799}{500.11,5} = 39 \text{mm}$$

$$2.a' = 2.37,5 = 75 \text{mm}; \quad \xi_R \cdot h_0 = 0,623.212,5 = 132 \text{mm}$$

$$x_1 \leq 2.a' : \text{lấy } x = \min(x_1; 2.a') = 39 \text{mm} .$$

$$\varphi_w = \frac{R_{sw} \cdot A_{sw1} \cdot h}{R_s \cdot A_s \cdot s} = \frac{225.78,5.500}{280.799.100} = 0,395$$

Thỏa mãn điều kiện: $0,5 \leq \varphi_w \leq 1,5$

$$\delta = \frac{h}{2.b+h} = \frac{500}{2.250+500} = 0,5; \quad \chi = 0;$$

$$\varphi_b = 1 + \frac{Q.b}{2.M_t} = 1 + \frac{80.10^3.250}{2.12.10^6} = 1,833$$

$$\text{Tính } M_{gh} \text{ với } \lambda = \frac{c}{h} = \frac{c}{600}$$

$$M_{gh} = \frac{R_s \cdot A_s \cdot (1 + \varphi_w \cdot \delta \cdot \lambda^2) \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x)}{\varphi_w \cdot \lambda + \chi} = \frac{280 \cdot 1742 \cdot [(1 + 0,091 \cdot 0,2 \cdot (\frac{c}{300})^2) \cdot 1 \cdot (462,5 - 0,5 \cdot 131)]}{1 \cdot \frac{c}{300} + 12,5}$$

$$M_{gh} = \frac{176 \cdot 10^6 + 35,61 \cdot c^2}{\frac{c}{300} + 12,5} = \frac{52800 \cdot 10^6 + 10683c^2}{c + 3750}$$

Đạo hàm bậc nhất của M_{gh} đối với c bằng không ta có:

$$15108 \cdot c \cdot c - (13767 \cdot 10^6 + 7554 \cdot c^2) = 0$$

$$7554c^2 - 13767 \cdot 10^6 = 0$$

Giải phương trình bậc hai theo c ta có nghiệm hợp lý: $c = 1350\text{mm}$

$$c > 2 \cdot b + h = 2 \cdot 250 + 500 = 1000\text{mm}$$

Vậy chọn $c = 1000\text{mm}$

$$\text{Lúc này ta có: } M_{gh} = \frac{13767 \cdot 10^6 + 7554 \cdot 1000^2}{1000} = 21,32 \cdot 10^6 \text{ Nmm} > M_t = 12\text{kNm}$$

Không thỏa mãn điều kiện trên tiết diện vênh. Có thể tiếp tục giải quyết bài toán bằng cách tăng A_s và A_s' sau đó kiểm tra lại cho đến khi nào đạt.

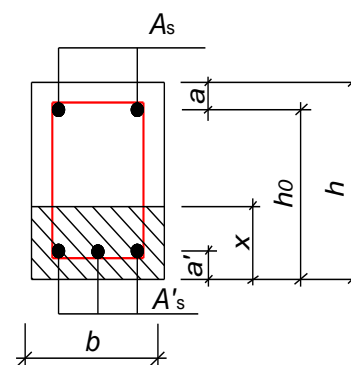
7.4.4. Tính toán với sơ đồ 3

Sơ đồ 3 có một vùng nén ở cạnh chịu kéo do uốn như hình vẽ.

$$\text{Cần tính theo sơ đồ 3 khi: } M_t > M \frac{b}{2h + b}$$

Lúc này khả năng chịu lực được kiểm tra theo điều kiện (7.12): $M_t \leq M_{gh}$. Trong đó M_{gh} được tính theo

$$(7.16): M_{gh} = \frac{R_s A_s (1 + \varphi_w \delta \lambda^2) Z}{\lambda + \chi}$$



Hình 7.8. Sơ đồ tính 3

Và giá trị M trong các biểu thức tính $\chi, \varphi_{w \min}, \varphi_{w \max}$ được lấy dấu âm. Các biểu thức khác và cách tính toán theo như sơ đồ 1 với chú ý vai trò cốt thép đã được hoán vị, cốt thép A_s' trong sơ đồ 1 trở thành A_s trong sơ đồ 3 và ngược lại.

CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 7

1. Trình bày đặc điểm cấu tạo của cấu kiện chịu kéo?
2. Vẽ và trình bày: sơ đồ ứng suất, công thức cơ bản, điều kiện hạn chế và các bài toán vận dụng cho cấu kiện chịu kéo đúng tâm và kéo lệch tâm?
3. Trình bày đặc điểm cấu tạo của cấu kiện chịu xoắn?
4. Vẽ và trình bày sơ đồ ứng suất, công thức cơ bản, điều kiện hạn chế và các bài toán vận dụng cho cấu kiện chịu xoắn?
5. Cho cấu kiện chịu kéo có tiết diện chữ nhật b x h. Nội lực tính toán N, M, Q. Yêu cầu tính cốt thép chịu kéo?

STT	M (kNm)	N (kN)	Q (kN)	b (cm)	h (cm)	Bê tông có B	Nhóm cốt thép
1	40	50	20	20	40	15	CIII
2	60	80	40	25	50	15	CII
3	100	120	60	30	80	25	CIII
4	120	160	100	30	90	20	AII
5	120	150	120	25	80	25	AIII

6. Cho dầm chịu uốn – xoắn với các số liệu theo bảng sau, yêu cầu thiết kế cốt thép và kiểm tra khả năng chịu lực theo sơ đồ 1 và 2?

STT	M (kNm)	M _t (kNm)	Q (kN)	b (cm)	h (cm)	Bê tông có B	Nhóm cốt thép
1	85	20	60	20	40	15	CIII
2	90	30	80	25	50	15	CII
3	100	35	60	30	80	25	CIII
4	120	40	80	30	90	20	AII
5	140	45	70	25	80	25	AIII