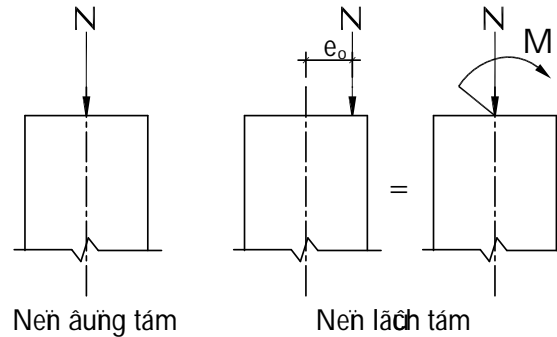


Chương 6 TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU NÉN

- Cấu kiện chịu nén thường gặp là cột, tường BTCT chịu lực, vách cứng, thân cống, thanh chịu nén của dàn BTCT, ...
- Cấu kiện chịu nén được phân thành 2 dạng chính: nén đúng tâm và nén lệch tâm:



Hình 6.1

6.1. Đặc điểm cấu tạo:

6.1.1. Kích thước tiết diện:

- Cấu kiện chịu nén đúng tâm thường có tiết diện đối xứng qua 2 trục như: tròn, vuông, đa giác đều, vành khuyên, hộp vuông,...
- Cấu kiện chịu nén lệch tâm thường có tiết diện chữ nhật, T, I,... chiều cao h phải song song với mặt phẳng uốn, quan hệ $b - h$ thường là $h = (1,2 - 1,5)b$.
- Việc xác định sơ bộ tiết diện cần thiết cho việc giải nội lực kết cấu, tiết diện được xác định sơ bộ như sau:

$$A = k \frac{N}{R_b} \quad (6.1)$$

Trong đó: N : là lực dọc tính toán, xác định sơ bộ bằng cách cộng tổng tải trọng của tất cả các tầng (sẽ được nói rõ hơn trong môn bê tông chuyên ngành).

k : hệ số xét đến ảnh hưởng của moment, lấy bằng (0,9 – 1,1) cho cấu kiện chịu nén đúng tâm, bằng (1,2 - 1,5) đối với cấu kiện chịu nén lệch tâm.

R_b : cường độ chịu nén của bê tông.

- Khi chọn kích thước tiết diện cần chú ý đến điều kiện ổn định, có liên quan đến độ mảnh λ , λ được hạn chế như sau :

$$\text{○ Đối với tiết diện bất kỳ : } \lambda_r = L_0/r \leq \lambda_{gh} \quad (6.2)$$

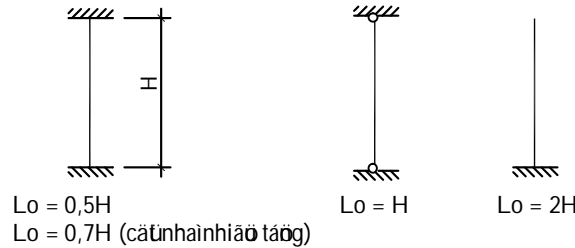
$$\text{○ Đối với tiết diện chữ nhật có cạnh nhỏ là } b : \lambda_b = L_0/b \leq \lambda_{ob} \quad (6.3)$$

Trong đó : L_0 : là chiều cao tính toán của cầu kiện, lấy như hình 6.2.

r : bán kính quán tính nhỏ nhất của tiết diện.

λ_{gh} : độ mảnh giới hạn, lấy như sau :

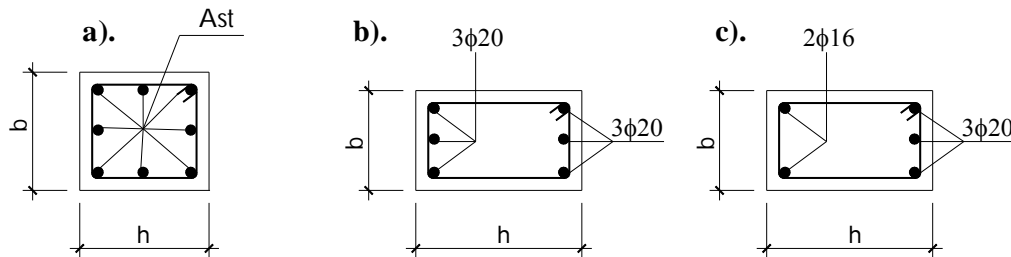
- Đối với cột nhà $\lambda_{gh} = 120$, $\lambda_{ob} = 31$;
- Đối với cầu kiện khác $\lambda_{gh} = 200$, $\lambda_{ob} = 52$.



Hình 6.2. xác định L_0 , với H là chiều cao cầu kiện

6.1.2. Cầu tạo cốt thép:

- Cốt dọc thường dùng nhóm AII hoặc CII, công trình cao tầng có thể dùng AIII hoặc CIII, đường kính thép từ 12 – 40 *m.m*, nếu cạnh tiết diện ≥ 250 nên chọn $\geq \phi 16$.
- Trong cầu kiện chịu nén đúng tâm thép thường được bố trí theo chu vi (đối xứng theo các cạnh), xem hình 6.3.a.
- Trong cầu kiện chịu nén lệch tâm thép có thể được bố trí đối xứng (theo phương chịu lực) hoặc không đối xứng, xem hình 6.3.b, c.
 - Bố trí đối xứng khi cột có moment đối dấu.
 - Bố trí không đối xứng khi cột có moment 2 hướng khác nhau.



Hình 6.3. Bố trí thép trong cột

- a). Cột chịu nén đúng tâm, bố trí thép theo chu vi; b). Cột chịu nén lệch tâm bố trí thép đối xứng; c). Cột chịu nén lệch tâm bố trí thép không đối xứng

- Hàm lượng cốt thép được qui định như sau:
 - Cầu kiện chịu nén đúng tâm : $\mu_{\min} \leq \mu\% = \frac{A_{st}}{bh_o} 100 \leq \mu_{\max} = 3,0\%$.
 - Cầu kiện chịu nén lệch tâm : $\mu_{\min} \leq \mu\% = \frac{A_{st}}{bh_o} 100 \leq \mu_{\max} = 3,5\%$.
 - A_{st} là lượng thép tổng cả 2 phía tiết diện (chịu kéo và chịu nén); trong một số trường hợp cho phép lấy hàm lượng $\mu_{\max} > 3,0\%$ (3,5%) nếu đảm bảo việc thi công tốt, nhưng μ_{\max} không nên vượt quá 6%.
 - Hàm lượng tối thiểu μ_{\min} , phụ thuộc độ mảnh, lấy theo bảng 6.1:

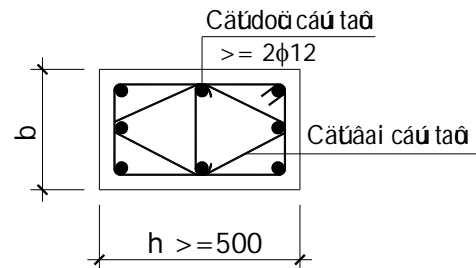
Bảng 6.1: Hàm lượng μ_{\min} theo độ mảnh

Độ mảnh λ	μ_{\min} (%)
$\lambda_r \leq 17$ hoặc $\lambda_h \leq 5$	0,1
$17 < \lambda_r \leq 35$ hoặc $\lambda_h \leq 10$	0,2
$35 < \lambda_r \leq 83$ hoặc $\lambda_h \leq 24$	0,4
$\lambda_r > 83$	0,5

(với $\lambda_h = L_o/h$, h là cạnh lớn tiết diện)

- Hàm lượng kinh tế vào khoảng (1,5 - 2,5)%.
- Cốt đai trong cột thường bố trí cấu tạo (vì lực cắt trong cột thường rất nhỏ) theo các yêu cầu sau:
 - Đường kính cốt đai $\phi_d \geq \phi_{doc}^{\max}/4$ và 6 m.m.
 - Cột có $h > 600$, nên dùng $\phi_d \geq 8$ m.m.
 - Khoảng cách bố trí: trong khoảng nối thép $a \leq 100$ m.m hoặc $10\phi_{doc}^{\min}$; trong khoảng còn lại bố trí như sau:
 - $a \leq 15\phi_{doc}^{\min}$ và 500 m.m khi $R_{sc} \leq 400$ MPa.
 - $a \leq 12\phi_{doc}^{\min}$ và 400 m.m khi $R_{sc} > 400$ MPa.
 - Nói chung để dễ thi công nên bố trí khoảng $a = 150 - 200$ m.m.

• Khi tiết diện có $h \geq 500$ cần bố trí thêm cốt dọc và cốt đai tăng cường (xem hình 6.4 và 6.5), nhằm đảm bảo vị trí cốt dọc chịu lực và ngăn không cho tiết diện bị phình ra trong quá trình chịu nén, số cốt dọc cấu tạo phụ thuộc vào cạnh h , sao cho khoảng cách giữa 2 cốt dọc ≤ 400 .



Hình 6.4. Bố trí thép tăng cường



a).

Hình 6.5
a). Cốt đai không được tăng cường tốt, cột bị phá huỷ khi lực nén lớn.
b). Tăng cường cốt đai tại vị trí nổi thép.



b).

6.2. Tính toán cấu kiện chịu nén đúng tâm:

- Sơ đồ ứng suất như hình 6.6, khi cấu kiện chịu nén đúng tâm, toàn bộ tiết diện bê tông chịu nén, cấu kiện phá hoại khi ứng suất trong bê tông và thép đều đạt đến giá trị giới hạn là R_b và R_{sc} .

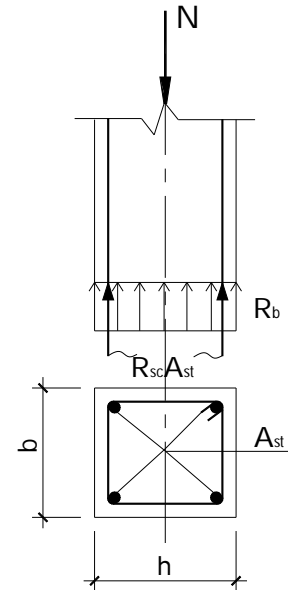
- Lập phương trình cân bằng hình chiếu theo phương đứng, ta có:

$$N \leq \varphi(\gamma_b R_b A_b + R_{sc} A_{st}) \quad (6.4)$$

Trong đó: N : là lực dọc do tải trọng tính toán gây ra,

A_b : diện tích tiết diện ngang của bê tông ($b \times h$),

R_b : cường độ chịu nén tính toán của bê tông, cần chú ý đến hệ số điều kiện làm việc γ_{bi} , lấy như trong bảng 6.2 (trích bảng 15 - [3]):



Hình 6.6.
Sơ đồ tính cấu kiện chịu nén đúng tâm

Bảng 6.2: hệ số điều kiện làm việc

Điều kiện làm việc	γ_{bi}
1. Đổ bê tông theo phương đứng, mỗi lớp dày trên 1,5m	0,85
2. Cột có $h < 30\text{cm}$.	0,85
3. Giống (1), (2) nhưng dưỡng hộ bằng cách chưng hấp	0,90

R_{sc} : cường độ chịu nén tính toán của thép, cho trong phụ lục 2, cần chú ý nếu $R_{sc} > 400$ MPa thì chỉ lấy $= 400$ MPa.

φ : hệ số xét đến ảnh hưởng của uốn dọc, phụ thuộc vào độ mảnh λ , lấy như sau:

- Khi $\lambda_r < 28$ hoặc $\lambda_b < 8$ thì bỏ qua uốn dọc, lấy $\varphi = 1$.
- Khi $28 \leq \lambda_r < 120$ và $8 \leq \lambda_b < 31$ thì tính bằng công thức thực nghiệm sau:

$$\varphi = 1,028 - 0,0000288\lambda^2 - 0,0016\lambda \quad (6.5)$$

- Dựa vào công thức (6.4), ta có bài toán thiết kế như sau:

- Chọn sơ bộ tiết diện theo (6.1), tính L_o tùy theo sơ đồ kết cấu.
- Kiểm tra độ mảnh λ theo công thức (6.2) hoặc (6.3).
- Tính φ theo λ bằng công thức (6.5).

$$\text{○ Từ (6.4)} \Rightarrow A_{st} = \frac{\frac{N}{\varphi} - \gamma_b R_b A_b}{R_{sc}} \quad (6.6)$$

- Kiểm tra $\mu = \frac{A_{st}}{b x h} \cdot 100\%$
 - Nếu $\mu_{\min} \leq \mu \leq \mu_{\max} = 3\% \Rightarrow$ thỏa. (μ_{\min} lấy như bảng 6.1)
 - Nếu $\mu > \mu_{\max} \Rightarrow$ Tính lại A_{st} với $A_b = (b x h) - A_{st}$.

6.3. Tính toán cấu kiện chịu nén lệch tâm:

6.3.1. Các thông số tính toán:

a). Độ lệch tâm:

Độ lệch tâm tổng quát được tính như sau:

$$\left. \begin{array}{ll} e_o = \max(e_1; e_a) & \text{– cho kết cấu siêu tĩnh} \\ e_o = e_1 + e_a & \text{– cho kết cấu tĩnh định} \end{array} \right\} \quad (6.7)$$

Trong đó: e_1 : là độ lệch tâm thông thường (độ lệch tâm tĩnh học) $e_1 = M/N$,

e_a : là độ lệch tâm ngẫu nhiên do sai lệch về kích thước hình học, do đặt cốt thép không đúng vị trí, do bê tông không đồng chất, e_a lấy như sau:

$$e_a \geq h/30 \text{ và } H/600$$

với H - chiều cao cấu kiện.
 h - chiều cao tiết diện.

b). Hệ số ảnh hưởng của uốn dọc η :

• Lực dọc đặt lệch tâm sẽ làm cho cấu kiện có độ võng (xem hình 6.7), độ lệch tâm ban đầu sẽ tăng lên thành ηe_0 ($\eta > 1$), η gọi là hệ số ảnh hưởng của uốn dọc.

• Hệ số η sẽ không ảnh hưởng đến tính toán nếu độ mảnh λ của cấu kiện nhỏ, cụ thể như sau: $\lambda_h \leq 8$ hoặc $\lambda_r \leq 28$; Nếu λ vượt qua giới hạn trên thì được tính như sau :

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} > 1 \quad (6.8)$$

Trong đó : N - là lực dọc tính toán.

N_{cr} - là lực dọc tới hạn được tính theo công thức thực nghiệm sau – theo [3] (có thể tham khảo thêm các công thức tính khác trong quyển [2] hoặc [3]):

$$N_{cr} = \frac{6,4E_b}{L_0^2} \cdot \left(\frac{S.I}{\varphi_l} + \alpha.I_s \right) \quad (6.9)$$

Trong đó:

L_0 : chiều cao tính toán của cấu kiện, lấy theo mục 6.1.1 của chương này.

E_b : là modul đàn hồi của bê tông, lấy theo phụ lục 1

$\alpha = E_s/E_b$ - với E_s là modul đàn hồi của thép, lấy theo phụ lục 2.

I, I_s : Moment quán tính của tiết diện bê tông và toàn bộ cốt thép dọc lấy đối với trục đi qua trọng tâm tiết diện và vuông góc với mặt phẳng uốn .

$$I = \frac{b.h^3}{12} \quad (cm^4)$$

$$I_s = \mu.b.h_0 \cdot \left(\frac{h}{2} - a \right)^2 \quad (cm^4) \quad (6.10)$$

a - Lớp bê tông bảo vệ cốt thép cột (cm), thông thường chọn $a = 4$ cm,

h_0 - Là chiều cao làm việc của tiết diện : $h_0 = h - a$.

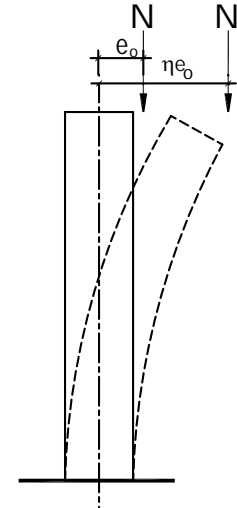
S - Hệ số kể đến ảnh hưởng của độ lệch tâm, được lấy như sau:

$$S = \frac{0.11}{0.1 + \frac{\delta_e}{\varphi_p}} + 0.1 \quad (6.11)$$

δ_e : là hệ số lấy theo qui định sau: $\delta_e = \max(e_0/h ; \delta_{\min})$

$$\delta_{\min} = 0,5 - 0,01L_0/h - 0,01R_b \quad (R_b - MPa) \quad (6.12)$$

φ_p : hệ số xét đến ảnh hưởng của việc căng trước cốt thép, thép thường (không ứng suất trước) lấy $\varphi_p = 1$.



Hình 6.7. ảnh hưởng của uốn dọc

$\varphi_l \geq 1$ – là hệ số kể đến ảnh hưởng của tác dụng dài hạn của tải trọng .

$$\varphi_l = 1 + \beta \frac{M_l + N_l \cdot y}{M + N \cdot y} \leq 1 + \beta \quad (6.13)$$

M_l, N_l : Moment và lực dọc do tải trọng dài hạn (gồm tải trọng thường xuyên và tải trọng tạm thời dài hạn) gây ra, nếu M_l và M trái dấu thì lấy M_l mang dấu âm (-).

M, N : Moment và lực dọc toàn phần .

y - Khoảng cách từ trọng tâm của tiết diện đến mép chịu kéo hoặc chịu nén nhỏ (đối với tiết diện chữ nhật $y = h/2$).

β : là hệ số phụ thuộc vào loại bê tông, bê tông nặng lấy bằng 1, các loại bê tông khác lấy theo bảng 29 - [3].

Nếu tính ra $\varphi_l < 1$ thì lấy bằng 1, có thể lấy $\varphi_l = 2$ để tính khi không tách riêng phần dài hạn và ngắn hạn khi giải nội lực.

6.3.2. Tính toán cấu kiện có tiết diện chữ nhật:

6.3.2.1. Phân biệt hai trường hợp lệch tâm:

- *Trường hợp lệch tâm lớn (LTL)*: xảy ra khi moment khá lớn, tức là e_l khá lớn, lúc này cấu kiện bị uốn cong nhiều và hình thành 2 vùng kéo - nén rõ rệt, sự phá hoại thường xảy ra từ vùng kéo, việc tính toán tiến hành như cấu kiện chịu uốn, nếu gọi x là chiều cao vùng bê tông chịu nén thì trường hợp LTL xảy ra khi $x \leq \xi_R h_0$ (ξ_R – tra phụ lục 5 theo cấp độ bền bê tông và thép sử dụng).

- *Trường hợp lệch tâm bé (LTB)*: xảy ra khi N tương đối lớn mà M tương đối nhỏ, cấu kiện có thể bị nén trên toàn bộ tiết diện hoặc có 1 phần nhỏ tiết diện chịu kéo, sự phá hoại thường xảy ra từ vùng nén, trường hợp này ứng với $x > \xi_R h_0$.

- Trong tính toán ban đầu nếu chưa biết x , có thể phân biệt 2 trường hợp lệch tâm như sau:

- Lệch tâm lớn khi : $\eta e_o \geq e_p$.

- Lệch tâm bé khi : $\eta e_o < e_p$.

Với : $e_p = 0,4(1,25h - \xi_R h_0)$ (6.14)

6.3.2.2. Tính toán trường hợp lệch tâm lớn (LTL)

a). Giả thiết tính toán :

Sơ đồ tính toán như hình 6.8, chấp nhận các giả thiết tính toán sau đây :

1. Bỏ qua sự làm việc của bê tông vùng kéo.
2. Ứng suất trong cốt thép A_s đạt tới R_s .
3. Ứng suất trong bê tông vùng nén phân bố đều và đạt giá trị chịu nén tính toán R_b , hợp lực của bê tông vùng nén là $R_b b x$.

4. Ứng suất trong cốt thép A'_s là σ'_s đạt đến giá trị cường độ tính toán R_{sc} khi thoả mãn điều kiện $x \geq 2a'$, nếu $x < 2a'$ thì chưa đạt đến R_{sc} .

b). Lập công thức cơ bản:

Sơ đồ ứng suất như hình 6.8, ta có:

$$e = \eta \cdot e_o + 0,5h - a \quad (6.15)$$

$$e' = \eta \cdot e_o - 0,5h + a' \quad (6.16)$$

- Lập phương trình cân bằng, ta có:

$$\sum M_{/As} = 0 \Leftrightarrow N \cdot e = \gamma_b R_b b x (h_o - 0,5x) + R_{sc} A'_s (h_o - a') \quad (6.17)$$

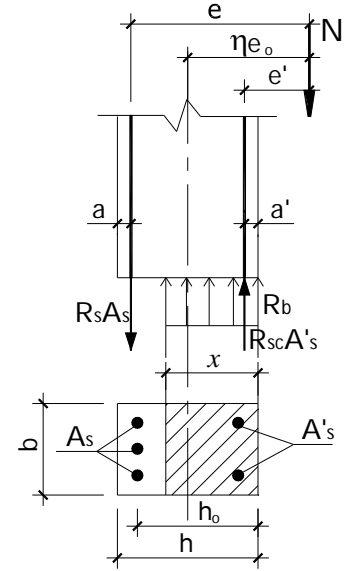
$$\sum Y = 0 \Leftrightarrow N = \gamma_b R_b b x + R_{sc} A'_s - R_s A_s \quad (6.18)$$

- Điều kiện hạn chế: $2a' \leq x \leq \xi_R h_o$ hay $\xi \leq \xi_R$.
- Thay $x = \xi h_o$ vào (6.17) và (6.18), ta có:

$$(6.15) \Rightarrow N \cdot e = \alpha_m \gamma_b R_b b h_o^2 + R_{sc} A'_s (h_o - a') \quad (6.19)$$

$$(6.16) \Rightarrow N = \xi \gamma_b R_b b h_o + R_{sc} A'_s - R_s A_s \quad (6.20)$$

Với $\alpha_m = \xi (1 - 0,5\xi)$ và $\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m}$; các công thức (6.17) \rightarrow (6.20) là các công thức cơ bản để tính cấu kiện chịu nén lệch tâm lớn.



Hình 6.8. Sơ đồ ứng suất để tính cấu kiện chịu nén lệch tâm lớn

c). Các dạng bài toán:

i). Bài toán 1: Tính A_s và A'_s không đối xứng, thực hiện theo các bước sau:

1. Chọn cấp độ bền bê tông và nhóm thép \Rightarrow biết được $R_s, R_{sc}, R_b, E_s, E_b, \xi_R$,
2. Chọn tiết diện b, h theo công thức (6.1) với N, M biết trước.
3. Tính và kiểm tra độ mảnh cấu kiện theo (6.2) hoặc (6.3); kiểm tra thêm điều kiện $\lambda_h \leq 8$ và $\lambda_r \leq 28$, nếu thoả thì không cần tính η , nếu không thoả thì ta tính η theo công thức (6.8).
4. Cần giả thiết μ_{gt} trong khoảng 1,2 – 2,0% để tính $I_s \Rightarrow \eta$ (với các số liệu đã có)
5. Tính e_1 , tính $e_a \Rightarrow e_o \Rightarrow e, e'$ từ (6.15), (6.16).
6. Để tận dụng hết khả năng chịu nén của A'_s ta có thể chọn $\alpha_m = \alpha_R$ tức là $\xi = \xi_R$ để tính, từ công thức (6.19) ta có:

$$A'_s = \frac{N \cdot e - \alpha_R \gamma_b R_b b h_o^2}{R_{sc} (h_o - a')} \quad (6.21)$$

$$\text{Từ (6.20)} \Rightarrow A_s = \frac{\xi_R \gamma_b R_b b h_o - N}{R_s} + \frac{R_{sc}}{R_s} A'_s \quad (6.22)$$

7. Kiểm tra hàm lượng cốt thép:

$$\mu = \frac{A_s + A'_s}{bh_o} * 100\%$$

$$\mu_{\min} \leq \mu \leq \mu_{\max} = 3,5\% \text{ (}\mu_{\min} \text{ lấy theo bảng 6.1)}$$

8. So sánh μ với μ_{gt} nếu sai số nhỏ hơn $\pm 5\%$ thì thỏa, nếu không thì lấy μ làm giả thiết tính lại vòng 2...

ii). Bài toán 2: Có A'_s tính A_s

• Trước hết cũng thực hiện các bước từ 1 \rightarrow 5 như trên.

• Từ (6.19) $\Rightarrow \alpha_m = \frac{N.e - R_{sc}A'_s(h_o - a')}{\gamma_b R_b b h_o^2}$ (6.23)

• Nếu $\alpha_m > \alpha_R$ chứng tỏ A'_s là chưa đủ để đảm bảo cường độ của vùng nén, ta có thể thực hiện lại như bài toán 1.

• Nếu $\alpha_m \leq \alpha_R$ thì tính hoặc tra bảng ra ξ và xét tiếp các trường hợp sau:

○ Nếu $x = \xi h_o \geq 2a'$ thì:

Từ (6.20) $\Rightarrow A_s = \frac{\xi \gamma_b R_b b h_o - N}{R_s} + \frac{R_{sc}}{R_s} A'_s$ (6.24)

○ Nếu $x = \xi h_o < 2a'$ thì ứng suất trong cốt thép A'_s chỉ đạt đến $\sigma'_s < R_{sc}$, lúc này ta lấy $x = 2a'$ để tính và lập phương trình cân bằng moment qua A'_s ta có (từ hình 6.8, với $x = 2a'$):

$$N.e' = R_s A_s (h_o - a') \quad (6.25)$$

$$\Rightarrow A_s = \frac{N.e'}{R_s (h_o - a')} \quad (6.26)$$

• Kiểm tra hàm lượng cốt thép và tính lại vòng lập như trên.

iii). Bài toán 3: Tính A_s và A'_s đối xứng

• Trước hết cũng thực hiện các bước từ 1 \rightarrow 5 như trên.

• Đặt cốt thép đối xứng tức là $A_s = A'_s$, thường ta có $R_s = R_{sc}$, nên từ công thức (6.18) ta có:

$$x = \frac{N}{\gamma_b R_b b} \quad (6.27)$$

○ Nếu $2a' \leq x \leq \xi_R h_o$ thì từ (6.17) ta có :

$$A_s = A'_s = \frac{N.e - \gamma_b R_b b x (h_o - 0.5x)}{R_{sc} (h_o - a')} \quad (6.28a)$$

với $R_b b x = N$, ta có thể viết lại:

$$A_s = A'_s = \frac{N \cdot (e - h_0 + 0.5x)}{R_{sc} (h_0 - a')} \quad (6.28)$$

- Nếu $x < 2a'$ thì tính $A_s = A'_s$ theo (6.26).
- Nếu $x > \xi_R h_0$ thì xảy ra trường hợp lệch tâm bé.

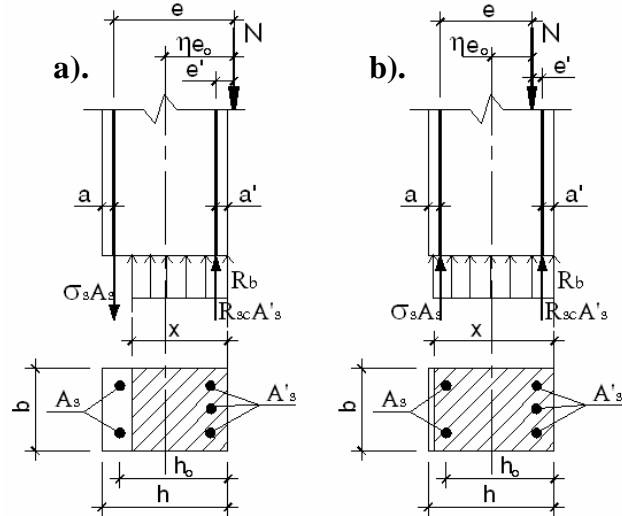
- Kiểm tra hàm lượng cốt thép và tính tại vòng lập như trên.

6.3.2.3. Tính toán trường hợp lệch tâm bé (LTB):

a). Giả thiết tính toán:

Cũng giống như trường hợp LTL nhưng ở giả thiết 2, ứng suất trong cốt thép A_s chưa đạt đến R_s mà chỉ là giá trị σ_s nào đó thôi, ứng suất này có thể kéo (hình 6.9a) hoặc nén (hình 6.9b).

Theo hình 6.9 ta cũng thấy rằng khi $x < h_0$ thì A_s chịu kéo, $x > h_0$ thì A_s chịu nén và nếu $x = h_0$ thì A_s không có ứng suất, tức là ta chỉ cần đặt thép theo cấu tạo.



Hình 6.9. Sơ đồ ứng suất để tính cấu kiện chịu nén lệch tâm bé

Nếu thỏa điều kiện (6.29) dưới đây thì ta không cần tính thép mà chỉ đặt theo cấu tạo - tức là bê tông đủ chịu lực (khi không thể giảm tiết diện hơn nữa do điều kiện kiến trúc):

$$N \leq N_b = R_b b (h - 2\eta e_0) \quad (6.29)$$

b). Lập công thức cơ bản:

- Lập phương trình cân bằng, ta có:

$$\sum M_{/A_s} = 0 \Leftrightarrow N \cdot e = \gamma_b R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') \quad (6.30)$$

Công thức (6.30) giống công thức (6.17) như ở đây $x > \xi_R h_0$.

$$\sum M_{/A'_s} = 0 \Leftrightarrow N \cdot e' = \gamma_b R_b b x (0.5x - a') \pm \sigma_s A_s (h_0 - a') \quad (6.31)$$

Công thức (6.31) có dấu cộng (+) khi A_s chịu nén ($x > h_0$), có dấu trừ (-) khi chịu kéo ($x < h_0$).

- Điều kiện áp dụng: $x > \xi_R h_0$.

c). Các dạng bài toán:

i). Bài toán 1: Tính A_s và A'_s không đối xứng

- Trước hết cũng thực hiện các bước từ 1 → 5 như trên.
- Chọn A_s theo yêu cầu cấu tạo.
- Tính x' theo các biểu thức thực nghiệm sau:

$$x' = \left(\xi_R + \frac{1 - \xi_R}{1 + 50 \left(\frac{e_o}{h} \right)^2} \right) \cdot h_o \quad (6.32)$$

- Tính A'_s theo công thức (6.28a) với $x = x'$ vừa tính ra.
- Khi $\eta_e < 0,15h_o$ thì cốt thép A_s chịu nén với ứng suất đáng kể và phải được tính toán theo công thức:

$$(6.31) \Rightarrow A_s = \frac{N \cdot e' - \gamma_b R_b \cdot b \cdot x \cdot (0.5x - a')}{\sigma_s (h_o - a')} \quad (6.33)$$

Trong đó σ_s được tính bằng công thức thực nghiệm, phụ thuộc vào mức độ lệch tâm và nó sẽ đạt đến một giá trị nào đó của cường độ R_s :

$$\sigma_s = \left(\frac{2 - \frac{2x}{h_o}}{1 - \xi_R} - 1 \right) R_s \quad (6.34)$$

với giá trị $x = x'$ tính theo công thức (6.32)

- Kiểm tra hàm lượng cốt thép và tính tại vòng lập như trên .

ii). Bài toán 2: Tính A_s và A'_s đối xứng

- Trước hết cũng thực hiện các bước từ 1 → 5 như trên.
- Khi tính x' theo các công thức (6.32) rồi tính $A_s = A'_s$ theo (6.28a) với $x = x'$
- Kiểm tra hàm lượng cốt thép và tính tại vòng lập như trên .

Ví dụ: Tính và bố trí thép cho một đoạn cột nhà nhiều tầng (bố trí đối xứng) với các thông số sau: $M=5T.m$, $N=100T$, bỏ qua thành phần dài hạn của tải trọng (lấy $\phi_1=2$), chiều cao cột $H=5m$, tiết diện $b \times h=25 \times 35cm$, lớp bảo vệ $a=a'=4cm$, giả thuyết $\mu_{gt}=2,75\%$ (chấp nhận độ sai lệch giữa μ_{tt} và μ_{gt} là $\leq 2\%$), bê tông B20 (hệ số điều kiện làm việc của bê tông $\gamma_b=0,85$), thép nhóm AII. Các số liệu khác có thể giả thuyết nếu cần.

Giải:

Cấu tạo:

- Chọn VL:
 - Bê tông B20 $\rightarrow R_b = 11.5 \text{ MPa} = 115 \text{ kgf/cm}^2$; $E_b = 27 \cdot 10^3 \text{ MPa}$.
 - Thép AII $\rightarrow R_s = 280 \text{ MPa} = 2800 \text{ kgf/cm}^2$; $E_s = 21 \cdot 10^4 \text{ MPa}$
- $\rightarrow \alpha = \frac{E_s}{E_b} = 7,78$
- $\xi_R = 0,623$; $\alpha_R = 0,429$.
- Tiết diện cho là : $h = 35 \text{ cm}$, $b = 25 \text{ cm}$, lớp bảo vệ $a = 4 \text{ cm} \rightarrow h_0 = 31 \text{ cm}$.
- Chiều cao cột $H = 500 \text{ cm}$, cột nhà nhiều tầng $\rightarrow L_0 = 0,7H = 0,7 \cdot 500 = 350 \text{ cm}$
- Tính $\lambda = \frac{L_0}{h} = \frac{350}{35} = 10 > 8 \rightarrow$ phải tính η
- Tính $e_1 = \frac{M}{N} = \frac{5}{100} = 0,05 \text{ m} = 5 \text{ cm}$; $e_a \geq \frac{h}{30} = \frac{35}{30} = 1,17 \text{ cm}$ và $\frac{H}{600} = \frac{500}{600} = 0,83 \text{ cm}$
vậy chọn $e_a = 1,17 \text{ cm}$
- $e_0 = \max(e_1; e_a) = 5 \text{ cm}$

Tính toán:

- Tính $S = \frac{0,11}{0,1 + \frac{\delta_e}{\varphi_p}} + 0,1$; với $\delta_e = \max(e_0/h; \delta_{\min})$; $\varphi_p = 1$ (không UST)

$$\delta_{\min} = 0,5 - 0,01 \frac{L_0}{h} - 0,01 R_b \quad (R_b \text{ lấy đ. vị MPa})$$

$$\rightarrow \delta_{\min} = 0,5 - 0,01 \cdot \frac{350}{35} - 0,01 \cdot 11,5 = 0,285$$

$$\rightarrow \delta_e = \max(5/35; 0,285) = \max(0,143; 0,285) = 0,285$$

$$\rightarrow S = \frac{0,11}{0,1 + \frac{\delta_e}{\varphi_p}} + 0,1 = \frac{0,11}{0,1 + \frac{0,285}{1}} + 0,1 = 0,386$$

- Lấy $\varphi_1 = 2$
- Giả thuyết $\mu_{gt} = 2,75\% \rightarrow I_s = \mu_{gt} b \cdot h_0 \left(\frac{h}{2} - a\right)^2 = 0,0275 \cdot 25 \cdot 31 \left(\frac{35}{2} - 4\right)^2 = 3.884 \text{ cm}^4$
 $I = b \cdot h^3 / 12 = 25 \cdot 35^3 / 12 = 89.323 \text{ cm}^4$.
- Tính : $N_{cr} = \frac{6,4 E_b}{L_0^2} \cdot \left(\frac{S \cdot I}{\varphi_1} + \alpha \cdot I_s \right) = \frac{6,4 \cdot 27 \cdot 10^3}{350^2} \cdot \left(\frac{0,386 \cdot 89.323}{2} + 7,78 \cdot 3.884 \right) = 669 \text{ T}$

- Tính $\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{100}{669}} = 1,176$
- Tính $e = \eta e_o + 0,5h - a' = 1,176 \cdot 5 + 0,5 \cdot 35 - 4 = 19,4 \text{ cm}$
- Kiểm tra trường hợp lệch tâm:

Vì là bố trí cốt thép đối xứng, nên : $x = \frac{N}{\gamma_b R_b b} = \frac{100.000}{0,85 \cdot 115 \cdot 25} = 40,92 \text{ cm}$

$x = 40,93 > \xi_R h_o = 0,623 \cdot 31 = 19,31 \rightarrow$ trường hợp lệch tâm bé

- Tính lại $x' = \left(\xi_R + \frac{1 - \xi_R}{1 + 50 \left(\frac{e_o}{h} \right)^2} \right) h_o = \left(0,623 + \frac{1 - 0,623}{1 + 50 \left(\frac{5}{35} \right)^2} \right) \cdot 31 = 25,1 \text{ cm}$
- Tính $A_s = A_s' = \frac{Ne - \gamma_b R_b b x' (h_o - 0,5x')}{R_{sc} (h_o - a')} =$
 $= \frac{100.000 \cdot 19,4 - 0,85 \cdot 115 \cdot 25 \cdot 25,1 (31 - 0,5 \cdot 25,1)}{2800 (31 - 4)} = 10,7 \text{ cm}^2.$
- Kiểm tra hàm lượng : $\mu_{tt} = \frac{2A_s}{b \cdot h_o} \cdot 100\% = \frac{2 \cdot 10,7}{25 \cdot 31} \cdot 100\% = 2,76\%$

Sai khác so với $\mu_{gt} < 2\% \rightarrow$ thỏa.

- Chọn thép : $3\phi 22$ ($A_s = 11,4 \text{ cm}^2$) bố trí như hình vẽ dưới

