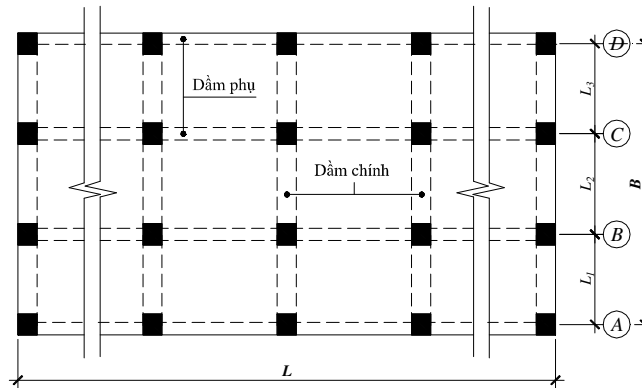


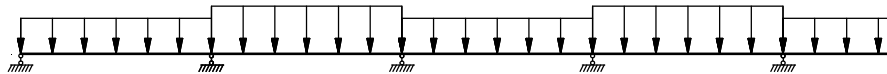
CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ DÀM PHỤ

Khi kích thước nhà có chiều dài lớn so với phương ngang. Đối với những dầm theo phương dọc nhà (dầm phụ) người ta cho phép bỏ qua ảnh hưởng của tải trọng ngang, tách thành các dầm riêng lẻ để thiết kế. (hình 4.1)



Hình 4.1. Mặt bằng phân loại dầm

Sơ đồ tính dầm phụ là dầm liên tục kê lên các gối tựa là cột hoặc dầm chính (hình 4.2)



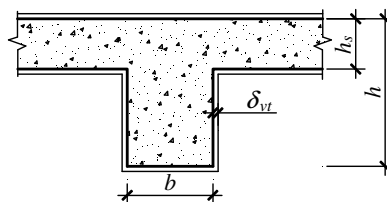
Hình 4.2. Sơ đồ tính dầm phụ

4.1. XÁC ĐỊNH TẢI TRỌNG TÁC DỤNG LÊN KHUNG

4.1.1. Tĩnh tải

4.1.1.1. Trọng lượng bản thân dầm

Phần sàn giao nhau với dầm được tính vào trọng lượng sàn, trọng lượng bản thân của dầm chỉ tính với phần không giao với sàn.



Hình 4.3: Mặt cắt ngang tiết diện dầm

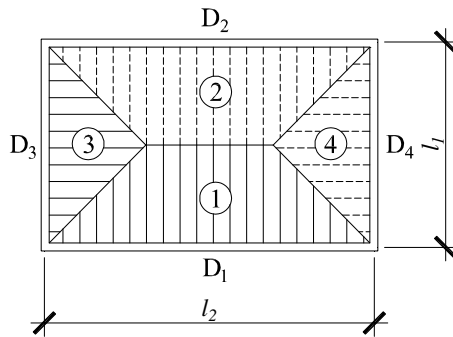
Phần bê tông: $g_{bt} = 1,1 \cdot \gamma_{bt} \cdot b \cdot (h_d - h_s)$ (kN/m)

Phần trát $g_{vt} = 1,3 \cdot \gamma_v \cdot \delta_v \cdot 2(h - h_s)$ (kN/m)

Trọng lượng bản thân dầm trên 1 m dài: $g_d = g_{bt} + g_{vt}$ (kN/m)

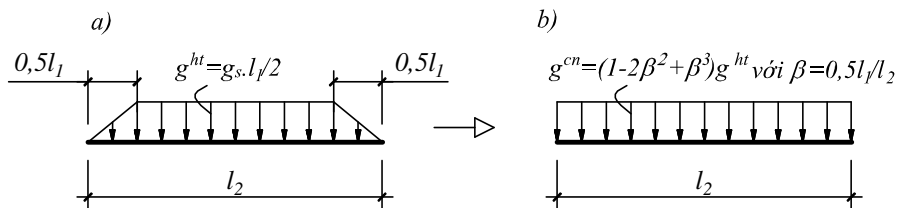
4.1.1.2. Do sàn truyền vào

Xem sàn truyền vào dầm theo các góc 45°



Hình 4.4: sơ đồ truyền tải sàn

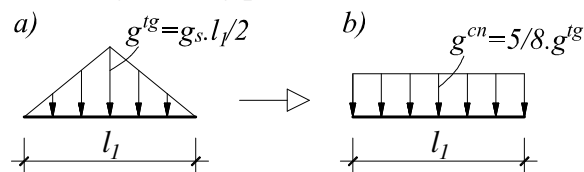
Phần sàn 1, 2 lần lượt truyền vào các dầm D_1, D_2 dưới dạng hình thang (hình 4.5a). Để đơn giản cho quá trình tính toán có thể chuyển từ hình thang sang phân bố đều (hình 4.5b)



Hình 4.5: Tải trọng tác dụng lên dầm D_1, D_2

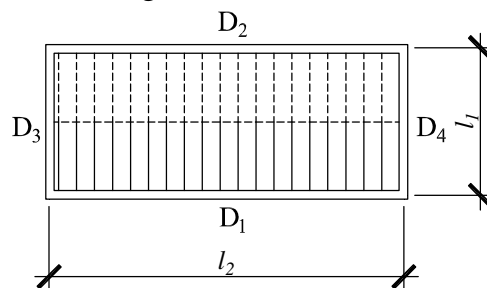
(Cách quy đổi trên theo nguyên lý cân bằng momen ngàm hai đầu, thuận tiện cho quá trình tính toán nhưng sẽ không chính xác về lực cắt và chuyển vị. Nếu tính nội lực bằng cách chương trình máy tính thì nên nhập nguyên hình dạng của tải trọng để cho kết quả chính xác hơn)

Phần sàn 3, 4 lần lượt truyền vào các dầm D_3, D_4 dưới dạng hình tam giác (hình 4.6a). Cũng có thể chuyển từ hình tam giác sang phân bố đều. (hình 4.6b)



Hình 4.6: Tải trọng tác dụng lên dầm D_3, D_4

Đối với sàn bản dầm: xem tải trọng chỉ truyền vào dầm theo phương cạnh dài, dầm theo Phương cạnh ngắn không chịu tải trọng từ sàn (hình 4.7)



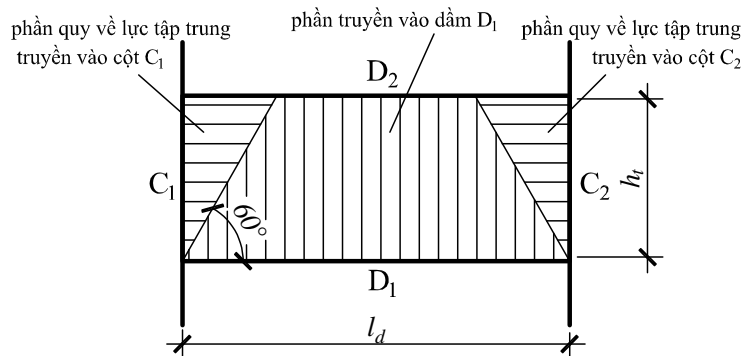
Hình 4.7: sơ đồ truyền tải sàn bản dầm

Dầm D_1, D_2 nhận tải trọng phân bố đều $g_s \frac{l_1}{2}$. Dầm D_3, D_4 không nhận tải trọng truyền từ sàn.

4.1.1.3. Do tường và cửa xây trên dầm

Tường xây trực tiếp lên dầm, tùy chức năng mà có những quan niệm khác nhau về tính chất của nó, có 3 quan niệm khác nhau như sau:

- Khung và tường làm việc chung với nhau, quan niệm tính toán này mang lại hiệu quả kinh tế, tuy nhiên lý thuyết tính toán chưa hoàn chỉnh và phức tạp.
- Một phần tải trọng truyền lên dầm, phần còn lại truyền lên khung thông qua lực tập trung tại đầu cột (hình 4.8). Phương pháp này cho hiệu quả kinh tế nhưng vẫn có sự phức tạp (đặc biệt trường hợp tường có lỗ cửa).
- Trường hợp $l_d > 2h_t \cdot \tan 30^\circ$: tải trọng truyền từ tường vào dầm dạng hình thang:



Hình 4.8: sơ đồ truyền tải từ tường

✓ Trọng lượng trên $1m^2$ tường:

$$g_t = n_g \cdot \gamma_g \cdot \delta_g + 2 \cdot n_r \cdot \gamma_r \cdot \delta_r \quad (\text{kN/m}^2)$$

n_g : hệ số vượt tải của gạch (gạch đặc $n_g=1,1$; gạch rỗng $n_g=1,3$)

n_r : hệ số vượt tải của lớp trát ($n_r=1,3$)

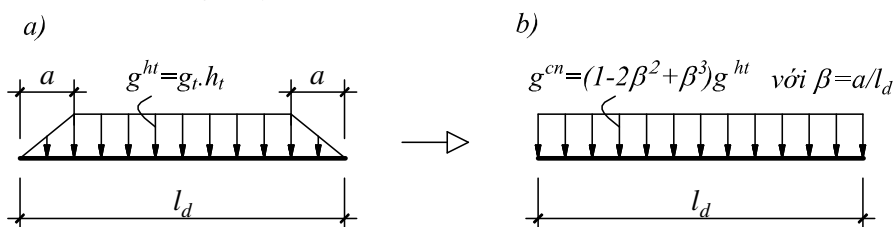
γ_g : trọng lượng riêng của gạch (gạch đặc $\gamma_g=18\text{kN/m}^3$; gạch rỗng

$\gamma_g=15\text{kN/m}^3$)

γ_r : trọng lượng riêng của vữa trát ($\gamma_r=20\text{kN/m}^3$)

$h_t = h_{\text{tường}} - h_{\text{dầm}}$: chiều cao tường xây.

✓ Phần tường truyền vào dầm $D1$:



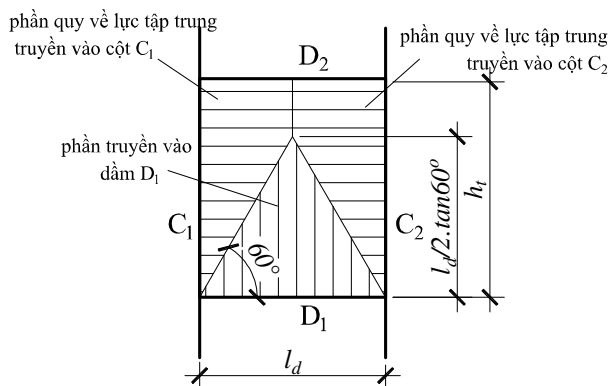
Hình 4.9: Tải trọng tường tác dụng vào dầm $D1$

Trong đó: $a = h_t \cdot \tan 30^\circ$

✓ Phân lực tập trung truyền vào cột C_1 (gần đúng):

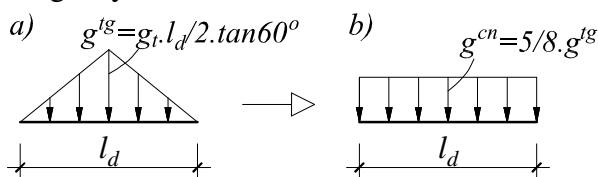
$$F_1 = g_t \cdot \frac{1}{2} \cdot h_t \cdot a$$

- Trường hợp $l_d < 2h_t \cdot \tan 30^\circ$ thì tải trọng truyền từ tường vào dầm dạng hình tam giác (hình 4.10):



Hình 4.10: Sơ đồ truyền tải từ tường vào dầm $D1$ khi l_d bé

✓ Phân tường truyền vào dầm D_1 :



Hình 4.11: Tải trọng tường tác dụng vào dầm $D1$ khi l_d bé

✓ Phân lực tập trung truyền vào cột C_1 (gần đúng):

$$F_1 = g_t \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(2h_t - \frac{l_d}{2} \cdot \tan 60^\circ \right) \cdot \frac{l_d}{2}$$

- Quan niệm thông thường là xem toàn bộ trọng lượng tường + cửa truyền lên dầm là phân bố đều:

$$g_{t \rightarrow d} = \frac{g_t \cdot S_t + n_c \cdot g_c^{tc} \cdot S_c}{l_d} \text{ (kN/m)}$$

S_c : diện tích cửa

S_t : diện tích tường xây (gần đúng $S_t = l_d \times h_t - S_c$)

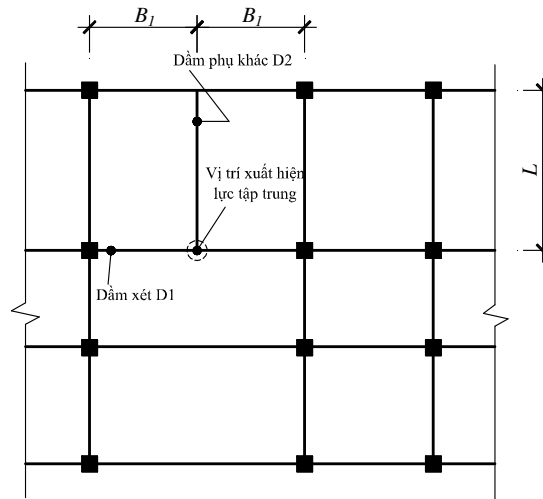
n_c : hệ số vượt tải cửa (1,1)

g_c^{tc} : tải trọng tiêu chuẩn phân bố trên $1m^2$ cửa (cửa kính khung gỗ : $25daN/m^2$, khung thép: $40daN/m^2$, khung nhôm: $15daN/m^2$).

(Quan niệm này thường dùng phổ biến vì tính toán đơn giản và an toàn)

4.1.1.4. Do dầm phụ khác truyền vào

Tại những vị trí có dầm phụ khác kê lên sẽ xuất hiện lực tập trung (hình 4.12).



Hình 4.12: Vị trí xuất hiện lực tập trung

Tải tập trung do trọng lượng bản thân dầm phụ D2 truyền vào dầm D1

$$P_{\text{TLBT dầm}} = \frac{g_{D2} \cdot L}{2}$$

Trong đó:

g_{D2} - là trọng lượng trên 1m dài các dầm phụ D2 (xác định như mục 4.1.1.1)

L - nhịp dầm D2

Tải tập trung do tường xây trên dầm phụ D2 truyền vào D1

$$P_{\text{tường+cửa}} = \frac{(g_t \cdot S_t + n_{c1} \cdot g_c^{tc} \cdot S_c)}{2}$$

Trong đó :

g_t - tải trọng phân bố trên 1m^2 tường xây trên dầm D2 (xem mục 4.1.1.3)

S_t diện tích tường xây nhịp trên dầm D2

g_c^{tc} - tải trọng tiêu chuẩn phân bố trên 1m^2 cửa của tường xây trên dầm D2

S_c - diện tích cửa của tường xây trên dầm D2

Tải tập trung do sàn truyền vào thông qua dầm phụ D2

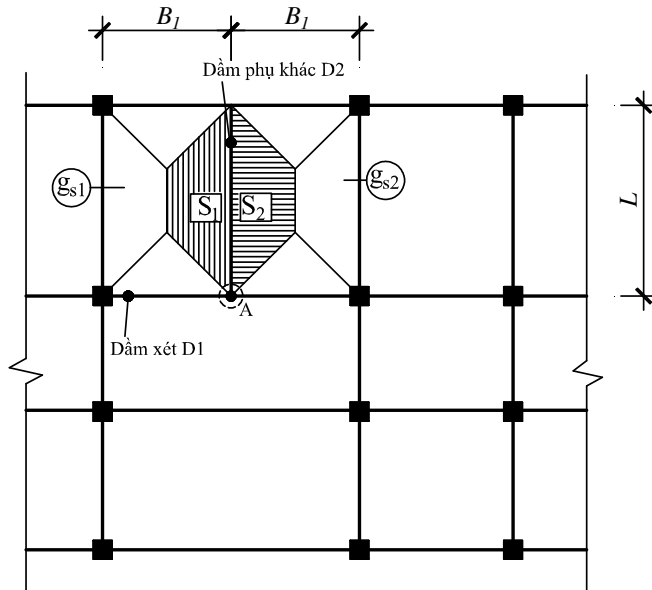
$$P_{\text{sàn}} = \frac{\sum g_{si} S_i}{2}$$

Trong đó:

g_{si} - tải trọng phân bố trên 1m^2 sàn truyền vào dầm phụ với diện tích truyền tải là S_i

Ví dụ như hình 4.13. Dầm đang xét D1 tại nút A sẽ nhận lực tập trung từ sàn truyền vào thông qua dầm D2

$$P_{\text{sàn}} = \frac{g_{s1} \cdot S_1 + g_{s2} \cdot S_2}{2}$$



Hình 4.13. Sơ đồ truyền tải tập trung từ sàn

4.1.2. Hoạt tải

Do sàn truyền trực tiếp vào hoặc dầm phụ khác truyền vào (nếu có)

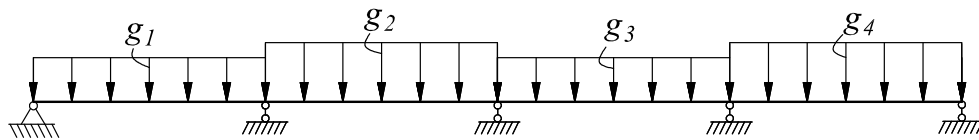
- Phần sàn trực tiếp truyền vào cách xác định như mục 4.1.1.c nhưng thay g_s bằng p_s
- Phần lực tập trung do dầm phụ khác truyền vào xác định như mục 4.1.1d nhưng thay g_{si} bằng p_{si}

4.2. SƠ ĐỒ TẢI TRỌNG VÀ TỔ HỢP NỘI LỰC

4.2.1. Sơ đồ tải trọng

4.2.1.1. Tĩnh tải

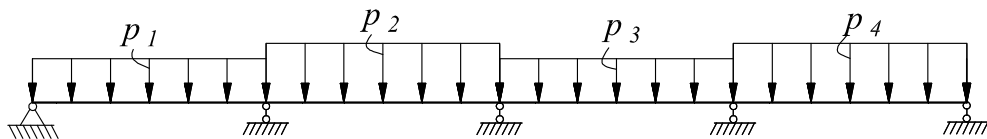
Sơ đồ chất tải tĩnh tải thể hiện trên hình 4.14



Hình 4.14. Sơ đồ tĩnh tải

4.2.1.2. Hoạt tải

Sơ đồ chất tải hoạt tải chất đầy thể hiện trên hình 4.15.



Hình 4.15. Sơ đồ hoạt tải chất đầy

4.2.2. Tổ hợp nội lực

Việc tổ hợp nội lực nhằm mục đích tìm ra nội lực nguy hiểm cho kết cấu khi chịu tác dụng của nhiều loại tải trọng. Đối với tĩnh tải, đây là loại tải thường xuyên tác dụng lên kết

cấu do đó nó luôn gây ra nội lực. Đối với hoạt tải, có thể xuất hiện hoặc không. Ngay cả với hoạt tải do đặc gây ra cũng có thể có hoặc không, có thể xuất hiện ở chỗ này hoặc ở chỗ khác. Do đó khi thiết kế phải tổ hợp nội lực để tìm ra giá trị bất lợi cho kết cấu theo nguyên tắc:

$$S = S_g + \gamma \sum S_{ij}$$

S_g - nội lực do tĩnh tải.

S_{ij} - nội lực do trường hợp thứ i của hoạt tải j

γ - hệ số tổ hợp. Lấy $\gamma = 1$ khi chỉ xét một hoạt tải, $\gamma = 0,9$ khi lấy từ 2 hoạt tải trở lên.

Một dạng khác để tìm nội lực nguy hiểm trong các cấu kiện là tổ hợp tải trọng. Theo cách này thì không tính nội lực từng trường hợp tải rồi lựa chọn để cộng tác dụng mà tiến hành tổ hợp trước các loại tải trọng, sau đó tính nội lực với tải trọng tổ hợp này.

Tổ hợp tải trọng và tổ hợp nội lực sẽ giống nhau khi kết cấu làm việc tuyến tính (nguyên lý cộng tác dụng) và sẽ khác nhau khi kết cấu làm việc phi tuyến.

Theo TCVN2737-1995, có hai tổ hợp tải trọng sau:

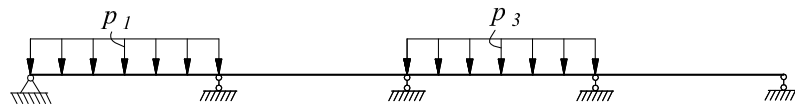
- Tổ hợp cơ bản: Tĩnh tải (TT), hoạt tải (HT)
- Tổ hợp đặc biệt: Tĩnh tải, hoạt tải, có thể xảy ra một trong các tải trọng đặc biệt

Trong trường hợp này chỉ xét đến tổ hợp cơ bản.

Có 2 cách để tìm được nội lực nguy hiểm cho dầm:

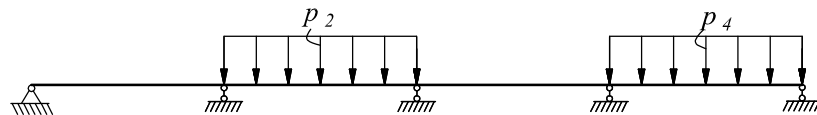
- **Cách 1:** xét các trường hợp bất lợi của hoạt tải.

Chất tải nguy hiểm cho nhịp 1,3 (HT1)



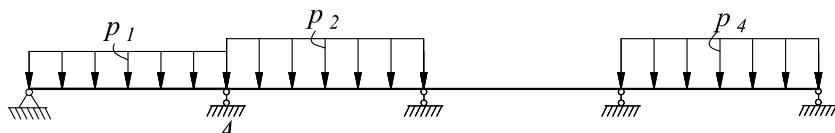
Hình 4.16. Sơ đồ hoạt tải nguy hiểm nhịp 1,3

Chất tải nguy hiểm cho nhịp 2,4 (HT2)



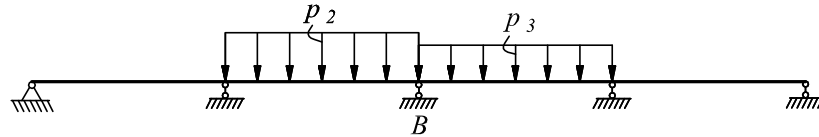
Hình 4.16. Sơ đồ hoạt tải nguy hiểm nhịp 2,4

Chất tải nguy hiểm cho gối A (HT3)



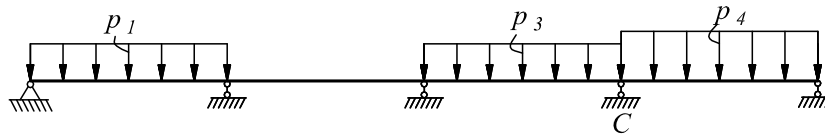
Hình 4.17. Sơ đồ hoạt tải nguy hiểm gối A

Chất tải nguy hiểm cho gối B (HT4)



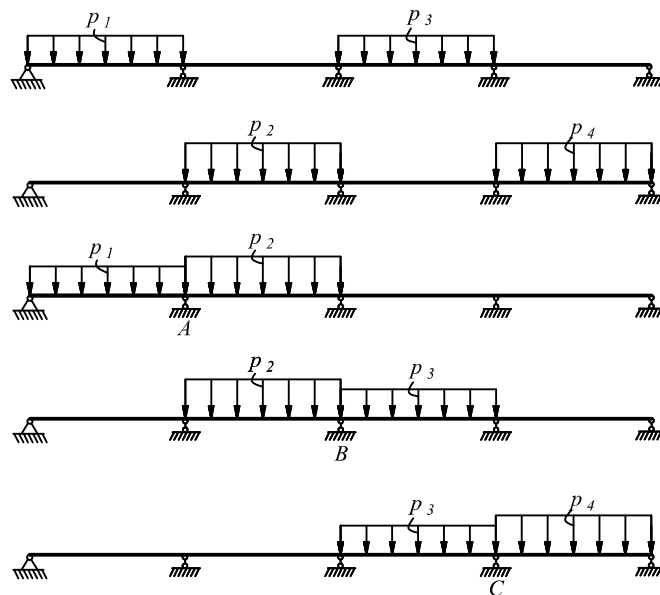
Hình 4.18. Sơ đồ hoạt tải nguy hiểm gối B

Chất tải nguy hiểm cho gối C (HT5)



Hình 4.19. Sơ đồ hoạt tải nguy hiểm gối C

Gần đúng để đơn giản thì đối với momen dương thì đặt cách nhịp, đối với momen âm ở trên gối tựa thì đặt hoạt tải lên 2 nhịp liền kề nó (Hình 4.20)



Hình 4.20. Sơ đồ hoạt tải gần đúng

Công thức tổ hợp xác định M_{\max} , M_{\min} do tĩnh tải cộng hoạt tải:

$$M_{\max} = M_{TT} + \max (M_{HTi})$$

$$M_{\min} = M_{TT} + \min (M_{HTi})$$

Tương tự với công thức xác định Q_{\max} , Q_{\min} :

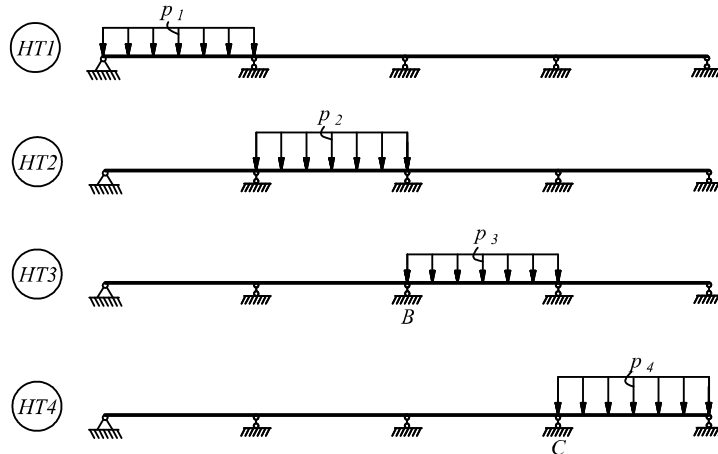
$$Q_{\max} = Q_{TT} + \max (Q_{HTi})$$

$$Q_{\min} = Q_{TT} + \min (Q_{HTi})$$

(Cách tổ hợp này tận dụng được các chương trình tính tự tổ hợp theo phương pháp tổ hợp tải trọng. Tuy nhiên chỉ cho kết quả chính xác đối với momen dương max tại nhịp và momen âm min tại gối còn momen min tại nhịp và momen max tại gối không chính xác và cũng không chính xác nếu xét tại 1 tiết diện không phải là giữa nhịp)

- **Cách 2:** Xác định nội lực khi chất hoạt tải từng nhịp sau đó tìm ra nội lực nguy hiểm dựa trên nguyên lý cộng tác dụng

Cách trường hợp chất tải từng nhịp:



Hình 4.21. Các trường hợp chất hoạt tải từng nhịp

Xác định nội lực:

$$M_{\max} = M_{TT} + \Sigma(M \text{ dương của hoạt tải HT}_i)$$

$$M_{\min} = M_{TT} + \Sigma(M \text{ âm của hoạt tải HT}_i)$$

$$Q_{\max} = Q_{TT} + \Sigma(Q \text{ dương của hoạt tải HT}_i)$$

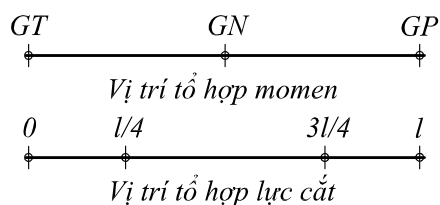
$$Q_{\min} = Q_{TT} + \Sigma(Q \text{ âm của hoạt tải HT}_i)$$

(Cách này có nhiều ưu điểm là phân tích tải trọng đơn giản, xác định tổ hợp nội lực chính xác đối với tất cả các tiết diện cả momen lẫn lực cắt nên được áp dụng nhiều.)

4.2.3. Tiết diện tổ hợp nội lực

Dầm: tổ hợp ít nhất cho 3 tiết diện: hai tiết diện đầu dầm và một số tiết diện giữa. Nội lực cần tổ hợp là $M_{\max}; M_{\min}; Q_{\max}; Q_{\min}$

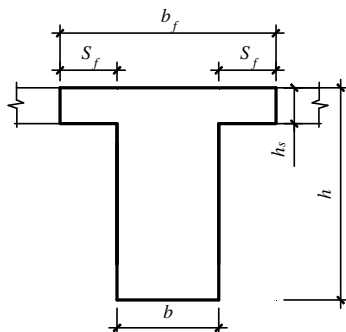
Thông thường đối với momen người ta tổ hợp 3 vị trí: hai gối và giữa nhịp. Với lực cắt tổ hợp cho 4 vị trí: $0, l/4, 3l/4, l$ (Hình 4.22)



4.3. TÍNH TOÁN CỐT THÉP

4.3.1. Thép chịu momen uốn

Dầm và sàn đổ toàn khối, khi tính toán để tiết kiệm xem sàn cùng tham gia chịu lực với dầm như tiết diện chữ T với độ vươn S_f (Hình 4.23). Trường hợp cánh chịu nén, độ vươn cánh S_f mới đưa vào tính toán.



Hình 4.23. Tiết diện tính toán dầm

Đối với dầm sàn đúc liền với sàn qui định S_f như sau:

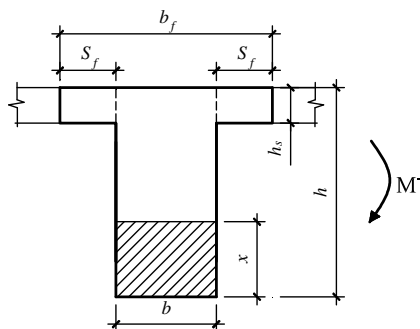
- ✓ $S_f \leq \frac{1}{6}l_{\text{dầm}}$
- ✓ $S_f \leq \frac{1}{2}l_{\text{thông thủy dầm dọc}}$ khi $\begin{cases} \text{có dầm ngang} \\ h_s \geq 0,1h \end{cases}$
- ✓ $S_f \leq 6h_s$ khi $\begin{cases} \text{không có dầm ngang} \\ h_s > 0,1h \end{cases}$
- ✓ $S_f = 0$ khi $h_s < 0,05h$

Tại một tiết diện có 2 giá trị tổ hợp M_{\max} và M_{\min} . Tùy theo dấu mà tính toán theo các trường hợp sau:

- $M_{\max} > 0; M_{\min} < 0$: thép phía trên tính theo $|M_{\min}|$, thép phía dưới tính theo M_{\max}
- $M_{\max} > 0; M_{\min} > 0$: thép phía trên đặt theo cấu tạo, thép phía dưới tính theo M_{\max}
- $M_{\max} < 0; M_{\min} < 0$: thép phía trên tính theo $|M_{\min}|$, thép phía dưới đặt theo cấu tạo

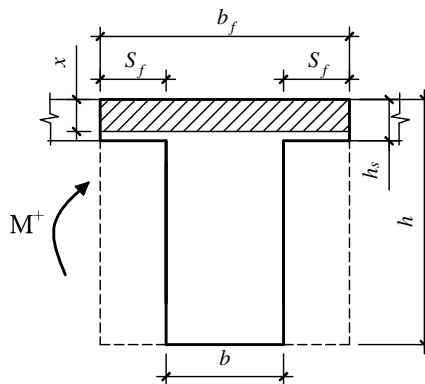
Thép cấu tạo lấy bằng $\mu_{\min} \cdot b \cdot h_0$

Khi tính toán với $M_{\min} < 0$, cánh chịu kéo tính như tiết diện chữ nhật bé $b \times h$ (Hình 4.24)



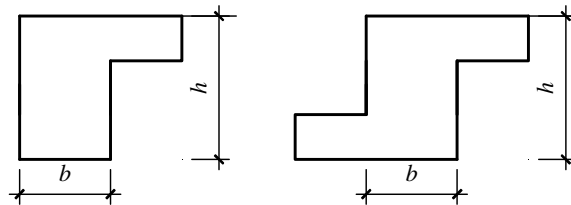
Hình 4.24. Tiết diện tính toán chữ nhật bé

Khi tính toán với $M_{\max} > 0$, cánh nằm trong vùng nén tính toán như tiết diện chữ T. Thông thường trong trường hợp này trục trung hòa sẽ đi qua cánh (Hình 4.25), xảy ra khi $M_{\max} \leq M_f = R_b \cdot b_f \cdot h_s \cdot (h_o - 0,5 \cdot h_s)$ khi đó tiết diện tính toán sẽ là hình chữ nhật lớn $b_f \times h$. (nếu trục trung hòa qua sườn sẽ tính toán như tiết diện chữ T)



Hình 4.25. Tiết diện tính toán chữ nhật lớn

Trường hợp tiết diện chỉ có 1 bên cánh (thường gặp ở dầm biên) thì bỏ qua sự làm việc của cánh tính như tiết diện $b \times h$ (Hình 4.26)



Hình 4.26. Các trường hợp bỏ qua ảnh hưởng của cánh

Quy trình tính cốt thép cho tiết diện chữ nhật ($b \times h$)

Bước 1 : Từ cấp độ bền của bê tông và nhóm thép $\Rightarrow R_b, R_s, \xi_R, \alpha_R$

Bước 2 : Giả thiết $a = 3 \div 6 \text{ cm}$ hoặc $a \approx 0,1 \times h$. Tính $h_o = h - a$

Bước 3 : Tính α_m và A_s

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b \cdot b \cdot h_o^2}$$

✓ Nếu $\alpha_m \leq \alpha_R$ từ $\alpha_m \Rightarrow \zeta = \frac{1 + \sqrt{1 - 2\alpha_m}}{2} \Rightarrow A_s = \frac{M}{\zeta R_s h_o}$

✓ Nếu $\alpha_m > \alpha_R$ thì phải tăng kích thước tiết diện hoặc tính cốt kép.

Bước 4 : Kiểm tra hàm lượng cốt thép $\mu = \frac{A_s}{b h_o}$

$$\mu_{\min} = 0,1\% \leq \mu \leq \mu_{\max} = \xi_R \cdot \frac{R_b}{R_s}$$

Khi $\alpha_m \leq \alpha_R$ không cần kiểm tra $\mu \leq \mu_{\max}$

Nếu $\mu < \mu_{min}$: tiết diện chọn lớn, có thể giảm hoặc nếu không giảm lấy $A_s = \mu_{min} b h_0$

Hàm lượng cốt thép hợp lí dầm $\mu_{hl} = (0,8 \div 1,2)\%$

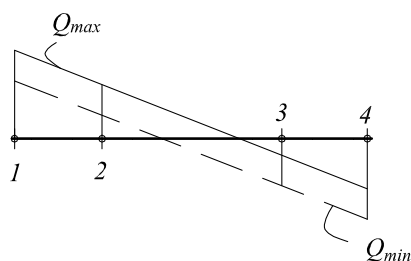
Bước 5 : Chọn, bố trí cốt thép và kiểm tra lại a ($\leq a^{gt}$ tại bước 2), và các yêu cầu về cấu tạo.

$$+ \text{Chọn thép: } \begin{cases} \phi \leq \frac{b}{10} \\ \Delta \phi \leq 6mm \\ \text{không nên quá 3 loại đường kính} \end{cases}$$

$$+ \text{Bố trí thép kiểm tra } a : \begin{cases} \text{lớp bảo vệ } c \geq \max(\phi_{max}, c_o) \\ a = c + 0,5 \cdot \phi \text{ (dùng cho 1 lớp cùng } \phi) \\ a = \frac{\sum a_i A_{si}}{\sum A_{si}} \text{ (nhiều lớp)} \end{cases}$$

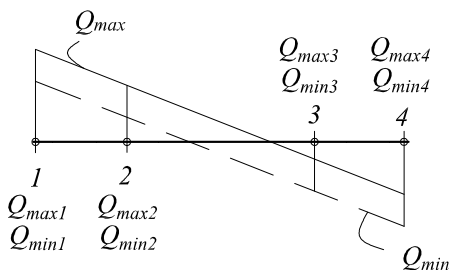
4.3.2. Tính toán cốt thép chịu lực cắt

Một đoạn dầm sẽ có 4 vị trí tổ hợp lực cắt. Tại mỗi vị trí có 2 giá trị tổ hợp Q_{max} , Q_{min} . Lấy giá trị có độ lớn lớn nhất $\max|Q|$ để thiết kế (Hình 4.27)



Hình 4.27. Biểu đồ bao lực cắt

- ✓ $\max|Q_{1-2}|$ trong đoạn 1-2 dùng để tính toán s_{tb} , s_{max} kết hợp với s_{ct} gần gối tựa để bố trí cốt đai trong đoạn 1-2.
- ✓ $\max|Q_{2-3}|$ trong đoạn 2-3 dùng để tính toán s_{tb} , s_{max} kết hợp với s_{ct} đoạn lực cắt bé để bố trí cốt đai trong đoạn 2-3.
- ✓ $\max|Q_{3-4}|$ trong đoạn 3-4 dùng để thiết kế s_{tb} , s_{max} kết hợp với s_{ct} gần gối tựa để bố trí cốt đai trong đoạn 3-4.



Hình 4.28. các giá trị lực cắt tính toán

Ví dụ như hình 4.28 các giá trị lực cắt tính toán là :

$$\max|Q_{1-2}| = \max(|Q_{\max 1}|, |Q_{\min 1}|, |Q_{\max 2}|, |Q_{\min 2}|)$$

$$\max|Q_{2-3}| = \max(|Q_{\max 2}|, |Q_{\min 2}|, |Q_{\max 3}|, |Q_{\min 3}|)$$

$$\max|Q_{3-4}| = \max(|Q_{\max 3}|, |Q_{\min 3}|, |Q_{\max 4}|, |Q_{\min 4}|)$$

Trong tính toán thực hành người ta thường lấy lực cắt lớn nhất trong dầm để tính toán, đoạn lực cắt bé thường được chọn theo cấu tạo và sau đó tính toán đoạn cần bố trí đai dày l_1 (tính từ mép gối tựa).

4.3.2.1. Tính toán cốt đai cho trường hợp dầm chịu tải trọng phân bố đều (gồm tĩnh tải g và hoạt tải p)

Bước 1: Tính toán lực cắt lớn nhất Q_{\max} cho vị trí cần thiết kể (gối là $\max|Q_{1-2}|, \max|Q_{3-4}|$, nhịp là $\max|Q_{2-3}|$) và các giá trị h_o, q_1, M_b, Q_{b1}

- $q_1 = g + 0,5 p$
- $M_b = \varphi_{b2}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt} b h_o^2$
- $Q_b = 2\sqrt{M_b q_1}$

Bước 2: Dựa vào $h_o, Q_{\max}, M_b, Q_{b1}$ tính toán q_{sw} cần thiết cho cốt đai

- Khi $Q_{\max} \leq \frac{Q_{b1}}{0,6}$ thì $q_{sw} = \frac{Q_{\max}^2 - Q_{b1}^2}{4M_b} \geq \frac{Q_{\max} - Q_{b1}}{2h_o}$
- Khi $\frac{Q_{b1}}{0,6} < Q_{\max} < \frac{M_b}{h_o} + Q_{b1}$ thì $q_{sw} = \frac{(Q_{\max} - Q_{b1})^2}{M_b} \geq \frac{Q_{\max} - Q_{b1}}{2h_o}$
- Khi $\frac{M_b}{h_o} + Q_{b1} \leq Q_{\max}$ thì $q_{sw} = \frac{Q_{\max} - Q_{b1}}{h_o}$

Lưu ý: tất cả các giá trị q_{sw} tính được phải tuân theo điều kiện $q_{sw} \geq \frac{Q_{b \min}}{2h_o}$. Nếu tính

$q_{sw} < \frac{Q_{b \min}}{2h_o}$ thì tính lại q_{sw} theo công thức dưới:

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

Bước 3: Tính toán các bước đai cần thiết s_{tt} (bước đai tính toán), s_{ct} (bước đai cấu tạo), s_{max} (bước đai cực đại), s_{bt} (bước đai cần bố trí)

- $s_{tt} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{q_{sw}} = \frac{R_{sw} n \phi_{sw}^2}{4 q_{sw}}$

n- số nhánh đai, ϕ_{sw} - đường kính đai

- $s_{\max} = \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_n) R_{bt} b h_0^2}{Q_{\max}}$

- s_{ct} được xác định như sau:

- ✓ Với đoạn dầm gồ tựa (có lực cắt lớn):

$$s_{ct} = \min\left(\frac{h}{2}; 150mm\right) \text{ khi } h \leq 450mm.$$

$$s_{ct} = \min\left(\frac{h}{3}; 300mm\right) \text{ khi } h > 450mm.$$

- ✓ Với đoạn dầm có lực cắt bé: $s_{ct} = \min\left(\frac{3h}{4}; 500mm\right)$.

- ✓ Đoạn dầm gồ tựa được lấy như sau: lấy bằng $l/4$ (l là nhịp dầm) khi dầm chịu tải trọng phân bố đều, lấy bằng khoảng cách từ gồ đến lực tập trung đầu tiên nhưng không bé hơn $l/4$ khi dầm chịu lực tập trung.

- $s_{bt} \leq \min(s_{tt}, s_{ct}, s_{\max})$

Bước 4: Kiểm tra lại điều kiện về ứng suất nén chính:

$$Q_{\max} \leq 0,3\varphi_{w1}\varphi_{b1}R_b b h_0$$

Với $\varphi_{w1} = 1 + 5\alpha\mu_w \leq 1,3$, $\alpha = \frac{E_s}{E_b}$, $\mu_w = \frac{A_{sw}}{bS}$, $\varphi_{b1} = 1 - 0,01.R_b$

Lưu ý :

Đoạn dầm cách gồ tựa đoạn l_1 người ta đặt cốt đai dày với khoảng cách s_1 ứng với khả năng chịu cắt q_{sw1} . Khoảng ngoài đoạn l_1 người ta bố trí cốt đai thưa tương ứng là s_2 và q_{sw2}

Quy trình tính toán l_1

- Tính c_{o1} và c_{o2} với $c_{oi} = \sqrt{\frac{M_b}{q_{swi}}}$

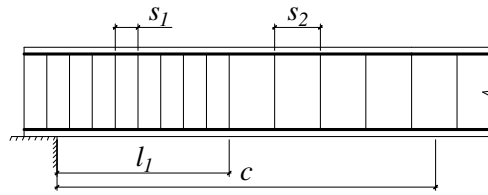
- Khi $q_1 > q_{sw1} - q_{sw2} \Rightarrow l_1 = c - \frac{\frac{M_b}{c} + q_{sw1}c_{o1} - Q_{\max} + q_{1c}}{q_{sw1} - q_{sw2}}$

Với $c = \sqrt{\frac{M_b}{q_1 - (q_{sw1} - q_{sw2})}} \leq \frac{\varphi_{b2}}{\varphi_{b3}} h_0$

Khi $q_1 > 1,56q_{sw1} - q_{sw2}$ thì tính $c = \sqrt{\frac{M_b}{q_1 + q_{sw2}}}$

- Khi $q_1 \leq q_{sw1} - q_{sw2} \Rightarrow l_1 = \frac{Q_{\max} - (Q_{b\min} + q_{sw2}c_{o1})}{q_1} - c_{o1}$

q_{sw2} không nhất thiết phải lớn hơn hoặc bằng $\frac{Q_{b\min}}{2h_0}$

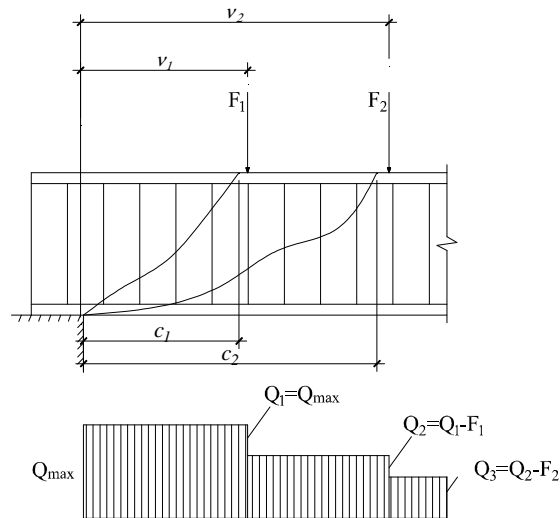


Hình 4.29. Bố trí cốt đai không đều

4.3.2.2. Tính toán cốt đai cho trường hợp chịu tải tập trung

Khi chịu tải trọng tập trung, cần phải tính với tất cả các tiết diện nghiêng c_i xuất phát từ gối tựa nhưng không vượt quá tiết diện có giá trị mô men lớn nhất.

Đặt v_i là khoảng cách theo phương trục dầm từ gối tựa đến các lực tập trung F_i (Hình 4.30)



Hình 4.30. Sơ đồ tính toán cốt đai khi chịu lực tập trung

Bước 1: Xét các tiết diện nghiêng sau:

Tiết diện 1: với $c_1 \leq v_1$ và $Q_1 = Q_{\max}$

Tiết diện 2: có điểm cuối nằm giữa F_1 và F_2 với hình chiếu $v_1 \leq c_2 \leq v_2$ và $Q_2 = Q_1 - F_1$

Đoạn tiếp theo có $Q_3 = Q_2 - F_2$. Nếu Q_3 vẫn còn lớn hơn Q_{b0} tính theo công thức $Q_{b0} = \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_0^2}{c}$ thì xét thêm tiết diện 3 với hình chiếu $v_2 \leq c_3 \leq v_3$

Tiếp tục xét cho đến đoạn thứ k khi $Q_k \leq Q_{b0}$ hoặc C_k đạt tới khoảng cách từ gối tựa đến vị trí M_{\max} thì dừng lại.

Bước 2: Ứng với mỗi tiết diện nghiêng c_i và Q_i . Tính toán các giá trị sau:
GV-Nguyễn Thành Dũng

- $Q_{bi} = \frac{M_b}{c_i} \geq Q_{b\min}$
- $\chi_i = \frac{Q_i - Q_{bi}}{Q_{bi}}$
- $c_o = \min(c_i, 2h_o)$
- $\chi_{oi} = \frac{Q_{b\min}}{Q_{bi}} \frac{c_o}{2h_o}$
- Tính toán $q_{sw(i)}$
 - $\chi_i < \chi_{oi} \Rightarrow q_{sw(i)} = \frac{Q_i}{c_o} \frac{\chi_{oi}}{\chi_{oi} + 1}$
 - $\chi_{oi} \leq \chi_i \leq \frac{c_i}{c_o} \Rightarrow q_{sw(i)} = \frac{Q_i - Q_{bi}}{c_o}$
 - $\frac{c_i}{c_o} < \chi_i \leq \frac{c_i}{h_o} \Rightarrow q_{sw(i)} = \frac{(Q_i - Q_{bi})^2}{M_b}$
 - $\chi_i > \frac{c_i}{h_o} \Rightarrow q_{sw(i)} = \frac{Q_i - Q_{bi}}{\min(h_o, c_i)}$

Bước 3: Lấy giá trị $q_{sw(i)}$ lớn nhất để xác định cốt đai. Tính bước đai tính toán

$$s_{tt} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{\max(q_{sw(i)})}$$

Bước 4: Tính các bước đai s_{ct} và s_{max} . Sau đó bố trí cốt đai với $s_{bt} \leq \min(s_{tt}, s_{ct}, s_{max})$

Bước 5: Kiểm tra lại điều kiện về ứng suất nén chính

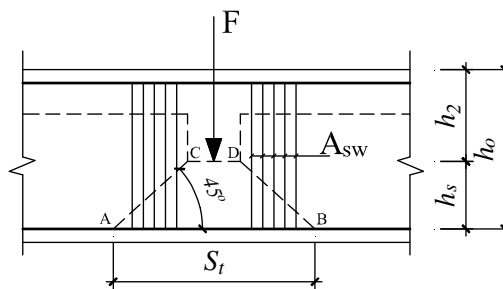
Lưu ý :

-Khi có bước đai thay đổi, trong đoạn l_1 gần gối tựa khoảng cách đai là s_1 , ra ngoài l_1 khoảng cách cốt đai là s_2 . Trình tự tính Q_{sw} để kiểm tra theo điều kiện $Q \leq Q_b + Q_{sw}$ như sau:

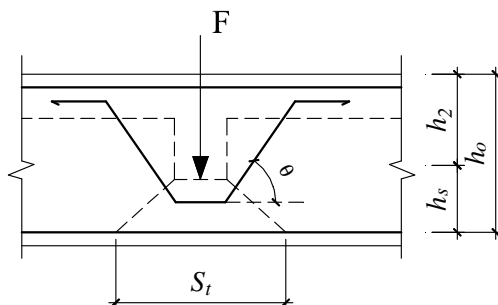
- Tính c_{o1} và c_{o2} với $c_{oi} = \sqrt{\frac{M_b}{q_{swi}}}$
- Khi $c - l_1 < c_{o1} \Rightarrow Q_{sw} = q_{sw1} c_{o1} - (q_{sw1} - q_{sw2})(c - l_1)$
- Khi $c_{o1} \leq c - l_1 \leq c_{o2} \Rightarrow Q_{sw} = q_{sw2} (c - l_1)$
- Khi $c - l_1 > c_{o2} \Rightarrow Q_{sw} = q_{sw2} c_{o2}$

4.3.3. Tính toán cốt thép chịu giật đứt (vị trí có lực tập trung)

Tại nơi dầm phụ khác (chiều cao h_2) kê lên dầm đang xét (chiều cao làm việc h_o) có lực tập trung truyền vào, dầm có thể bị phá hoại cục bộ. Sự phá hoại xảy ra theo hình tháp ABCD với góc nghiêng $\alpha = 45^\circ$. Để chống lại sự phá hoại này có thể dùng cốt treo (dạng đai hoặc vai bõ).



Hình 4.31. Cốt treo dạng đai



Hình 4.32. Cốt treo dạng vai bờ

Lực gây xuyên thủng F (tính toán như mục 4.1.1d)

Khoảng cần đặt cốt treo (đáy tháp xuyên thủng) : $S_t = b + 2h_s$

Chiều cao $h_s = h_o - h_2$

- Khi dùng cốt treo dạng đai : $\sum A_{sw} \geq \frac{F \left(1 - \frac{h_s}{h_o} \right)}{R_{sw}}$
- Khi dùng cốt treo dạng vai bờ : $A_{s,inc} \geq \frac{F \left(1 - \frac{h_s}{h_o} \right)}{2R_{sw} \sin \theta}$
- Khi dùng cả hai loại : $\sum R_{sw} A_{sw} + 2R_{sw} A_{s,inc} \sin \theta \leq F \left(1 - \frac{h_s}{h_o} \right)$

θ : thường $45 \div 60^\circ$

4.4. CÁC LỖI SAI CỦA SINH VIÊN

Vẽ sơ đồ truyền tải từ sàn về dầm chưa chính xác.

Xác định sai tải trọng.

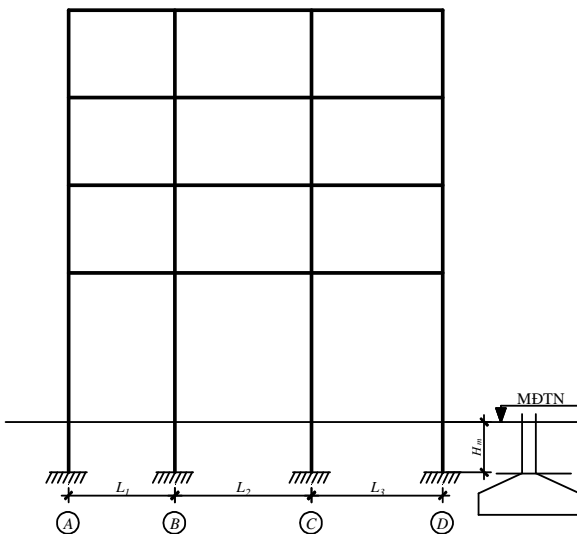
Tổ hợp nội lực còn sai.

Không hình dung được các loại cốt thép trong dầm, tác dụng, cũng như cách xác định từng loại cốt thép.

Còn sai sót trong các nguyên lý cấu tạo bê tông cốt thép, lúng túng trong việc cắt thép, nối thép, neo thép.

CHƯƠNG 5. THIẾT KẾ KHUNG PHẪNG

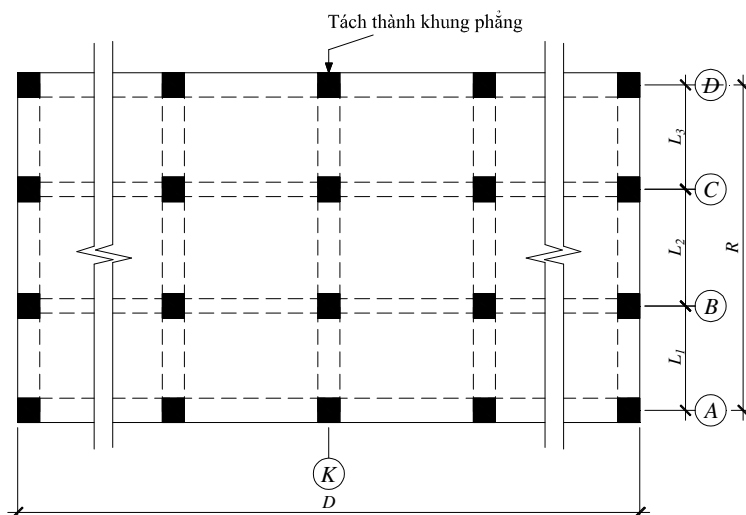
Khung gồm các thanh và các nút. Thanh là cấu kiện chịu uốn (dầm, xà) và cấu kiện chịu nén lệch tâm (cột, xà ngang cong) hoặc kéo. Đối với nhà nhiều tầng khung chịu tải trọng đứng lẫn tải trọng ngang (gió, động đất...), nút khung thường là nút cứng, cột liên kết ngầm với móng (Hình 5.1)



Hình 5.1: sơ đồ tính của khung

(Lưu ý: khi tính mô hình hóa và tính toán cho cột tầng I, sv chú ý chiều dài cột cộng thêm đoạn H_m)

Trong trường hợp công trình có độ cứng theo phương dọc nhà lớn hơn nhiều so với phương ngang thì có thể tách riêng từng khung theo phương ngang nhà để thiết kế khung phẳng (Hình 5.2). Trường hợp độ cứng 2 phương là gần bằng nhau thì không được tách khung riêng lẻ mà phải thiết kế theo hệ khung không gian.



Hình 5.2 : Mặt bằng khung phẳng thiết kế

5.1. XÁC ĐỊNH TẢI TRỌNG TÁC DỤNG LÊN KHUNG

5.1.1. Tĩnh tải

5.1.1.1. Trọng lượng bản thân dầm

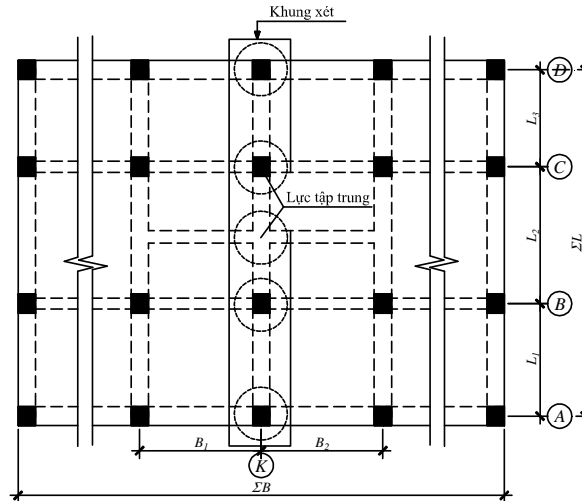
5.1.1.2. Do sàn truyền vào

5.1.1.3. Do tường và cửa xây trên dầm

Các phần trên tính toán tương tự như phần dầm phụ

5.1.1.4. Do dầm phụ khác truyền vào

Tại những vị trí có dầm phụ kê lên dầm khung (hoặc cột khung) đang xét sẽ xuất hiện lực tập trung (hình 5.3).



Hình 5.3. Vị trí xuất hiện lực tập trung

Tải tập trung do trọng lượng bản thân dầm phụ truyền vào nút khung

$$P_{\text{TLBT dầm}} = \frac{g_{d1} \cdot B_1}{2} + \frac{g_{d2} \cdot B_2}{2}$$

Trong đó:

g_{d1} , g_{d2} - là trọng lượng trên 1m dài các dầm phụ nhịp B_1 và B_2

Tải tập trung do tường xây trên dầm phụ truyền vào nút khung

$$P_{\text{tường+cửa}} = \frac{(g_{t1} \cdot S_{t1} + n_{c1} \cdot g_{c1}^{tc} \cdot S_{c1}) + (g_{t2} \cdot S_{t2} + n_{c2} \cdot g_{c2}^{tc} \cdot S_{c2})}{2}$$

Trong đó :

g_{t1} , g_{t2} - tải trọng phân bố trên 1m^2 tường nhịp B_1 và B_2

S_{t1} , S_{t2} - diện tích tường xây nhịp B_1 và B_2

g_{c1}^{tc} , g_{c2}^{tc} - tải trọng tiêu chuẩn phân bố trên 1m^2 cửa của tường thuộc nhịp B_1 , B_2

S_{c1} , S_{c2} - diện tích cửa của tường thuộc nhịp B_1 , B_2

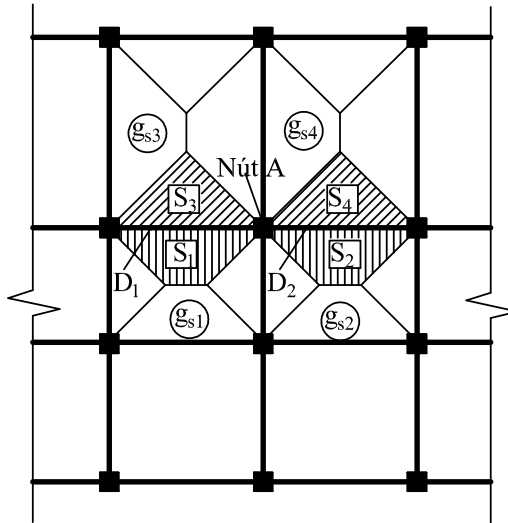
Tải tập trung do sàn truyền vào thông qua dầm phụ

$$P_{\text{sàn}} = \frac{\sum g_{si} S_i}{2}$$

Trong đó:

g_{si} - tải trọng phân bố trên $1m^2$ sàn truyền vào dầm phụ với diện tích truyền tải là S_i
 Ví dụ như hình 5.4. Nút A sẽ nhận lực tập trung từ sàn thông qua các dầm D_1, D_2 (ô sàn S_1, S_3 thông qua D_1 và ô sàn S_2, S_4 thông qua D_2). Giá trị lực tập trung :

$$P_{\text{sàn}} = \frac{g_{s1} \cdot S_1 + g_{s2} \cdot S_2 + g_{s3} \cdot S_3 + g_{s4} \cdot S_4}{2}$$



Hình 5.4. Sơ đồ truyền tải tập trung từ sàn

5.1.2. Hoạt tải

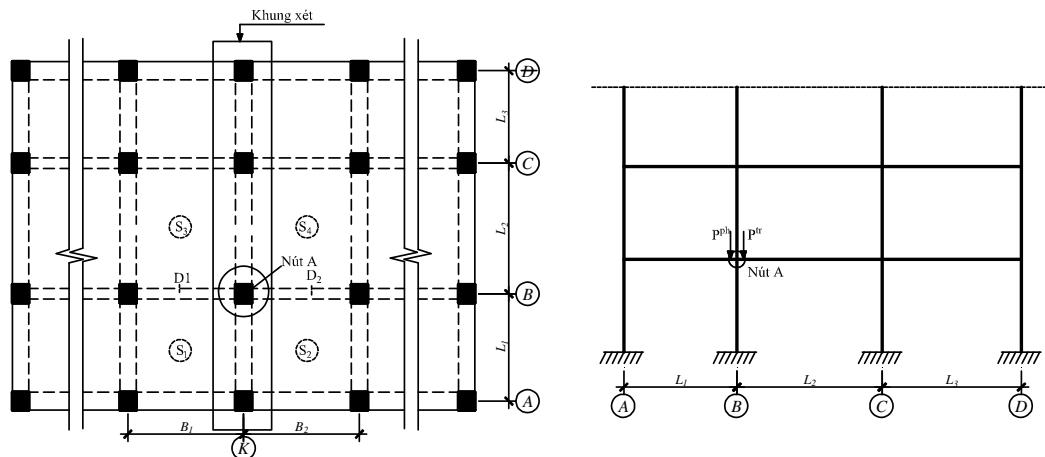
Do sàn truyền trực tiếp vào hoặc dầm phụ truyền vào (sàn → dầm phụ → khung đang xét).

Phần sàn trực tiếp truyền vào cách xác định như phần dầm phụ.

Phần lực tập trung do dầm phụ truyền vào xác định như phần dầm phụ.

Tại vị trí nút khung, lực tập trung do hoạt tải sẽ được tách ra hai phần (bên trái nút và bên phải nút)

Ví dụ : xét nút A trên khung K, hoạt tải tập trung bên trái (P^{tr}) do các ô sàn S_1, S_2 , hoạt tải tập trung bên phải (P^{ph}) do ô sàn S_3, S_4 truyền vào thông qua dầm D_1, D_2



Hình 5.5. Sơ đồ truyền hoạt tải vào nút

5.1.3. Hoạt tải gió

GV-Nguyễn Thành Dũng

Tải trọng gió được phân bố dọc theo chiều cao cột khung tính từ mặt đất của các cột biên có xây tường chắn gió, chia làm 2 trường hợp : gió trái và gió phải

$$\text{Giá trị áp lực gió trên } 1\text{m}^2 \text{ ở độ cao } z \text{ được xác định : } w = w_o \cdot K \cdot C \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Trong đó:

w_o - giá trị áp lực gió tiêu chuẩn lấy theo bản đồ phân vùng áp lực gió. Giá trị w_o [daN/m²] tương ứng với mỗi phân vùng này cho trong Bảng 5.1

Bảng 5.1. Áp lực gió tiêu chuẩn (daN/m²) theo bản đồ phân vùng gió của TCVN 2737-1995

Vùng I		Vùng II		Vùng III		Vùng IVB	Vùng VB
IB	IA	IIB	IIA	IIIB	IIIA		
65	55	95	83	125	110	155	185

K- là hệ số địa hình, kể đến sự thay đổi của vận tốc gió theo chiều cao và ảnh hưởng của các địa hình, vật cản xung quanh (theo các định dạng A, B, C), xác định theo Bảng 5.2.

Bảng 5.2. Hệ số địa hình K (hệ số độ cao) theo TCVN 2737-1995

Độ cao z (m)	Dạng địa hình		
	A	B	C
3	1,00	0,80	0,47
5	1,07	0,88	0,54
10	1,18	1,00	0,66
15	1,245	1,08	0,74
20	1,29	1,13	0,8
30	1,37	1,22	0,89
40	1,43	1,28	0,97
50	1,45	1,34	1,03
60	1,51	1,38	1,08
80	1,57	1,45	1,18
100	1,62	1,51	1,25
150	1,72	1,62	1,4
200	1,79	1,71	1,52
250	1,84	1,78	1,62
300	1,84	1,84	1,7
350	1,84	1,84	1,78
>=400	1,84	1,84	1,84

c- hệ số khí động (lấy theo bảng 6 TCVN 2737-1995). Thông thường đối với bề mặt đón gió vuông góc (phía đón gió $C_d=+0.8$, phía khuất gió $C_h=-0.6$).

Tải trọng gió phân bố tác dụng vào cột :

$$\text{Phía đón gió: } q_d = n \cdot B \cdot w_d = n \cdot B \cdot w_o \cdot K \cdot C_d \text{ (kN/m)}$$

$$\text{Phía khuất gió: } q_h = n \cdot B \cdot w_h = n \cdot B \cdot w_o \cdot K \cdot C_h \text{ (kN/m)}$$

n- hệ số vượt tải (n=1,2 với công trình có thời hạn sử dụng 50 năm). Với công trình có thời hạn sử dụng khác thì phải nhân với hệ số quy đổi theo Bảng 5.3.

Bảng 5.3. Hệ số điều chỉnh tải trọng gió theo thời gian sử dụng

Thời gian sử dụng giả định, năm.	5	10	20	30	40	50
Hệ số điều chỉnh tải trọng gió	0,61	0,72	0,83	0,91	0,96	1,0

$$B = 0,5.(B_1 + B_2) - \text{bề rộng đón gió cột}$$

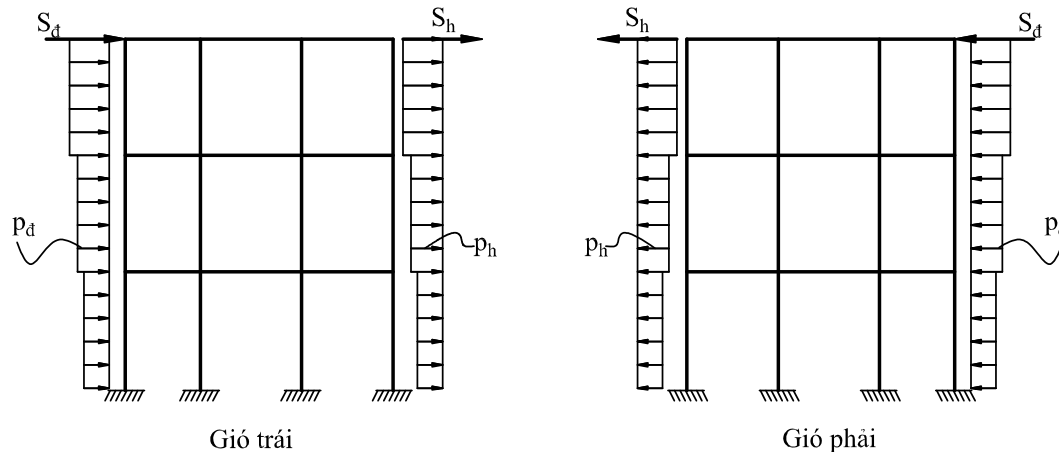
Chiều tải trọng gió phụ thuộc vào dấu của hệ số khí động C (+: hướng vào mặt, - : hướng ra khỏi mặt)

Tải trọng gió tác dụng lên mái quy về lực tập trung S_d (đón gió), S_h (khuất gió) tác dụng lên đỉnh cột:

$$S_d = n.B.w_o.\sum H_i.K_i.C_{di} \text{ (kN)}$$

$$S_h = n.B.w_o.\sum H_i.K_i.C_{hi} \text{ (kN)}$$

Trong đó : H_i, K_i, C_i -lần lượt là chiều cao, hệ số áp lực gió theo độ cao, hệ số khí động của phần mái thứ i



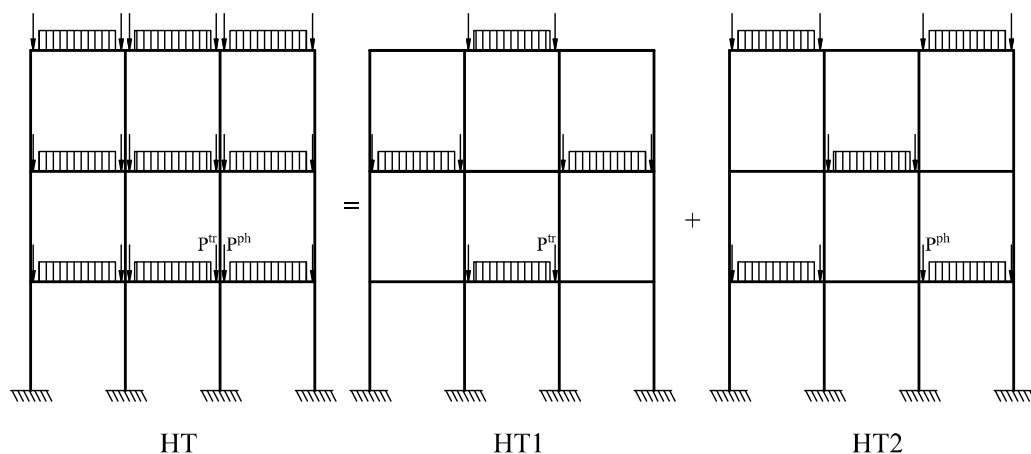
Hình 5.6. Tải trọng gió tác dụng lên khung

5.2. XÁC ĐỊNH NỘI LỰC VÀ TỔ HỢP NỘI LỰC

5.2.1. Xác định nội lực

Khung là kết cấu siêu tĩnh, việc xác định nội lực dựa trên giả thiết vật liệu đàn hồi tuyến tính. Hiện nay việc xác định nội lực hệ kết cấu chủ yếu bằng các chương trình tính kết cấu như Sap, Etabs, Robot..(phương pháp PTHH). Xác định nội lực là bước quan trọng trong quá trình thiết kế, vì vậy việc kiểm tra cẩn thận đầu vào của tải trọng, vật liệu là vô cùng cần thiết nhằm phát hiện sai sót để khắc phục.

Thông thường đối với khung phẳng sẽ có 5 trường hợp tải trọng cần xác định nội lực : TT, HT1, HT2, GT, GP. Trong đó HT được tách thành HT1, HT2 đặt cách nhịp cách tầng (hình 2.16), cách chất tải như vậy một cách gần đúng nhằm tạo ra nguy hiểm cho dầm và cột. HT1, HT2 coi là một loại hoạt tải.



Hình 5.7. Sơ đồ hoạt tải cách tầng cách nhịp

5.2.2. Tổ hợp nội lực

Việc tổ hợp nội lực nhằm mục đích tìm ra nội lực nguy hiểm cho kết cấu khi chịu tác dụng của nhiều loại tải trọng. Có hai tổ hợp nội lực: tổ hợp cơ bản và tổ hợp đặc biệt, ở đây chỉ xét tổ hợp cơ bản

Tổ hợp cơ bản 1: tĩnh tải + hoạt tải nguy hiểm nhất

$$TH \max = TT + \max(HT1, HT2, HT, GT, GP)$$

$$TH \min = TT + \min(HT1, HT2, HT, GT, GP)$$

Tổ hợp cơ bản 2: tĩnh tải + các hoạt tải (hệ số tổ hợp là 0,9)

$$TH \max = TT + 0,9 \left(\sum \text{thành phần nội lực dương của các hoạt tải} \right)$$

$$TH \min = TT + 0,9 \left(\sum \text{thành phần nội lực âm của các hoạt tải} \right)$$

Với các thành phần hoạt tải gồm : HT1, HT2, GT, GP

5.2.3. Tiết diện tổ hợp nội lực

Dầm: tổ hợp ít nhất cho 3 tiết diện: hai tiết diện đầu dầm và một số tiết diện giữa. Nội lực cần tổ hợp là $M_{\max}; M_{\min}; Q_{\max}; Q_{\min}$

Cột : cột trong một tầng tổ hợp cho 2 tiết diện : đầu cột và chân cột. Các cặp nội lực cần tổ hợp là $(M_{\max}, N_{tt}); (M_{\min}, N_{tt}); (N_{\max}, M_{tt})$. Trường hợp tính cốt thép đối xứng chỉ cần 2 cặp $(|M|_{\max}, N_{tt}); (N_{\max}, M_{tt})$. N_{\max} là độ lớn lực nén lớn nhất trong cột tương ứng với giá trị đại số là N_{\min}

5.3. TÍNH TOÁN CỐT THÉP

5.3.1. Tính toán thép cho dầm

Tương tự phần dầm phụ

5.3.2. Tính toán cốt thép cho cột

5.3.2.1. Tính toán cốt thép dọc

a. Thiết kế thép đối xứng ($A_s = A'_s$)

Bước 1: Chuẩn bị các số liệu cần thiết : $R_b, R_s, R_{sc}, E_b, E_s, \alpha_R, \xi_R$

Bước 2: Giả thiết a, a' . Tính h_o, Z_a, e_b, e_w, e_o

$$e_1 = \frac{M}{N} - \text{độ lệch tâm tĩnh học}$$

$$e_a \geq \max\left(\frac{L}{600}, \frac{h}{30}\right) - \text{độ lệch tâm ngẫu nhiên}$$

$$\begin{cases} e_o = e_1 + e_a \text{ (hệ tĩnh định)} \\ e_o = \max(e_1, e_a) \text{ (hệ siêu tĩnh)} \end{cases} - \text{độ lệch tâm tính toán}$$

$$Z_a = h_o - a'$$

Bước 3: Xét uốn dọc, tính độ lệch tâm e

Xét uốn dọc:

○ $l_o/h \leq 8$: bỏ qua ảnh hưởng uốn dọc $\Rightarrow \eta = 1$

○ $l_o/h > 8$: xét uốn uốn dọc $\Rightarrow \eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}}$

$$\text{Tính toán } N_{cr} : N_{cr} = \frac{6,4E_b}{l_o^2} \left(\frac{SI}{\varphi_l} + \alpha I_s \right)$$

$$\text{Giả thiết } \mu_l \Rightarrow I_s = \mu_l b h_o (0,5h - a)^2$$

$$I = \frac{bh^3}{12}; \alpha = \frac{E_s}{E_b}; S = \frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1$$

$$\delta_e = \max\left(\frac{e_o}{h}; \delta_{e \min}\right), \delta_{e \min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_o}{h} - 0,01 R_b$$

$$M.M_l > 0 \Rightarrow \varphi_l = 1 + \frac{M_l + N_l(0,5h - a)}{M + N(0,5h - a)} \leq 2$$

$$M.M_l < 0 \begin{cases} e_o > 0,1h \Rightarrow \varphi_l = 1 \\ e_o \leq 0,1h \Rightarrow \varphi_l = \varphi_{l1} + 10(1 - \varphi_{l1}) \frac{e_o}{h} \text{ với } \varphi_{l1} = 1 + \beta \frac{M_l}{N y_o} \end{cases}$$

$$\text{Tính toán độ lệch tâm } e : e = \eta e_o + 0,5h - a$$

Bước 4: Tính sơ bộ x_1 (chiều cao vùng nén khí giả thiết nén lệch tâm lớn thông thường)

$$\begin{cases} R_s = R_{sc} \rightarrow x_1 = \frac{N}{R_b b} \\ R_s \neq R_{sc} \rightarrow \text{giải : } x^2 - 2(h_o + t_s)x + \frac{2N}{R_b b}(e + t_s) = 0 \text{ với } t_s = \frac{R_{sc} \cdot Z_a}{R_s - R_{sc}} \Rightarrow x_1 > 0 \end{cases}$$

Bước 5: Dựa vào x_1 phân loại trường hợp tính toán

✓ $2a' \leq x_1 \leq \xi_R \cdot h_o$: Trường hợp nén lệch tâm lớn thông thường

$$\Rightarrow A_s = A'_s = \frac{Ne - R_b b x_1 (h_o - \frac{x_1}{2})}{R_{sc} \cdot Z_a} = \frac{N(e + \frac{x_1}{2} - h_o)}{R_{sc} \cdot Z_a}$$

✓ $x_1 < 2a'$: Trường hợp đặc biệt

$$\Rightarrow A_s = A'_s = \frac{Ne'}{R_s Z_a} = \frac{N(e - Z_a)}{R_s \cdot Z_a}$$

✓ $x_1 > \xi_R \cdot h_o$: Trường hợp nén lệch tâm bé. Không dùng được x_1 tính toán lại chiều cao vùng nén x

C1: dùng công thức gần đúng của GS. Nguyễn Đình Cống

$$x = \frac{[(1 - \xi_R)\gamma_a n + 2\xi_R(n\varepsilon - 0,48)]h_o}{(1 - \xi_R)\gamma_a + 2(n\varepsilon - 0,48)}$$

$$\left(\text{với } n = \frac{N}{R_b b h_o}, \varepsilon = \frac{e}{h_o}, \gamma_a = \frac{Z_a}{h_o} \right)$$

C2: Giải phương trình bậc 3 tìm x: $x^3 + a_2 x^2 + a_1 x + a_o = 0$

$$a_o = \frac{-N[2e\xi_R + (1 - \xi_R)Z_a]h_o}{R_b \cdot b}$$

$$a_1 = \frac{2Ne}{R_b b} + 2\xi_R \cdot h_o^2 + (1 - \xi_R)h_o Z_a$$

$$a_2 = -(2 + \xi_R)h_o$$

$$\text{Có } x \Rightarrow A_s = A'_s = \frac{Ne - R_b b x \left(h_o - \frac{x}{2} \right)}{R_{sc} Z_a}$$

Bước 6: Kiểm tra hàm lượng thép.

$$2\mu_{\min} (\in \lambda) \leq \mu_t = 2\mu = \frac{A_s}{b h_o} \leq \mu_{\max} = 3\%$$

Nếu $\mu = \mu' < \mu_{\min}$ hoặc có thể tính ra A_s , âm điều này chứng tỏ tiết diện chọn lớn cần giảm kích thước tiết diện hoặc lấy $A_s = A'_s = \mu_{\min} b \cdot h_0$

Nếu $\mu_t > \mu_{\max}$ chứng tỏ tiết diện chọn bé cần tăng kích thước tiết.

Chú ý : Nếu μ_t chênh lệch với giả thiết nhiều (tại bước 3) thì phải tính toán lại.

Bước 7: Chọn và bố trí cốt thép theo nguyên tắc cấu tạo

Bước 8: Kiểm tra lại các số liệu đã giả thiết (a, a').

b. Thiết kế thép không đối xứng ($A_s = A'_s$)

Bước 1 : Chuẩn bị số liệu

Bước 2 : Xét uốn dọc tính η, e_o, e

Bước 3 : Xác định trường hợp tính toán

- $\eta e_o \geq e_p$: nén lệch tâm lớn
- $e_o < e_p$: nén lệch tâm bé
Với $e_p = 0,4 (1,25 h - \xi_R h_0)$

Bước 4a. Tính toán cốt thép cho trường hợp nén lệch tâm lớn

Bài toán 1 : Chọn x tính A'_s và A_s

$$\text{Chọn } 2a' \leq x \leq \xi_R h_0 \Rightarrow A'_s = \frac{Ne - R_b bx (h_0 - 0,5x)}{R_{sc} Z_a}$$

$$\text{Khi } A'_s > 0 \text{ thì } \Rightarrow A_s = \frac{R_b bx + R_{sc} \cdot A'_s - N}{R_s}$$

Khi chọn x lưu ý nếu chọn $x = \xi_R h_0$ sẽ cho kết quả A'_s bé nhất nhưng A_s sẽ lớn nhất, $A_{st} = A_s + A'_s$ là một hàm của x, có thể chứng minh được nếu chọn $x = \frac{h_0 + a'}{2}$ thì sẽ có A_{st} bé nhất.

Khi $A'_s < 0$ nên giảm x để tính lại. Nếu $x = x_{\min} = 2a'$ mà vẫn xảy ra $A'_s < 0$ thì lấy A'_s theo cấu tạo và tính $A_s = \frac{Ne'}{R_s Z_a} = \frac{N(e - Z_a)}{R_s \cdot Z_a}$

Bài toán 2: Cho trước A'_s tính x và A_s

$$\text{Tính } \alpha_m = \frac{Ne - R_{sc} A'_s Z_a}{R_b b h_0^2} \Rightarrow \xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} \Rightarrow x = \xi h_0$$

- Nếu $2a' \leq x \leq \xi_R h_0 \Rightarrow A_s = \frac{R_b bx + R_{sc} \cdot A'_s - N}{R_s}$

- Nếu $x > \xi_R h_o$ chứng tỏ A'_s chưa đủ, cần tăng A'_s hoặc tính

$$A'_s = \frac{Ne - R_b b x (h_o - 0,5x)}{R_{sc} Z_a}$$

- Nếu $x < 2a'$, kể cả trường hợp tính $\alpha_m \leq 0$, chứng tỏ A'_s khá lớn, nên giảm A'_s để tính lại. Khi không thể giảm A'_s thì tính A_s theo công thức:

$$A_s = \frac{Ne'}{R_s Z_a} = \frac{N(e - Z_a)}{R_s Z_a}$$

Bước 4b. Tính toán cho trường hợp nén lệch tâm bé

- $N \leq N_b = R_b b (h - 2\eta e_o)$ thì bê tông đủ khả năng chịu lực, cốt thép chỉ cần đặt theo cấu tạo.
- $N > N_b = R_b b (h - 2\eta e_o)$ phải tính cốt thép với điều kiện $\xi_R h_o \leq x \leq h_o$

Bài toán 1: Chọn trước A_s , x (tính x theo phương pháp đúng dần)

Chọn A_s theo yêu cầu cấu tạo, chọn x theo các công thức gần đúng:

$$x = \frac{[(1 - \xi_R) \gamma_a n + 2 \xi_R (n \varepsilon - 0,48)] h_o}{(1 - \xi_R) \gamma_a + 2(n \varepsilon - 0,48)} \quad (5.1)$$

Và tính A'_s

$$A'_s = \frac{Ne - R_b b x (h_o - \frac{x}{2})}{R_{sc} Z_a} \quad (5.2)$$

Tính lại x :

$$x = \frac{N + C - R_{sc} A'_s - R_s A_s}{R_b b + \frac{C}{h_o}} \quad (5.3)$$

$$\text{Với } C = \frac{2R_s A_s}{1 - \xi_R}.$$

Tính lại A'_s theo (5.2) với giá trị mới của x từ (5.3). Quy trình tính toán này có độ hội tụ cao và có thể lấy các giá trị thu được sau một chu kỳ lặp.

Khi $\eta e_o < 0,15h_o$, cốt thép A_s chịu nén đáng kể, cần kiểm tra theo công thức:

$$A_s = \frac{Ne' - R_b b x (0,5x - a)}{\sigma_s (h_o - a')} \quad (5.4)$$

Bài toán 2: Chọn trước A_s theo cấu tạo. Tính x và A'_s

$$0,5R_b b d x^2 + (2R_s A_s Z_a - R_b b d a')x - (N e' d + t R_s A_s z_a) = 0 \quad (5.5)$$

Trong đó:

$$d = h_o - \xi_R h_o; \quad t = h_o + \xi_R h_o; \quad e' = Z_a - e.$$

Giải phương trình (5.5), kiểm tra điều kiện $\xi_R h_o \leq x \leq h_o$. Nếu tính x vượt ra khỏi giới hạn trên chứng tỏ A_s chọn là chưa hợp lý, cần chọn lại.

Trường hợp đặc biệt: chọn A_s hoàn toàn theo cấu tạo và không kể vào trong tính toán thì có thể cho $A_s=0$. Tính A'_s như sau:

$$\text{Tính } T = \frac{N e'}{R_b \cdot b a'^2} \Rightarrow \alpha = 1 + \sqrt{1 + 2T} \Rightarrow x = \alpha a'$$

Điều kiện $x \leq h$. Nếu tính được $x > h$ thì phải đặt cốt thép A_s theo tính toán, lúc này A_s chịu nén. Sau khi có x tính A'_s :

$$A'_s = \frac{N - R_b b x}{R_{sc}}$$

Bước 5. Kiểm tra hàm lượng cốt thép $\mu, \mu' \geq \mu_{\min}$ và $\mu + \mu' \leq 3\%$

Bước 6: Chọn và bố trí cốt thép theo nguyên tắc cấu tạo

Bước 7: Kiểm tra lại các số liệu đã giả thiết (a, a').

5.3.2.2. Cốt thép dọc cấu tạo và cốt đai

a. Cốt thép dọc cấu tạo

Dùng để chịu những ứng suất sinh ra do bê tông co ngót, do nhiệt độ thay đổi và cũng có thể giữ ổn định cho những nhánh cốt thép đai quá dài.

Có đường kính $\phi \geq 12\text{mm}$.

b. Cốt đai

Tác dụng:

- giữ ổn định cốt thép dọc.
- giữ vị trí cốt thép dọc khi thi công, hạn chế nở ngang của bê tông.
- khi cấu kiện chịu lực cắt lớn thì cốt đai tham gia chịu lực cắt.

Yêu cầu:

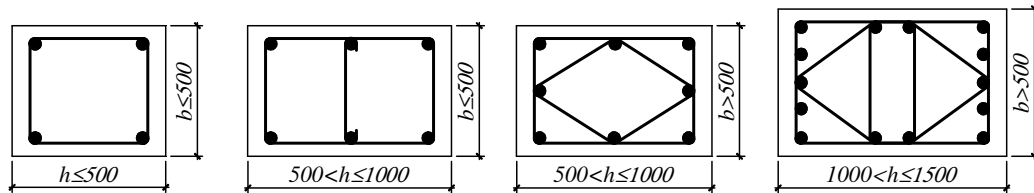
$$\begin{cases} \phi_{sw} \geq \max(0,25\phi_{max}, 5\text{mm}) \\ a \leq \min(k\phi_{\min}, a_o) \end{cases}$$

- Khi $R_{sc} \leq 400\text{MPa}$; lấy $k=15$ và $a_o=500$ mm.
- Khi $R_{sc} > 400\text{MPa}$; lấy $k=12$ và $a_o=400$ mm.

- Nếu hàm lượng cốt thép dọc $\mu' \geq 1.5\%$ cũng như khi toàn bộ tiết diện chịu nén mà $\mu_t > 3\%$ thì $k=10$ và $a_0=300\text{mm}$.
- Trong đoạn nối chồng cốt thép dọc: $a \leq 10 \cdot \phi_{\min}$

ϕ_{\max} , ϕ_{\min} : đường kính lớn nhất và bé nhất của cốt thép.

Các đai phải được móc neo để không bật ra khi chịu nén. Tiêu chuẩn thiết kế quy phạm cứ cách một cốt dọc phải có một cốt dọc đặt ở góc cốt đai, khi cạnh của tiết diện $\leq 40\text{cm}$ và trên mỗi cạnh có không quá 4 cốt dọc thì cho phép dùng một đai bao quanh các cốt dọc đó.



Hình 5.8. Cốt dọc cấu tạo và cốt đai