www.ximang.vn

Chương 4:

CỘT &THANH NÉN ĐÚNG TÂM

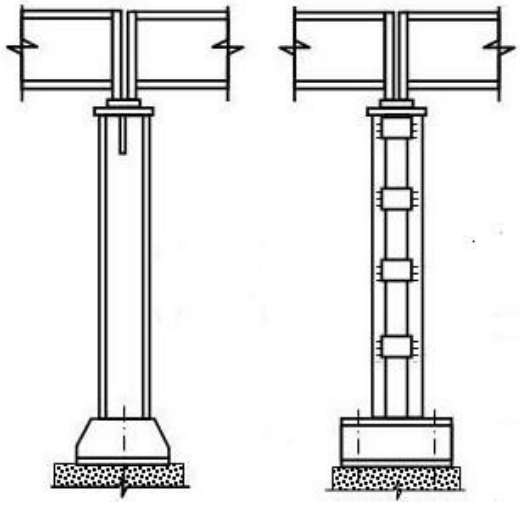
ξ1.Khái niệm chung

1.1.Đặc điểm chung:

Cột và thanh nén đúng tâm là kết cấu thường dùng trong kết cấu thép như: cột nhà, cột sàn công tác, thanh nén trong dàn.

Cột có các bộ phận chính:

- Đầu cột: bộ phận đỡ các kết cấu bên trên và phân phối tải trọng xuống thân cột.
- Thân cột: bộ phận chịu lực cơ bản, truyền tải trọng từ bên trên xuống móng.
- Chân cột: bộ phận liên kết cột với móng, phân phối tải trọng từ bên trên xuống móng.

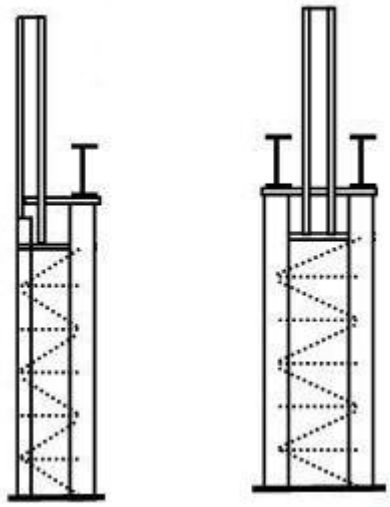


Hình 4.1: Cột tiết diện không đổi

1.2.Các loại cột:

Cột có nhiều loại tùy theo cách phân loại:

- Theo sử dụng:
  - Cột nhà công nghiệp
  - Cột nhà khung nhiều tầng
  - Cột đỡ sàn công tác
  - Cột đỡ đường ống..
- Theo cấu tạo:
  - Cột đặc - Cột rỗng
  - Cột tiết diện không đổi
  - Cột bậc thang ..
- Theo sơ đồ chịu lực:
  - Cột chịu nén đúng tâm
  - Cột chịu nén lệch tâm..



Hình 4.2: Cột tiết diện thay đổi

1.3.Sơ đồ tính và chiều dài tính toán:

1.Sơ đồ liên kết đầu cột và chân cột:

- Chân cột khớp cố định: thường dùng cho cột chịu nén đúng tâm. Đối với cột chịu nén lệch tâm nó được sử dụng khi yêu cầu thiết kế không có moment ở chân cột, như khi móng trên nền đất yếu.

www.ximang.vn

- Chân cột liên kết ngàm: dùng cho cột nén lệch tâm và cho cả cột nén đúng tâm, nó làm tăng độ ổn định cho cột.
- Đầu cột liên kết ngàm với xà ngang: thường dùng cột trong hệ khung.
- Đầu cột liên kết khớp với xà ngang: thường dùng trong cột chịu nén đúng tâm.
- Liên kết ở đầu cột cũng như chân cột có thể khác nhau theo các phương.

2.*Chiều dài tính toán:*

Chiều dài tính toán của cột tiết diện khong đổi hay các đoạn cột bậc:

$$l_o = \mu . l \qquad (4.1)$$

Trong đó: l : chiều dài hình học của cột.

μ : Hệ số chiều dài tính toán, phụ thuộc vào đặc điểm tải trọng nén tác dụng vào cột và sơ đồ liên kết ở 2 đầu cột.

1.4.Công thức tính:

Theo độ bền: $$\sigma = \frac{N}{F} \le \gamma.R \qquad (4.2)$$

Theo ổn định: $$\sigma = \frac{N}{F} \le \gamma.\varphi_{min}.R \qquad (4.3)$$

Với: φ_{min} : Hệ số uốn dọc được tính hay tra bảng theo λ_{max} .

λ_{max} : Độ mảnh lớn nhất trong 2 phương: x-x và y-y.

$$\lambda_x = l_{ox}/i_x \quad ; \quad \lambda_y = l_{oy}/i_y$$

Với: i_x , i_y : Bán kính quán tính của tiết diện cột theo 2 phương: x-x và y-y.

Chú ý:

- Hợp lý nhất là khi cột có độ ổn định theo 2 phương như nhau, nghĩa là:

$$\lambda_x = \lambda_y \qquad (4.4)$$

- Để cột làm việc bình thường trong quá trình sử dụng:

$$\lambda_{max} \le [\lambda] \qquad (4.5)$$

Với: $[\lambda]$: Độ mãnh giới hạn cho bởi QP.

- Để cột không bị mất ổn định cục bộ trước khi mất ổn định tổng thể:

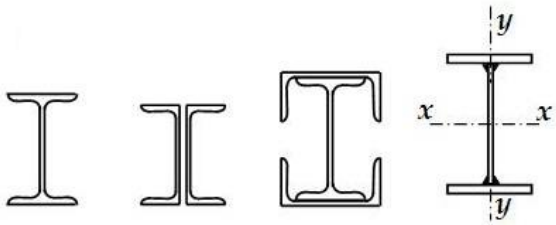
$$\sigma_{cb}^{th} \ge \sigma_{th}^{th} \qquad (4.6)$$

ξ2.Cột đặc:

2.1.Các loại tiết diện:

1.*Tiết diện I:*

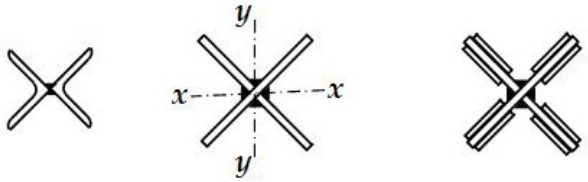
- Đơn giản
- Thỏa mãn các yêu cầu thiết kế
- Dễ liên kết với kết cấu khác.



Hình 4.3a: Cột đặc tiết diện I

2.*Tiết diện +:*

- $i_x = i_y$
- Đơn giản



Hình 4.3b: Cột đặc tiết diện chữ thập

www.ximang.vn

- Khó liên kết với kết cấu khác.

3.Tiết diện kín:

- Tiết kiệm vật liệu do *i* lớn
- Khó bảo quản (bịt kín 2 đầu).
- Khó liên kết với kết cấu khác.

Hình 4.3c: Cột đặc tiết diện kín

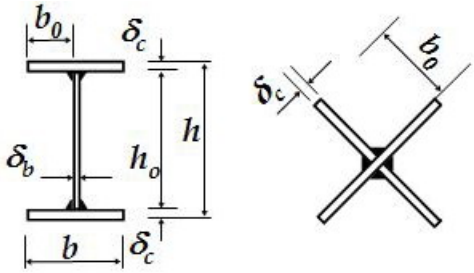
2.2.Cấu tạo và ổn định cục bộ:

δ_c = 8 ÷ 40 mm

δ_b = 6 ÷ 16 mm

Hợp lý khi thiết kế: δ mỏng → i lớn: tiết kiệm.

Nhưng phải: $\delta \geq \delta_{min}$ theo điều kiện ổn định cục bộ.



Hình 4.4: Cấu tạo cột đặc

Từ điều kiện: $\sigma_{cb}^{th} \geq \sigma_{th}^{th}$

Và xét đến: - Sự cong vênh ban đầu

- Sự đặt lực lệch tâm ngẫu nhiên làm σ_{cb} giảm.

Để ổn định cục bộ:

1.Bản cánh:

$$\frac{b_o}{\delta_c} \leq \left[\frac{b_o}{\delta_c}\right] \qquad (4.7)$$

Với: $\left[\frac{b_o}{\delta_c}\right]$ = $f(\lambda$, loại thép): độ mảnh giới hạn của phần cánh nhô ra, cho bởi QP.

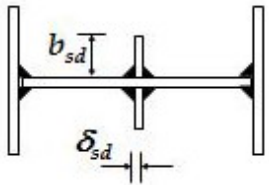
= 14 ÷ 23 (Đ/v thép CT3)

2.Bản bụng:

Với: $\bar{\lambda} = \lambda\sqrt{\frac{R}{E}}$:độ mãnh quy ước.

Cột I: với: $\bar{\lambda} \leq 0{,}8$: ($\lambda \leq 25$:CT3)

$$\frac{h_0}{\delta_b} \leq \sqrt{\frac{E}{R}} \quad (31\text{:CT3}) \qquad (4.8)$$



Hình 4.5: Sườn dọc

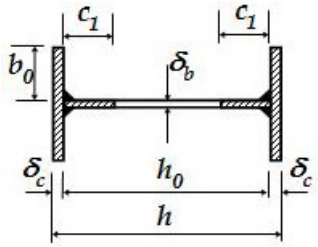
Với $\bar{\lambda} > 0{,}8$: ($\lambda > 25$:CT3)

$$\frac{h_0}{\delta_b} \leq (0{,}36 + 0{,}8\bar{\lambda})\sqrt{\frac{E}{R}} = \left[\frac{h_o}{\delta_b}\right] \qquad (4.9)$$

Và: $\leq 2{,}9\sqrt{E/R}$ (90:CT3) (4.10)

Nếu không thỏa mãn phải đặt sườn dọc.

Khi: $\frac{h_0}{\delta_b} \leq 1{,}5\left[\frac{h_o}{\delta_b}\right]$ có thể không cần đặt sườn dọc nhưng phần tiết diện bụng bị mất ổn định không kể vào tiết diện chịu lực



Hình 4.6: Tiết diện chịu lực

www.ximang.vn

- Kích thước sườn dọc:

$b_s \geq 10\,\delta_b$ (4.11)

$\delta_s \geq 0{,}75\,\delta_b$ (4.12)

Tiết diện sườn được kể vào tiết diện tính toán của cột.

- Sườn ngang: được đặt khi:

$h_0 / \delta_b \geq 2{,}2\sqrt{E/R}$ (70:CT3) (4.13)

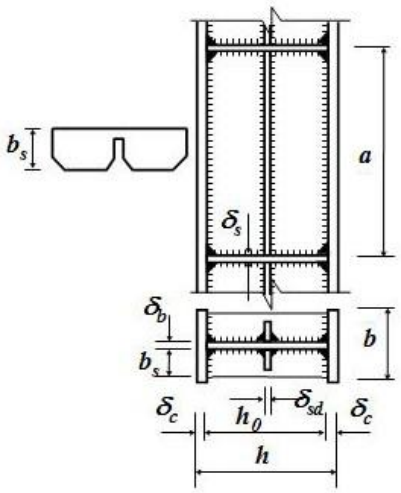
- Kích thước sườn ngang:

$b_s' \geq h_0/30 + 40$ mm (4.14)

$\delta_s' \geq 2b'_s \sqrt{R/E}$ (b'_s/15:CT3) (4.15)

- Khoảng cách 2 sườn ngang: $a = (2{,}5 \div 3)h_0$

- Trong một đoạn chuyên chở ít nhất phải có 2 sườn ngang.



Hình 4.7: Sườn ngang

3.*Liên kết:*

Q = 0 nhưng để kể đến lực cắt do hiện tượng hay cong vênh ban đầu , ta phải liên kết cánh và bụng cột theo cấu tạo:

- Cột t/h hàn: -hàn liên tục. - $h_h \approx 0{,}5\delta_b \approx 6 \div 8$ mm

- Cột t/h tán: - $a \approx a_{max}$

2.3.Chọn tiết diện:

1.*Các bước:*

- Xác định N tính toán.
- Xác định l_{ox} ,l_{oy} ; Dự kiến tiết diện.
- Chọn tiết diện ; Kiểm tra.

2.*Chọn tiết diện và kiểm tra:*

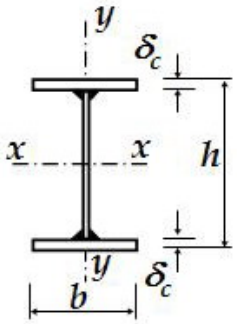
Sơ bộ chọn: $F_{yc} = \dfrac{N}{m.\varphi.R}$ (4.16)

Với: λ_{gt} =100 ÷ 70 Khi: N = 150 ÷ 250T

= 70 ÷ 50 Khi: N ≥ 250T

Mặt khác: $i_{yc} = \dfrac{l_o}{\lambda_{gt}}$ (4.17)

$\Rightarrow$ $h_{yc} = \dfrac{i^x_{yc}}{\alpha_x}$ (4.18) ; $b_{yc} = \dfrac{i^y_{yc}}{\alpha_y}$ (4.19)



Hình 4.8:

α_x , α_y :cho bởi qui phạm.

Từ: F_{yc} , h_{yc} , b_{yc} , và đ/k ổn định cục bộ $\Rightarrow$ δ_b , δ_c

Từ tiết diện đã chọn $\Rightarrow$ F , J_x , J_y , i_x , i_y , λ_x , λ_y , φ_{min}

Và kiểm tra: $\lambda_x \leq [\lambda]$; $\lambda_y \leq [\lambda]$ $\Rightarrow$ φ_{min}

$\Rightarrow$ $\sigma = \dfrac{N}{F} \leq m.\varphi_{min}.R$ (4.20)

www.ximang.vn

3.*Chọn tiết diện theo* [λ]:

Khi N nhỏ ⇒ F: nhỏ ⇒ $\lambda > [\lambda]$, thì phải chọn tiết diện lại theo [λ].

$$i_{yc} = \frac{l_o}{[\lambda]} \qquad (4.21)$$

⇒ h_{yc} , b_{yc} và đ/k ổn định cục bộ ⇒ δ_b , δ_c

2.4.Ví dụ:

Chọn tiết diện cột I chịu nén trung tâm với N = 410T, l_{0x} =9,1m, l_{0y} =4,55m.

Giả thiết: $\lambda_{gt} = 60 \Rightarrow \varphi = 0{,}86$

$$\Rightarrow F_{yc} = \frac{N}{m.\varphi.R} = 228 \text{ cm}$$

$$i_{yc}^{x} = \frac{l_{ox}}{\lambda_{gt}} = 15{,}2 \text{ cm}$$

$$i_{yc}^{y} = \frac{l_{oy}}{\lambda_{gt}} = 7{,}6 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow h_{yc} = \frac{i_{yc}^{x}}{\alpha_x} = 36 \text{ cm} \quad ; \quad b_{yc} = \frac{i_{yc}^{y}}{\alpha_y} = 32 \text{ cm}$$

Chọn tiết diện như hình vẽ:

Kiểm tra ổn định cục bộ:

$b_o/\delta_c = 40/2x2{,}2 = 9{,}1 < 15$

$h_o/\delta_b = 40/1{,}2 = 33 < [h_o/\delta_b]$

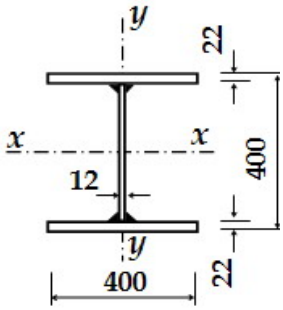
Có: F = 224 cm^2 , J_x = 84900 cm^4 , J_y = 23500 cm^4

⇒ i_x = 19,5 cm , i_y = 10,2 cm

⇒ λ_x = 46,5 , λ_y = 44

⇒ φ_{min} = 0,9

σ = 2,02 T/cm^2



Hình 4.9:

ξ3.Cột rỗng:

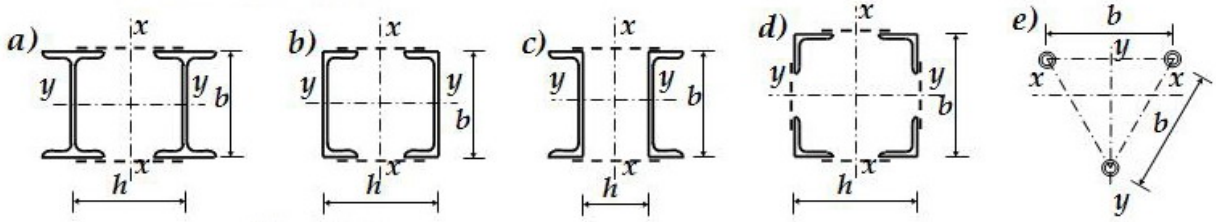
Cột rỗng được cấu tạo bởi các nhánh đặt cách xa nhau, liên kết với nhau bằng hệ bụng rỗng.

Đặc điểm: - Ổn định theo 2 phương gần bằng nhau nên tiết kiệm vật liệu.

- Tốn công chế tạo.

Nên được dùng nhiều cho cột chịu N vừa và chiều cao lớn.

3.1.Tiết diện:



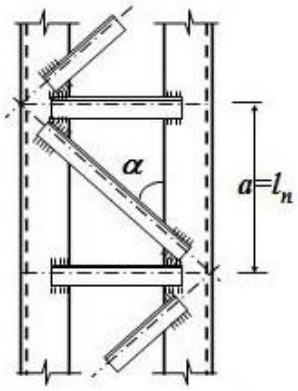
Hình 4.10:

-Trục thực: cắt vật liệu.

-Trục ảo: Không cắt vật liệu.

3.2.Cấu tạo:

- Khe hở giữa 2 nhánh ≥ 100 ÷ 150 : để dễ sơn bên trong.
- Liên kết nhánh để :
  - Bảo đảm ổn định từng nhánh và toàn cột.
  - Chịu Q do lệch tâm khi đặt tải hay chế tạo.
- Hệ giằng có 2 loại:



Hình 4.11:

1.Hệ thanh giằng:

Thanh giằng được làm bằng thép góc ≥ L40x5.

Đặc điểm: - Độ cứng lớn chống xoắn khỏe.

- Chế tạo phức tạp.

Sử dụng: Khi tải trọng lớn, cột cao.

Chú ý: Trục thanh hội tụ bên ngoài nhánh cột để tăng phạm vi liên kết nhánh cột và thanh giằng.

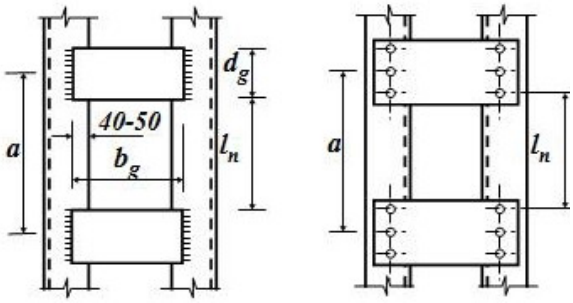
2.Hệ bản giằng:

Đặc điểm: - Đẹp , đơn giản.

- Độ cứng nhỏ.

Sử dụng:

- Khi N ≤ 200 ÷ 250T
- Khoảng cách 2 nhánh ≤ 0,8÷1m



Hình 4.12:

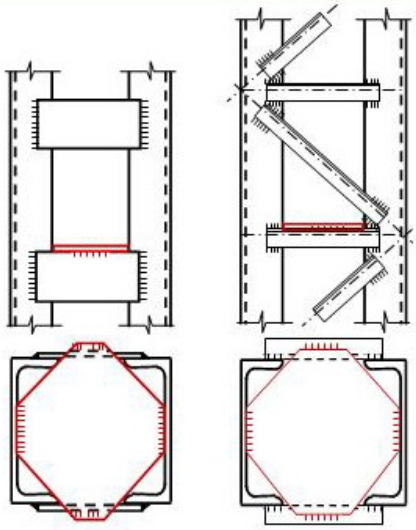
3.Sườn ngăn:

Tác dụng: - chống xoắn

- Tiết diện ngang không biến hình.

Khoảng cách 2 sườn: 3÷4 m

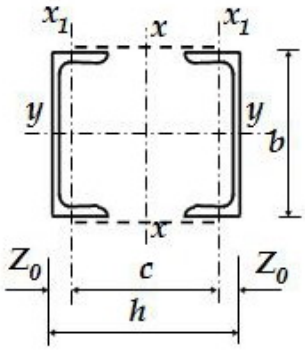
Trong 1 cột có ít nhất 2 sườn ngăn



Hình 4.13: Sườn ngăn

3.3.Sự làm việc của cột rỗng:

Theo 2 phương khác nhau.



Hình 4.14:

www.ximang.vn

1.Trục thực:

Trục cột ≡ trục nhánh: không ảnh hưởng bởi hệ giằng nên cột làm việc như cột đặc.

$$\lambda_y = \frac{l_{oy}}{i_y} \qquad (4.22) \qquad \text{Với:} \quad i_y = i_y^n$$

2.Trục ảo:

Trục cột ≠ trục nhánh: có ảnh hưởng bởi hệ giằng.

Khi làm việc hệ giằng biến dạng làm khả năng ổn định của cột giảm. Nên khi tính ta dùng độ mãnh tương đương.

$$\lambda_{tđ} = \mu.\lambda_x \qquad (4.23)$$

$\mu < 1$:tùy thuộc hệ giằng bụng.

a.Cột bản giằng:

$$\lambda_{tđ} = \sqrt{\lambda_x^2 + \lambda_n^2} \qquad (4.24)$$

Với: $\lambda_x = \frac{l_{ox}}{i_x}$; $i_x \neq i_x^n$

$$\lambda_n = \frac{l_n}{i_x^n}$$

b.Cột thanh giằng:

$$\lambda_{tđ} = \sqrt{\lambda_x^2 + k_1.\frac{F}{F_G}} \qquad (4.25)$$

Với : F_G : diện tích tiết diện thanh giằng kể cả 2 mặt rỗng.

k_1 : Hệ số phụ thuộc góc α_1 giữa thanh giằng và nhánh cột.Vì $\alpha_1 \approx 45 \div 60^0$ nên: $k_1 = 27$. Do đó:

$$\lambda_{tđ} = \sqrt{\lambda_x^2 + 27.\frac{F}{F_G}} \qquad (4.26)$$

3.4.Chọn tiết diện: (Cột 2 mặt rỗng)

1.Chọn tiết diện từng nhánh:

Sơ bộ tính như cột đặc:

$$F_{yc} = \frac{N}{m.\varphi.R} \qquad (4.27)$$

$$i_{yc}^y = \frac{l_{oy}}{\lambda_{gt}}$$

Với: $\lambda_{gt} = 90 \div 60$ Khi: $N = 150 \div 250T$

$= 60 \div 40$ Khi: $N \geq 250T$

Từ F_{yc} , i_{yc} chọn qui cách thép hình U,I cho phù hợp.

Kiểm tra ổn định theo phương trục y - y:

$$\sigma_y = \frac{N}{F} \leq m.\varphi_y.R \qquad (4.28)$$

www.ximang.vn

2.Chọn khoảng cách giữa 2 nhánh:

Dựa vào nguyên tắc: $\lambda_{td} \approx \lambda_y$ (4.29)

a.Cột bản giằng:

$$\Rightarrow \quad \lambda_x^{yc} = \sqrt{\lambda_y^2 - \lambda_n^2} \qquad (4.30)$$

b.Cột thanh giằng:

$$\Rightarrow \quad \lambda_x^{yc} = \sqrt{\lambda_y^2 - k_1.\frac{F}{F_G}} \qquad (4.31)$$

Trong đó F_G ,λ_n được giả định trước. Thường lấy: $\lambda_n = 30 \div 40 \le \lambda_x$

$$\Rightarrow \quad i_{yc}^x = \frac{l_{ox}}{\lambda_x^{yc}} \qquad (4.32)$$

$$\Rightarrow \quad h_{yc} = \frac{i_{yc}^x}{\alpha_x} \qquad (4.32)$$

Từ h_{yc} ta chọn h phù hợp với yêu cầu cấu tạo.

Tính thanh giằng hay bản giằng để xác định F_G hay λ_n rồi kiểm tra cột đối với trục ảo x-x theo số liệu chính xác:

$$\sigma_y = \frac{N}{F} \le m.\varphi_y.R \qquad (4.33)$$

Với: φ_y được tính từ λ_{td}

3.5.Tính hệ giằng bụng:

1.Khái niệm về lực cắt qui ước:

Đến trạng thái giới hạn do thanh bị uốn cong nên sinh ra lực cắt trong thanh.

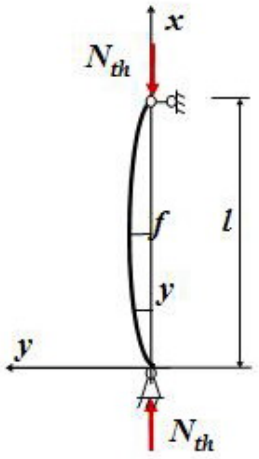
$$Q = \frac{dM}{dx} = N_{th}.\frac{dy}{dx}$$

Với: $y = f.\sin \frac{x}{l}$

$$\Rightarrow \quad Q_{max} = N_{th}.f.\frac{\pi}{l}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{Q_{max}}{F} = \sigma_{th}.f.\frac{\pi}{l} = \Phi(E, \lambda, l, f)$$

Cùng 1 loại vật liệu, khi λ thay đổi, l,f thay đổi theo và Q/F thay đổi rất ít.



Hình 4.15:

Nên QP qui định lấy lực cắt qui ước Q_{qu} :

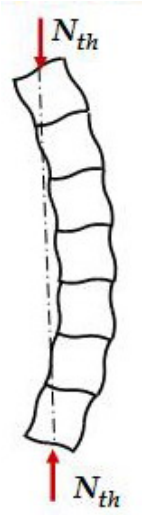
$$Q_{qu} = t.F \quad \text{(Kg)} \qquad (4.34)$$

Với: t: Phụ thuộc vào loại vật liệu. (Thép CT3: t = 20)

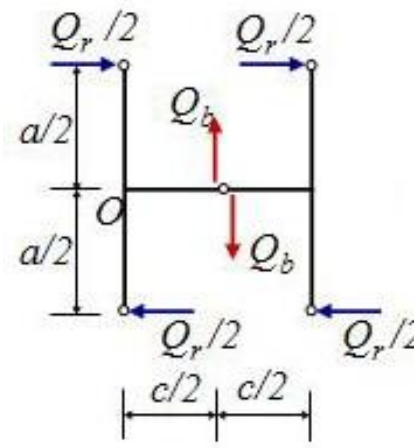
2.Tính bản giằng:

Theo thực nghiệm và tính toán khi cột đạt đến trạng thái giới hạn thì cột bị cong và trên từng nhánh cột có biến dạng theo đường cong chữ S .Trong đó có các điểm M=0, nên ta thay vào đó bằng khớp. Kết cấu thành tĩnh định. Cắt 1 đoạn để xét:

www.ximang.vn



Hình 4.16:



Hình 4.17:

Dưới lực cắt $Q_r = Q_{qu}/2$ bản giằng chịu:

$$Q_b = \frac{Q_r.a}{c} \qquad (4.35)$$

$$M_b = \frac{Q_r.a}{2}$$

Với: $c = h - 2Z_0$

a. Kích thước bản giằng:

- b_g : phụ thuộc h và loại liên kết.
- $d_g = (0,5 \div 0,8)\ h$: đối với cột tổ hợp hàn.
  $= (0,75 \div 1)\ h$: đối với cột tổ hợp đinh tán.
- $\delta_g = (1/10 \div 1/20)\ d_g = 6 \div 12$ mm
- Khoảng cách giữa 2 bản giằng: $l_n = (30 \div 40)\ i_x^n$

b. Liên kết:

Liên kết hàn: - $h_h = \delta_g$

Liên kết tán: - Mỗi bên lấy 2, 3 hay 4 đinh đối với cột nhẹ,vừa hay nặng.

3. Tính thanh giằng:

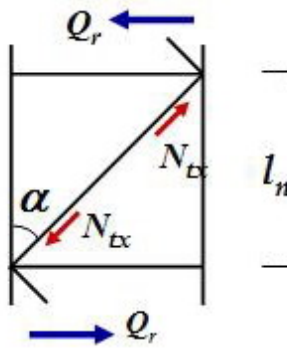
a. Thanh giằng xiên:

Chịu lực dọc trục:

$$N_{tx} = \frac{Q_r}{\sin\alpha} \qquad (4.36)$$

$$\sigma_{tx} = \frac{N_{tx}}{F_g} \le m.\varphi_{min}.R \qquad (4.37)$$

Với: $m = 0,75$



Hình 4.18:

b. Thanh giằng ngang:

Để giảm chiều tính toán của nhánh cột.

Thường chọn bằng tiết diện thanh giằng xiên.

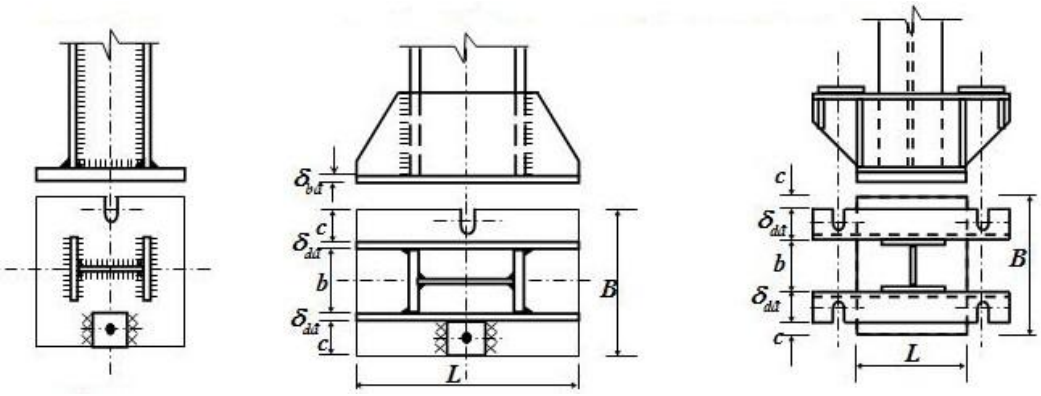
www.ximang.vn

ξ4.Chân cột:

Phức tạp, thường chiếm khoảng 20% thời gian và chi phí.

4.1.Các loại chân cột:

Chân cột phải được cấu tạo phù hợp với sơ đồ tính và độ lớn tải trọng.



Hình 4.19:

Nối khớp: dùng 2 bulon ϕ 20 ÷ 25 để định vị khi thi công và chịu uốn ngẫu nhiên.

Nối ngàm: dùng 4 bulon ϕ 20 ÷ 36

Lỗ bulon trên bản đế có đường kính ϕ_l =(1,5 ÷ 2) ϕ_b để dễ lắp cột. Sau khi định vị cột ta đặt thêm tấm đệm có đường kính lỗ ϕ_l lớn hơn ϕ_b khoảng 3mm, và hàn với bản đế trước khi vặn êcu.

Chân cột đặt thấp hơn mặt nền ≈ 0,5m, sau đó đổ bêtong để chống rĩ.

4.2.Tính toán và cấu tạo:

1.Tính bản đế:

a.Diện tích bản đế:

$$F = B.L \geq \frac{N}{R_{bt}} \qquad (4.38)$$

Với: R_{bt} : cường độ tính toán ép cục bộ của betong móng.

$$R_{bt} = R_n \sqrt[3]{\frac{F_m}{F}} \leq 1{,}5.R_n \qquad (4.39)$$

R_n : cường độ tính toán của bêtong chịu nén.

F_m : diện tích mặt móng.

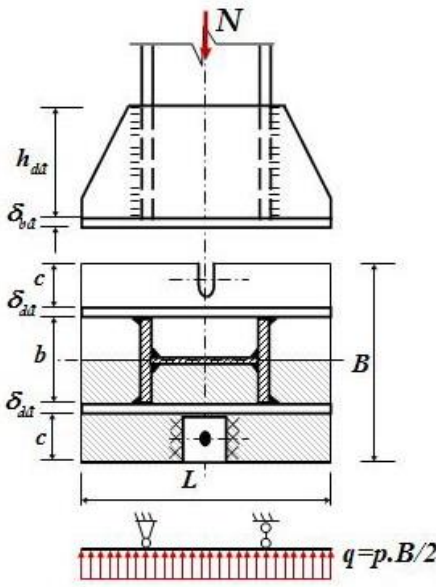
b.Bề rộng B: lấy theo cấu tạo:

$$B = b + 2(\delta_{dđ} + c) \qquad (4.40)$$

Với: b: khoảng cách giữa hai dầm đế.

$\delta_{dđ}$: bề dày dầm đế .

$\delta_{dđ}$ =10 ÷ 16mm: đối với cột t/h hàn.



Hình 4.20:

www.ximang.vn

=80 ÷ 100mm: đối với cột t/h tán.

c = (2 ÷ 4) $\delta_{dđ}$ =20 ÷ 40mm

$\Rightarrow$ $L = F/B$

Đối với cột chịu nén đúng tâm hợp lý nhất là: L/B = 0,5 ÷ 2

c.Bề dày bản đế:

Xác định từ điều kiện chịu uốn do áp lực của móng phân bố lên bản đế.

$$p = \frac{N}{B.L} \qquad (4.41)$$

Nội lực sinh ra do p trong các ô bản đế là M_i , nội lực lớn nhất trong các ô là M_{max} . Vậy bề dày bản đế :

$$\delta_{bđ} \geq \sqrt{\frac{6.M_{max}}{R}} \approx 16 \div 40 \text{ mm} \qquad (4.42)$$

Chú ý: Để tiết kiệm vật liệu cần bố trí dầm đế, sườn,B,L sao cho các giá trị nội lực trong các ô bản M_i chênh lệch nhau ít.

2.Tính dầm đế:

a.Chiều cao dầm đế:

Xác định từ chiều dài đường hàn liên kết dầm đế vào nhánh cột.

Nếu dầm đế liên kết vào nhánh cột bằng 4 đường hàn thì:

$$h_{dđ} \geq l_h = \frac{N}{4.\beta.h_h.R_g^h} \qquad (4.43)$$

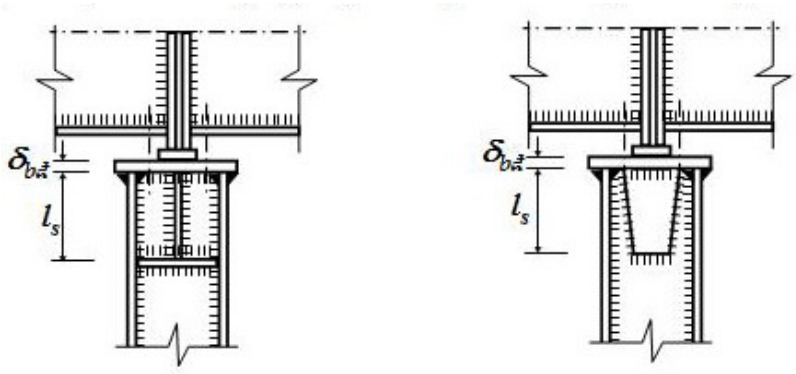
Với: h_h = (1 ÷ 1,2) $\delta_{dđ}$ = 10 ÷ 14 mm

b.Bề dày dầm đế:

Xác định theo độ bền của dầm đế dưới áp lực của móng truyền lên.

ξ5.Mũ cột:

Để đỡ cấu kiện bên trên. Để nối khớp giữa cột và rường ngang, đơn giản nhất là dùng bản đậy có $\delta_đ$ = 16 ÷ 25 mm.



Hình 4.21:

Chiều cao đường hàn nối bản đậy và mũ cột phải đủ để chịu lực N.

Bulon định vị để nối cột và rường ngang được lấy ϕ 18 ÷ 22