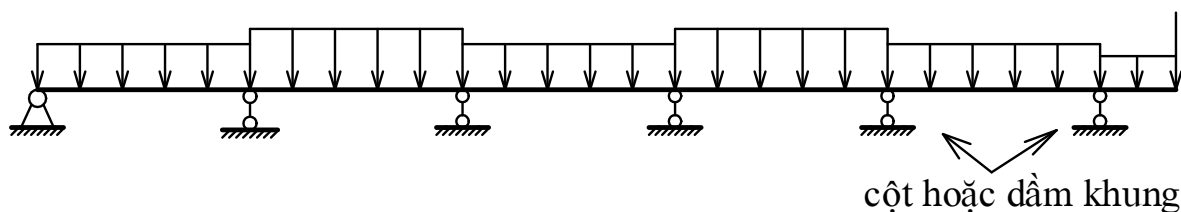


CHƯƠNG 2: TÍNH TOÁN DÀM.

- Dựa vào kích thước hai phương công trình theo mặt bằng, sơ đồ bố trí hệ dầm-cột để phân tích sự làm việc của kết cấu theo sơ đồ hệ không gian hay hệ phẳng. Kết cấu được tính theo dạng phẳng được tách thành hệ dầm (dọc) và hệ khung (ngang).

- Sơ đồ tính hệ dầm: dầm liên tục có gối tựa là cột hoặc dầm chính (dầm khung), chịu tải trọng theo phương đứng, bỏ qua tải trọng ngang tác dụng theo phương mặt phẳng dầm.



1. XÁC ĐỊNH TẢI TRỌNG TÁC DỤNG LÊN DÀM :

1.1. Tính tải :

1.1.1. Do trọng lượng bản thân:

Sơ bộ chọn kích thước dầm:

$$h = \left(\frac{1}{12} \div \frac{1}{20} \right) l$$

$$b = (0,3 \div 0,5) \cdot h$$

Phần sàn giao nhau với dầm được tính vào trọng lượng sàn \Rightarrow Trọng lượng bản thân của dầm chỉ tính với phần không giao với sàn:

+ Phần bê tông : $q_{TT} = n_{bt} \cdot \gamma \cdot b \cdot (h - h_b)$

+ Phần trát : $q_{TT} = n_{tr} \cdot g \cdot \delta_{tr} \cdot (2 \cdot h - 2 \cdot h_b)$

1.1.2. Do sàn truyền vào dầm :

Xem gần đúng tải trọng do sàn truyền vào dầm phân bố theo **diện chịu tải**. Từ các góc bản, vẽ các đường phân giác \Rightarrow chia sàn thành các phần 1, 2, 3, 4.

+ Phần 1 truyền vào dầm D1.

+ Phần 2 truyền vào dầm D2.

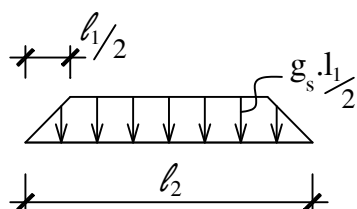
+ Phần 3 truyền vào dầm D3.

+ Phần 4 truyền vào dầm D4.

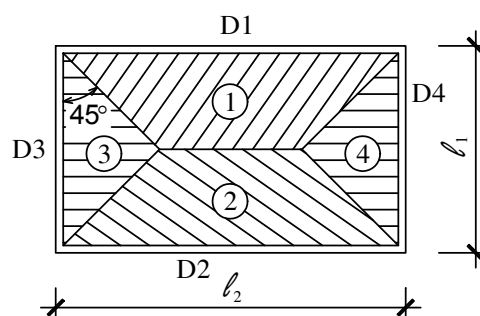
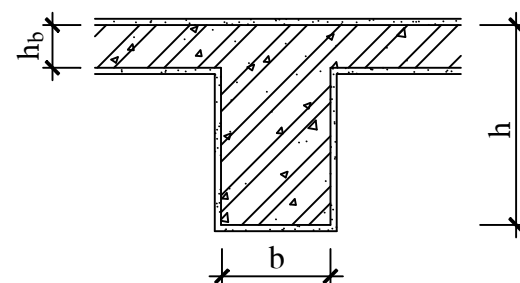
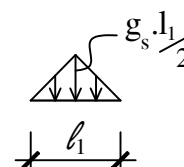
Gọi g_s là tải trọng tác dụng lên ô sàn.

\Rightarrow Tải trọng tác dụng từ sàn truyền vào dầm :

D1, D2 : Tải trọng hình thang

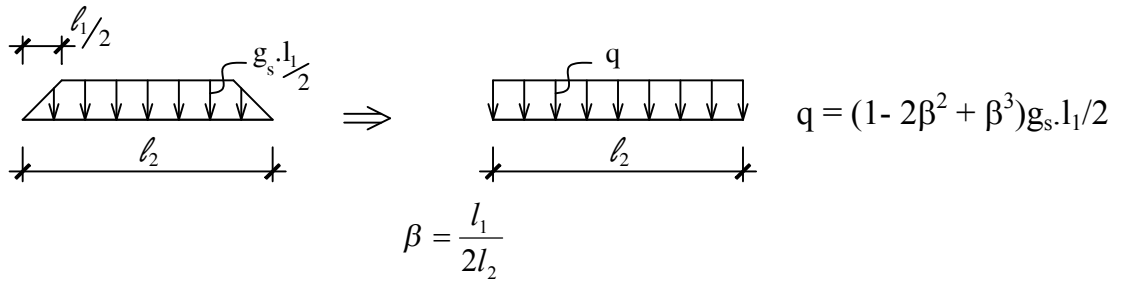


D3, D4 : Tải trọng tam giác

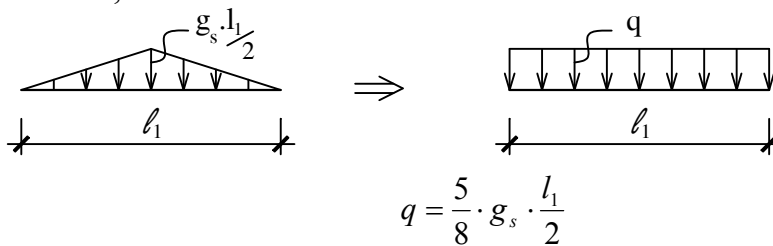


Để đơn giản người ta quy đổi các tải trọng hình thang và tam giác đó về phân bố đều (gần đúng).

Dầm D1, D2 :

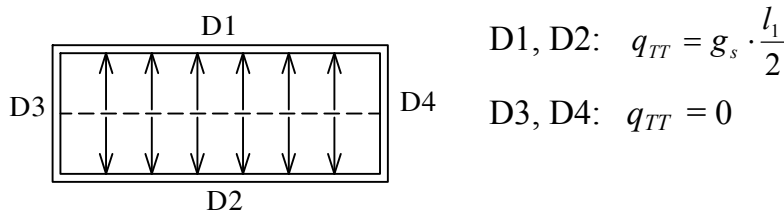


Dầm D3, D4 :



(Việc quy đổi này dựa trên cơ sở momen do tải trọng hình thang hay tam giác gây ra = momen do tải trọng quy đổi phân bố đều gây ra).

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.



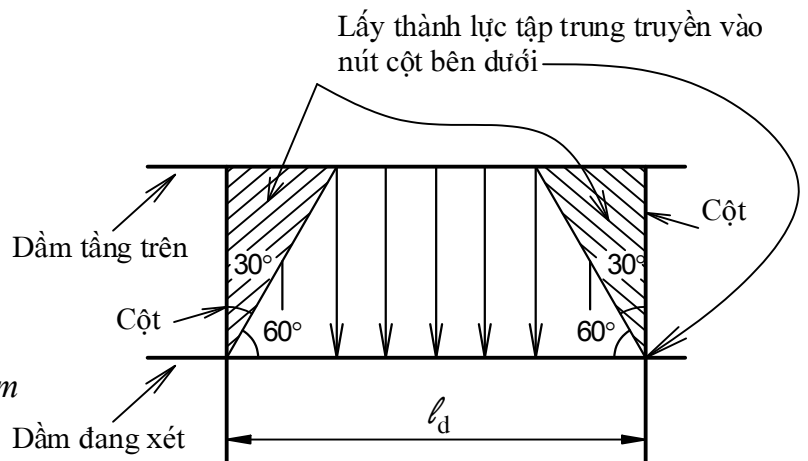
Đối với dầm có 2 bên sàn cần tính tải trọng do cả 2 bên truyền vào (cùng tác dụng vào 1 dầm)

1.1.3. Do tường và cửa xây trên dầm :

Trong kết cấu nhà khung BTCT chịu lực, tường chỉ đóng vai trò bao che, tường chỉ chịu tải trọng bản thân (tự mang) \Rightarrow tường được xem là tải trọng truyền vào dầm mà không tham gia chịu lực cùng với kết cấu BTCT (điều này để đơn giản trong tính toán và tăng độ an toàn vì thực tế tường có tham gia chịu lực).

Đối với mảng tường đặc: để tiết kiệm người ta quan niệm rằng chỉ có phạm vi tường trong phạm vi góc 60° là truyền lực lên dầm, phần còn lại tạo thành lực tập trung truyền xuống nút khung.

(Nếu 2 biên tường không có cột thì xem như toàn bộ tường truyền vào dầm)

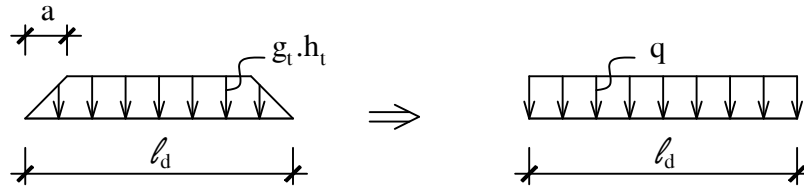


Gọi g_t là trọng lượng $1m^2$ tường (gạch xây + trát).

$$g_t = n_g \cdot \gamma_g \cdot \delta_g + 2 \cdot n_{tr} \cdot \gamma_{tr} \cdot \delta_{tr}$$

Gọi h_t là chiều cao tường (= chiều cao tầng - chiều cao dầm).

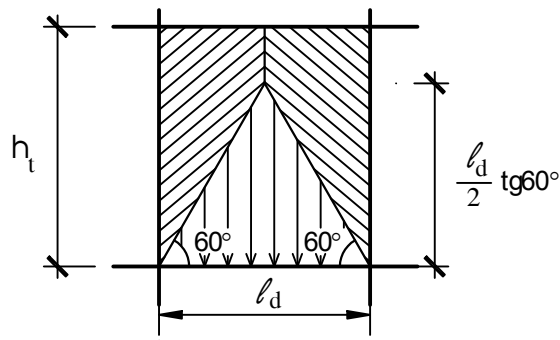
Tải trọng lên dầm có dạng hình thang (như hình vẽ) quy đổi về phân bố đều :



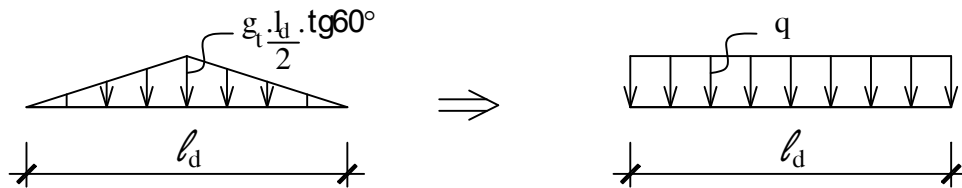
Với : $a = h_t \cdot \text{tg}30^\circ = h_t \cdot \frac{\sqrt{3}}{3}$

$$q = (1 - 2\beta^2 + \beta^3) \cdot g_t \cdot h_t \quad ; \quad \beta = \frac{a}{l_d}$$

- Trường hợp l_d bé \Rightarrow phân tải trọng truyền lên dầm có dạng tam giác :



Quy đổi về phân bố đều :



Với $q = \frac{5}{8} \cdot g_t \cdot \frac{l_d}{2} \cdot \text{tg}60^\circ$

- Đối với mảng tường có cửa :

Xem gần đúng tải trọng tác dụng lên dầm là toàn bộ trọng lượng tường + cửa phân bố đều trên dầm.

$$\Sigma G = g_t \cdot S_t + n_c \cdot g_c^{tc} \cdot S_c$$

Trong đó : g_t : trọng lượng tính toán của $1m^2$ tường.

S_t : diện tích tường (trong nhịp đang xét).

n_c : hệ số vượt tải đối với cửa.

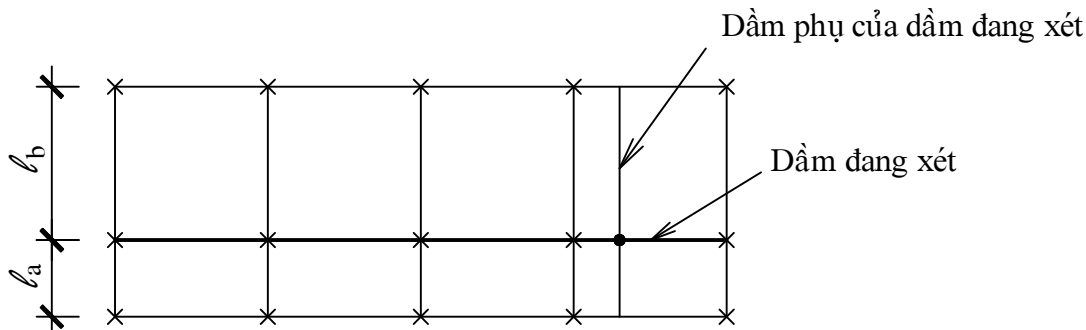
g_c^{tc} : trọng lượng tiêu chuẩn của $1m^2$ cửa.

S_c : diện tích cửa (trong nhịp đang xét).

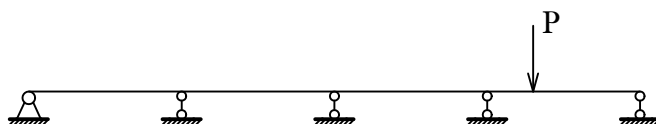
⇒ Tải trọng tường + cửa phân bố đều trên dầm là: $q = \Sigma G/l_d$

1.1.4. Do dầm phụ khác truyền vào :

Có thể có trường hợp dầm khác được xem là dầm phụ của **dầm đang xét** (VD: dầm bo, dầm chia nhỏ khu vệ sinh, dầm cầu thang ...).



Lực truyền từ dầm phụ đó vào là lực tập trung :



$P = P_a + P_b$ (P_a, P_b : lực tập trung do dầm phụ trong đoạn l_a, l_b truyền vào).

Xét lực trong 1 đoạn dầm truyền vào (VD: đoạn nhịp l_a).

+ Xác định tải trọng phân bố tác dụng lên dầm phụ trong đoạn nhịp l_a

$$q_{dp} = q_{\text{trọng lượng bản thân}} + q_{\text{sàn truyền vào}} + q_{\text{tường}}$$

+ Xác định lực tập trung truyền vào dầm đang xét :

$$P_a = q_{dp} \cdot l_a / 2$$

Tương tự đối với l_b (xác định $q_{dp} \Rightarrow$ xác định $P_b = q_{dp} \cdot l_b / 2$)

1.2. Hoạt tải :

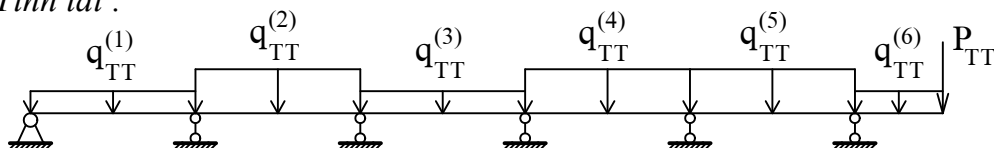
Chỉ có 2 loại là do sàn truyền vào và do dầm phụ khác truyền vào (nếu có). Cách xác định tương tự như phân tĩnh tải nhưng thay g_s bằng p_s (hoạt tải sàn trên $1m^2$).

Xác định tải trọng trên tất cả các nhịp dầm, cả tĩnh tải lẫn hoạt tải.

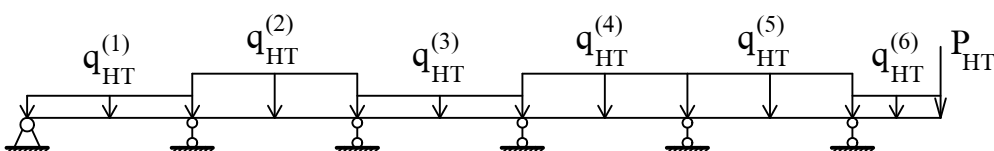
2. SƠ ĐỒ TẢI TRỌNG VÀ TỔ HỢP NỘI LỰC :

2.1. Sơ đồ tải trọng :

2.1.1. Tĩnh tải :



2.1.2. Hoạt tải :



2.2. Tổ hợp nội lực :

Do hoạt tải có tính chất bất kỳ (xuất hiện theo các quy luật khác nhau) \Rightarrow cần tổ hợp để tìm ra những giá trị nguy hiểm nhất của nội lực do hoạt tải gây ra. Từ đó ta tính toán tiết diện.

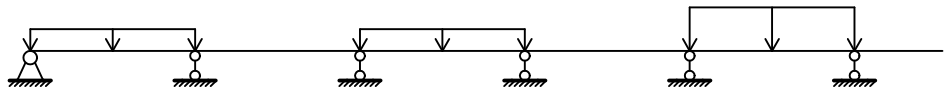
Có 2 cách tổ hợp nội lực do hoạt tải gây ra :

Cách 1: chắt hoạt tải lên dầm theo quy luật gây nguy hiểm.

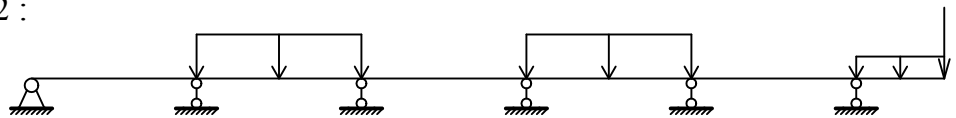
a) *Hoạt tải gây nguy hiểm cho tiết diện giữa nhịp:* hoạt tải phải đặt cách nhịp (so le).

Gồm:

HT1 :



HT2 :



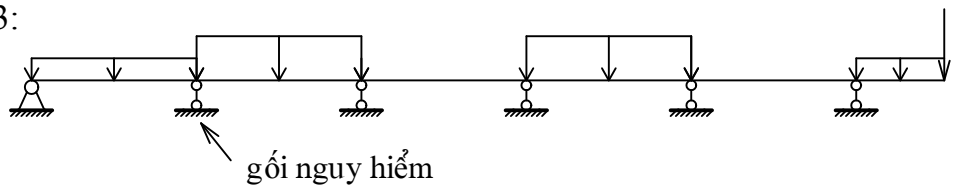
HT1 gây nguy hiểm cho tiết diện giữa nhịp 1, 3, 5.

HT2 gây nguy hiểm cho tiết diện giữa nhịp 2, 4.

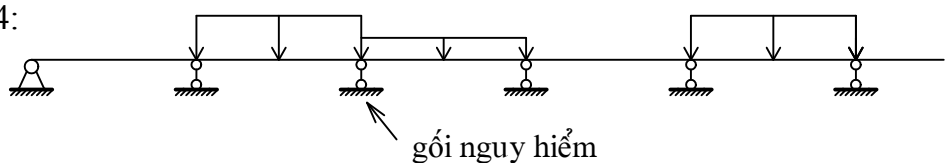
b) *Hoạt tải gây nguy hiểm cho tiết diện gối :* hoạt tải đặt 2 bên gối đó + cách nhịp với những nhịp 2 bên gối đó.

Gồm:

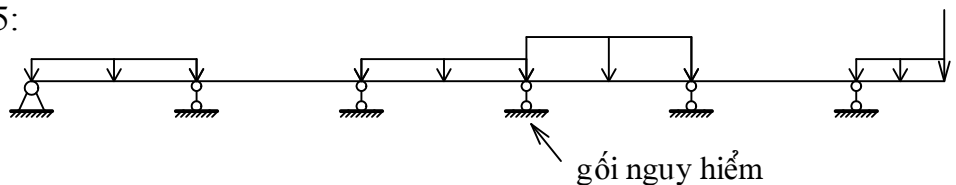
HT3:



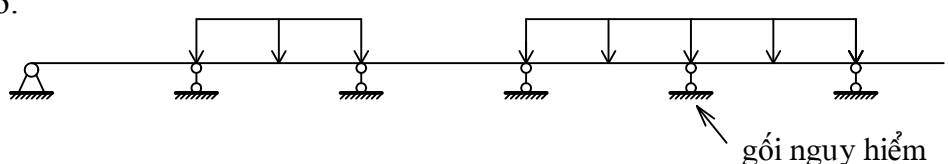
HT4:



HT5:



HT6:



Trường hợp dầm có nhiều nhịp hơn thì số trường hợp HT càng nhiều

Công thức tổ hợp xác định M_{\max} , M_{\min} do Tĩnh tải + Hoạt tải :

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

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

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

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

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

Thường lập bảng tổ hợp để thực hiện việc xác định M_{\max} , M_{\min} & Q_{\max} , Q_{\min}

VD:

BẢNG TỔ HỢP MOMEN DẦM D1

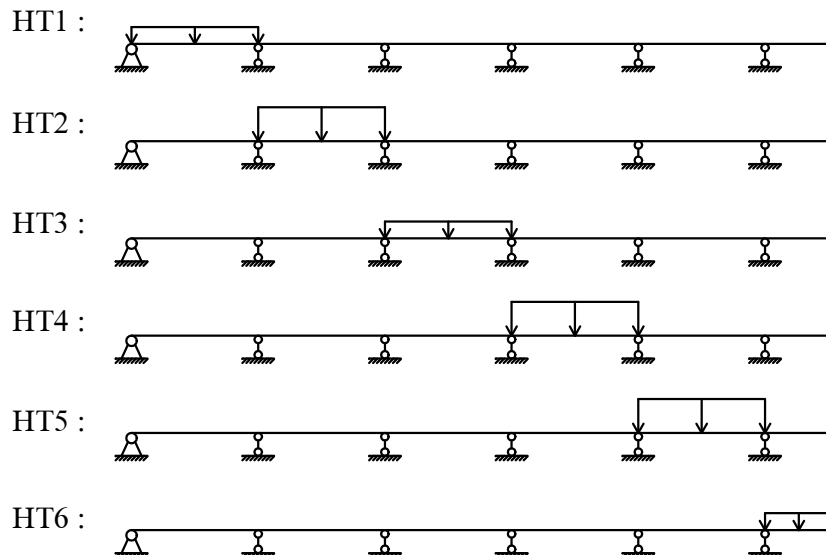
Tiết diện	M_{TT}	M_{HT1}	M_{HT2}	M_{HT3}	M_{HT4}	M_{Max}	M_{Min}
Gối 1	0	0	0	0	0	0	0
Nhịp 1-2	5	6	-2	4	-1	11	3
Gối 2	-7	-3	-2,5	-6	-3,5	-9,5	-13
Nhịp 2-3	4	-1,5	5	6	2	10	2,5
Gối 3	...	...	...	...	...	...	...
Nhịp 3-4	...	...	...	...	...	...	...
Gối 4	...	...	...	...	...	...	...

Tổ hợp Lực cắt: thực hiện tương tự trong một bảng khác.

Cách này có ưu điểm là có thể xác định được tổ hợp nào là nguy hiểm cho tiết diện đang xét \Rightarrow nhanh chóng cho kết quả nếu chỉ kiểm tra tại 1 tiết diện. Nhưng có nhược điểm: chỉ cho kết quả chính xác đối với momen dương max tại nhịp và momen âm min tại gối còn các giá trị momen max hoặc min tại các tiết diện trung gian có thể không chính xác, đồng thời tổ hợp lực cắt xác định như trên cũng có thể không chính xác vì chưa xét hết tất cả các tổ hợp có khả năng xảy ra.

Cách 2: (thường sử dụng) Hoạt tải được chia làm các trường hợp, mỗi trường hợp tải trọng chỉ tác dụng lên 1 nhịp.

VD:



Công thức tổ hợp xác định giá trị max – min

$M_{\max} = M_{TT} + \Sigma(M_{HT}^+)$: tổng các momen do hoạt tải gây ra nếu số dương thì cộng vào, số âm thì bỏ qua không cộng vào.

$$M_{\min} = M_{TT} + \Sigma(M_{HT}^-)$$

$$Q_{\max} = Q_{TT} + \Sigma(Q_{HT}^+)$$

$$Q_{\min} = Q_{TT} + \Sigma(Q_{HT}^-)$$

VD:

BẢNG TỔ HỢP MOMEN DẦM D1

Tiết diện	M_{TT}	M_{HT1}	M_{HT2}	M_{HT3}	M_{HT4}	M_{HT5}	M_{HT6}	M_{Max}	M_{Min}
Gối 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nhịp 1-2	5	4	-1.8	1.6	-0.8	0.4	-0.2	11	2.2
Gối 2	-7	-6	5.2	3	2.3	-4.5	-6.5	3.5	-24
Nhịp 2-3	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...
...

Cách này có nhiều ưu điểm: 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.

Chú ý :

Khi tổ hợp moment trong 1 nhịp của dầm ta cần xác định giá trị M_{\max} , M_{\min} tại ít nhất 3 vị trí: đầu thanh, giữa nhịp, cuối thanh.

Khi tổ hợp lực cắt trong 1 nhịp của dầm ta cần xác định giá trị Q_{\max} , Q_{\min} tại ít nhất 4 vị trí: đầu thanh, 1/4 nhịp, 3/4 nhịp, cuối thanh (do quy định về khoảng cách cấu tạo của cốt đai tại các khoảng gần gối tựa và khoảng giữa nhịp dầm khác nhau).

3. TÍNH TOÁN CỐT THÉP :

Cốt thép trong dầm tính theo cấu kiện chịu uốn. Tính toán tiết diện theo **Trạng thái giới hạn**.

Sơ lược lịch sử tính toán :

- + Đầu thế kỷ 20 người ta bắt đầu xây dựng lý thuyết tính toán kết cấu bê tông cốt thép theo ứng suất cho phép: giống SBVL $\sigma_{tb} \leq [\sigma]$.
- + 1939: Giáo sư Loleit nghiên cứu tính không đồng nhất & đẳng hướng, tính biến dạng đàn hồi dẻo của bê tông và kiến nghị phương pháp tính toán theo giai đoạn phá hoại.
- + 1955: Bắt đầu tính toán theo phương pháp mới hơn: gọi là phương pháp tính theo **trạng thái giới hạn**.

Kết cấu BTCT cần thỏa mãn những yêu cầu về tính toán theo 2 nhóm trạng thái giới hạn.

Nhóm TTGH 1: nhằm bảo đảm khả năng chịu lực của kết cấu, cụ thể :

- Không bị phá hoại do tác dụng của tải trọng và tác động.
- Không bị mất ổn định về hình dáng hoặc vị trí.
- Không bị phá hoại vì môi.

- Không bị phá hoại do tác dụng đồng thời của nhân tố về lực và những ảnh hưởng bất lợi của môi trường.

Nhóm TTGH 2: nhằm bảo đảm sự làm việc bình thường của kết cấu để đáp ứng được nhu cầu sử dụng, cụ thể cần hạn chế:

- Khe nứt không mở rộng quá giới hạn cho phép hoặc không được xuất hiện.
- Không có những biến dạng quá giới hạn cho phép (độ võng, góc xoay, góc trượt, dao động).

Tính toán kết cấu theo **TTGH1** được tiến hành dựa vào điều kiện: $T \leq T_{td}$.

Trong đó: T : giá trị nguy hiểm có thể xảy ra của từng nội lực hoặc do tác dụng đồng thời của 1 số nội lực.

T_{td} : khả năng chịu lực của tiết diện đang xét khi tiết diện đạt đến trạng thái giới hạn (tiết diện phát huy hết khả năng chịu lực, vật liệu đạt đến giới hạn của khả năng chịu lực).

T : dùng trị số **nội lực tính toán**.

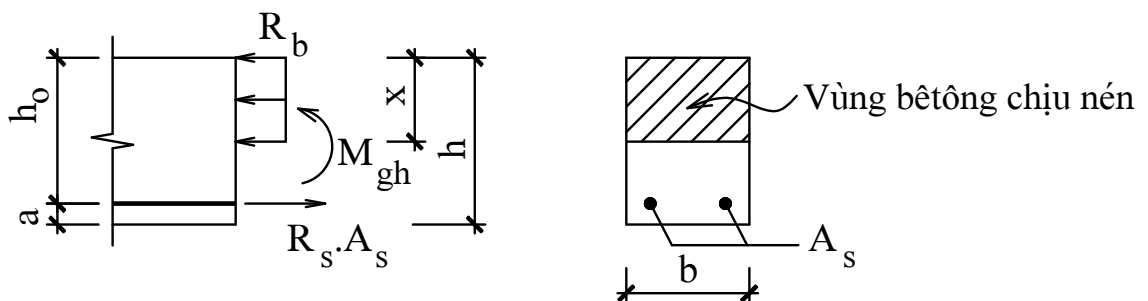
T_{td} : dùng các trị số **cường độ tính toán** của vật liệu với 1 xác suất bảo đảm và 1 độ an toàn nhất định.

VD: Bê tông B20 có nghĩa cường độ của các mẫu thử (15x15x15cm) phải có xác suất là 95% đạt trên giá trị 20MPa. Sau khi kể đến sự làm việc thực tế của bê tông trong kết cấu có khác với sự làm việc của mẫu thử và xét đến hệ số an toàn thì cường độ tính toán của bê tông B20 là $R_b = 11,5$ MPa.

Tính cốt thép trong dầm theo TTGH1 với nội lực là nội lực tính toán được lấy từ bảng tổ hợp (tải trọng tác dụng vào dầm đã được nhân với hệ số độ tin cậy $n \Rightarrow$ tải trọng tính toán).

3.1. Tính toán cốt dọc: (trường hợp đặt cốt đơn)

Sơ đồ ứng suất trong trường hợp phá hoại dẻo (sự phá hoại xảy ra khi ứng suất trong cốt thép đạt đến cường độ R_s và u/s trong bê tông đạt đến cường độ R_b , trường hợp phá hoại này tận dụng hết khả năng chịu lực của cốt thép và bê tông. Khác với trường hợp phá hoại giòn: ứng suất trong bê tông đạt đến R_b trong khi ứng suất trong cốt thép chưa đạt đến R_s , bê tông bị phá vỡ do ứng suất nén một cách đột ngột).



Ứng suất trong cốt thép đạt R_s (xem chỉ có cốt thép tham gia chịu kéo, phần chịu kéo của bê tông bỏ qua do có thể trong bê tông đã xuất hiện khe nứt).

Ứng suất trong bê tông đạt R_b , chiều cao vùng nén = x .

Các nghiên cứu thực nghiệm cho biết rằng trường hợp phá hoại dẻo xảy ra khi $x \leq \xi_R \cdot h_0$ (ξ_R phụ thuộc cấp bền bê tông và nhóm cốt thép).

Nếu $x > \xi_R \cdot h_0 \Leftrightarrow \alpha_m > \alpha_R = \xi_R \cdot (1 - 0,5 \xi_R) \Rightarrow$ xảy ra trường hợp phá hoại giòn: phá hoại từ vùng nén của bê tông \Rightarrow nên tránh (bằng cách tăng tiết diện, tăng cấp bền)

Bài toán tính cốt thép : biết $M, b, h, R_b, R_s \Rightarrow$ tính A_s .

Xác định $\alpha_m = \frac{M}{R_b \cdot b \cdot h_0^2}$, kiểm tra điều kiện: $\alpha_m \leq \alpha_R$: nếu không thoả mãn cần tính theo cốt kép hoặc tăng tiết diện hoặc tăng cấp bền bê tông.

$$\text{Nếu } \alpha_m \leq \alpha_R \Rightarrow \text{tính } \zeta = \frac{1 + \sqrt{1 - 2\alpha_m}}{2}.$$

$$\text{Tính } A_s = \frac{M}{R_s \cdot \zeta \cdot h_0}, \text{ kiểm tra } \mu\% = \frac{A_s}{b \cdot h_0} \cdot 100\% \begin{cases} \geq \mu_{\min} = 0,05\% \\ \leq \mu_{\max} = \xi_R \frac{R_b}{R_s} \cdot 100\% \end{cases}$$

(thường lấy $\mu_{\min} = 0,1\%$)

Đối với dầm phụ: $\mu = 0,6\% \div 1,2\%$ là hợp lý.

Ghi chú :

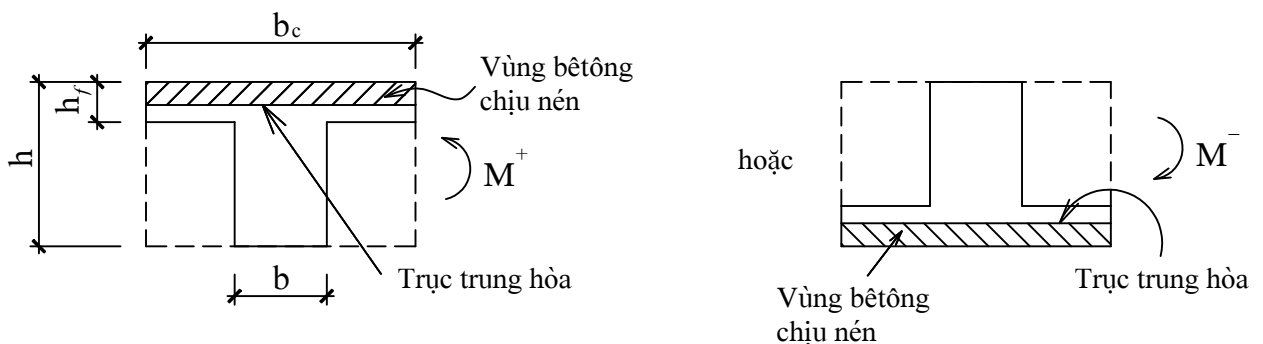
- Tại 1 tiết diện ta có 2 giá trị nội lực tổ hợp M_{\max} & M_{\min} :

Nếu $M_{\max}, M_{\min} \geq 0 \Rightarrow$ cốt thép **dưới** tính theo M_{\max} , cốt thép **trên** đặt theo cấu tạo ($A_s \geq \mu_{\min} \cdot b \cdot h_0$).

Nếu $M_{\max}, M_{\min} \leq 0 \Rightarrow$ cốt thép **trên** tính theo $|M_{\min}|$, cốt thép **dưới** đặt theo cấu tạo ($A_s \geq \mu_{\min} \cdot b \cdot h_0$).

Nếu $M_{\max} \geq 0, M_{\min} \leq 0 \Rightarrow$ cốt thép **dưới** tính theo M_{\max} , cốt thép **trên** tính theo $|M_{\min}|$.

- Nếu tiết diện chữ T có cánh nằm trong vùng nén và trục trung hoà đi qua cánh (h.vẽ):



\Rightarrow Tính như tiết diện chữ nhật ($b_f \times h$).

Trục trung hoà đi qua cánh khi $M \leq M_f$ với $M_f = R_b \cdot b_f \cdot h_f \cdot (h_0 - \frac{h_f}{2})$.

Bề rộng vùng cánh $b_f = b + 2 \cdot S_c$ với S_c lấy giá trị nhỏ nhất trong các giá trị sau:

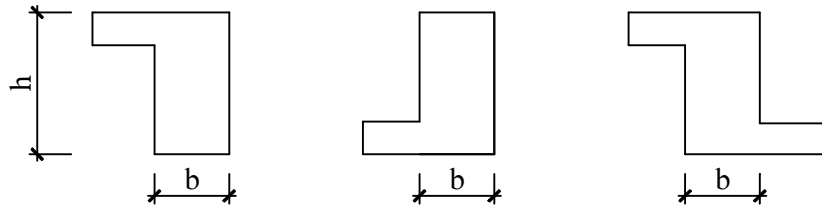
$\frac{1}{6}l$ (l: nhịp dầm).

$\frac{1}{2}$ khoảng cách giữa 2 mép trong dầm này với dầm bên cạnh // với nó.

Khi $h_f < 0,1.h$ thì $S_c \leq 6h_f$.

Khi $h_f < 0,05.h$ thì bỏ qua sự làm việc của cánh

Nếu tiết diện chỉ có 1 bên cánh :



⇒ Tính như tiết diện chữ nhật $b \times h$ (bỏ qua sự làm việc của cánh).

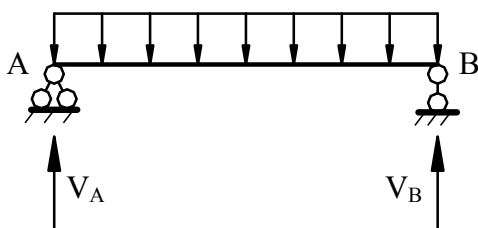
3.2. Tính toán cốt ngang: (cốt đai).

(Tính cốt đai cùng với bê tông chịu lực cắt, nếu trường hợp cốt đai đặt quá dày ⇒ đặt thêm cốt xiên để tham gia chịu lực cắt).

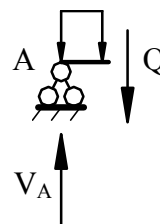
3.2.1. Tổng quan:

Cốt thép đai đặt trong dầm chủ yếu là để chịu lực cắt, ở những vùng chịu lực cắt lớn trong dầm sẽ phát sinh những vết nứt nghiêng, đó là do tác dụng của các ứng suất kéo chính có phương xiên với trục dầm. Sự phá hoại do lực cắt xảy ra theo các tiết diện chứa vết nứt nghiêng ấy hoặc phá hoại do bê tông giữa các vết nứt nghiêng bị vỡ vì tác dụng của ứng suất nén chính.

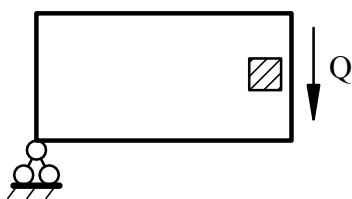
Ví dụ: xét trường hợp một dầm đơn giản chịu tải trọng phân bố đều.



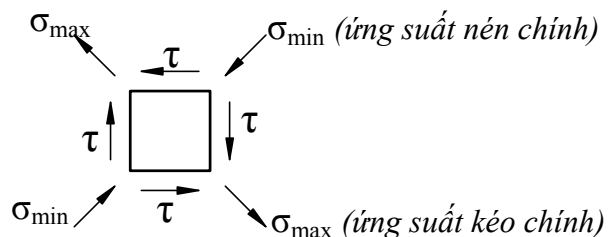
Sơ đồ tính



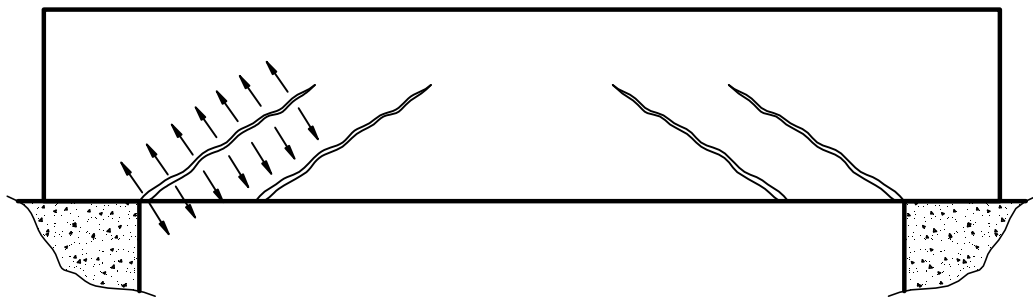
Vùng gần gối tựa có lực cắt lớn



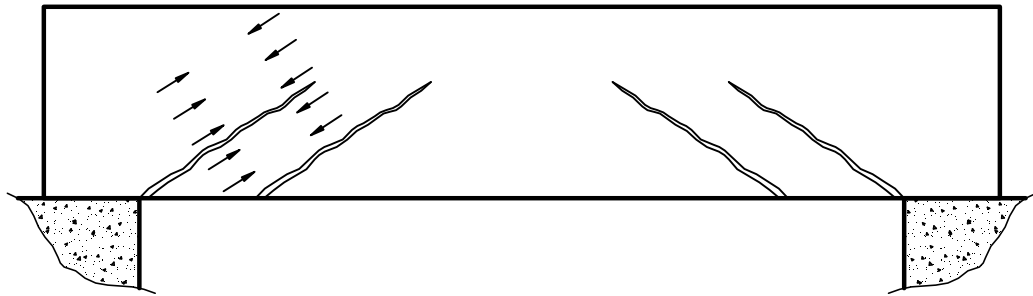
Xét 1 phân tố



Trạng thái ứng suất của phân tố

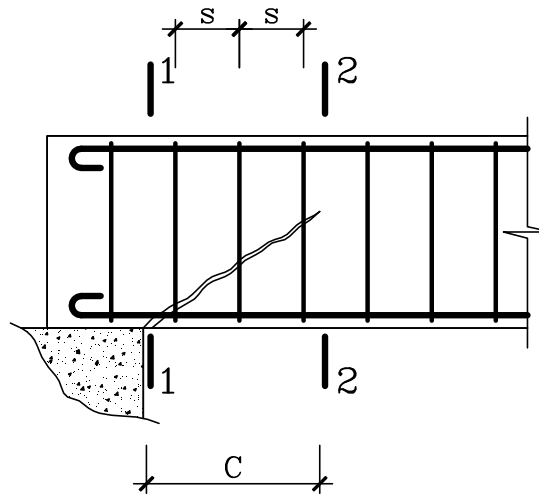


*Ứng suất kéo chính gây ra các vết nứt nghiêng.
Dầm có thể bị phá hoại theo phương các vết nứt nghiêng đó.*



Dầm cũng có thể bị phá hoại do bê tông bị vỡ vì ứng suất nén chính.

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



Sơ đồ tính toán tiết diện nghiêng

Khả năng chịu cắt của tiết diện nghiêng bao gồm khả năng của bê tông vùng nén Q_b và khả năng chịu lực của các cốt đai Q_{sw} . Cốt thép đai bố trí trong dầm cần tuân theo cả điều kiện về cấu tạo và kết quả về tính toán.

3.2.2. Quy định cấu tạo của cốt thép đai:

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

Đường kính cốt thép đai tối thiểu bằng $\varnothing 5$ khi chiều cao tiết diện $h \leq 800$ và $\varnothing 8$ khi $h > 800$.

Số nhánh cốt đai trong mỗi lớp phụ thuộc bề rộng dầm b và số lượng cốt thép dọc. Khi $b \leq 150$ và ở mỗi phía chỉ đặt một thanh cốt thép dọc thì được phép dùng đai một nhánh. Với b không lớn và số cốt thép dọc vừa phải thường dùng đai hai nhánh. Khi b khá lớn và có nhiều cốt thép dọc cần cấu tạo cốt đai có số nhánh nhiều hơn.

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

- Dầm chịu tải trọng phân bố $a_g = \frac{1}{4}l$.

- Dầm chịu tải trọng tập trung $a_g = \max(v, \frac{1}{4}l)$ với v là khoảng cách theo phương trục dầm từ gối tựa đến tải trọng tập trung.

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

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

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

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

3.2.3. Quy định tính toán:

3.2.3.1 Điều kiện tính toán:

Đặt $Q_{b.o}$ là khả năng chịu cắt của bê tông khi không có cốt thép đai, $Q_{b.o}$ được xác định theo công thức thực nghiệm:

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

Trong đó: R_{bt} : cường độ tính toán về kéo của bê tông.

b, h_o : bề rộng, chiều cao làm việc của tiết diện.

φ_{b4} : hệ số phụ thuộc loại bê tông (với bê tông nặng $\varphi_{b4} = 1,5$).

φ_n : hệ số xét đến ảnh hưởng của lực dọc N .

$$\text{Khi } N \text{ là lực nén: } \varphi_n = \min\left(\frac{0,1|N|}{R_{bt}bh_o}; 0,5\right)$$

$$\text{Khi } N \text{ là lực kéo: } \varphi_n = \max\left(\frac{-0,2N}{R_{bt}bh_o}; -0,8\right)$$

C : Hình chiếu tiết diện nghiêng.

Giá trị $Q_{b.o}$ còn được hạn chế trong giới hạn: $Q_{b3} \leq Q_{b.o} \leq 2,5R_{bt}bh_o$.

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

φ_{b3} là hệ số phụ thuộc loại bê tông (với bê tông nặng $\varphi_{b3} = 0,6$).

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

$$Q \leq Q_{b.o}$$

Q : lực cắt, được xác định tại mặt cắt 2-2

Đối với kết cấu sàn, thường điều kiện $Q \leq Q_{b.o}$ được thỏa mãn, bê tông đủ khả năng chịu cắt, không cần đến cốt thép đai.

Đối với dầm, khi thỏa mãn điều kiện $Q \leq Q_{b.o}$ thì không cần tính toán nhưng vẫn phải đặt cốt đai theo yêu cầu cấu tạo, khi $Q > Q_{b.o}$ cần phải tính toán cốt thép đai.

3.2.3.2 Điều kiện hạn chế (điều kiện bê tông chịu nén giữa các vết nứt nghiêng):

$$Q_A \leq Q_{bt} = 0,3\varphi_{w1}\varphi_{b1}R_bbh_o$$

Trong đó: $\varphi_{w1} = \min(1 + 5\alpha_s\mu_w; 1.3)$

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_b}$$

$$\mu_w = \frac{A_{sw}}{b.s}$$

$$\varphi_{b1} = 1 - \beta R_b$$

A_{sw} : diện tích tiết diện ngang của 1 lớp cốt thép đai.

s : khoảng cách giữa các lớp cốt thép đai theo phương trục dầm.

β : hệ số phụ thuộc loại bê tông (với bê tông nặng $\beta = 0,01$).

R_b : cường độ tính toán về nén của bê tông.

Q_A : lực cắt lớn nhất trong đoạn dầm đang xét, được x.đ tại mặt cắt 1-1.

3.2.3.3 Điều kiện độ bền của tiết diện nghiêng:

$$Q \leq Q_b + Q_{sw}$$

+ Q_b : lực cắt do riêng bê tông chịu, được xác định theo công thức thực nghiệm $Q_b = \frac{M_b}{C}$,

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

Trong đó: φ_{b2} : hệ số phụ thuộc loại bê tông (với bê tông nặng $\varphi_{b2} = 2$)

φ_f : hệ số xét ảnh hưởng cánh chịu nén trong tiết diện chữ T.

- Trường hợp cánh chịu kéo $\varphi_f = 0$.

- Trường hợp cánh chịu nén $\varphi_f = \min\left(\frac{2,25h_f^2}{bh_o}; 0.5\right)$

với h_f là chiều dày cánh

φ_n : hệ số xét đến ảnh hưởng của lực dọc N (x.đ như trong mục 3.1)

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

Đồng thời lấy Q_b không nhỏ hơn giá trị $Q_{b\min} = \varphi_{b3}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_o$.

+ Q_{sw} : tổng hình chiếu của nội lực giới hạn trong cốt đai cắt qua vết nứt nghiêng chiếu lên phương vuông góc với trục cấu kiện.

Đặt $q_{sw} = \frac{R_{sw}A_{sw}}{s}$ là khả năng chịu lực của cốt thép đai đem phân bố đều theo trục dầm. Khi cốt đai có bước s không đổi trong phạm vi tiết diện nghiêng thì $Q_{sw} = q_{sw}C$.

Giá trị q_{sw} khi cốt thép đai được xác định theo tính toán cần thỏa mãn điều kiện:

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

Tiết diện nghiêng nguy hiểm là tiết diện có $Q_b + Q_{sw}$ bé nhất. Từ điều kiện cực tiểu của hàm $Q_b + Q_{sw} = \frac{M_b}{C} + q_{sw}C$, xác định được giá trị $C = C_o = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw}}}$. Đồng thời giá trị C dùng để xác định Q_{sw} không được lớn hơn $2h_o$.

3.2.3.4 Điều kiện độ bền của tiết diện nghiêng trong khoảng giữa các cốt thép đai:

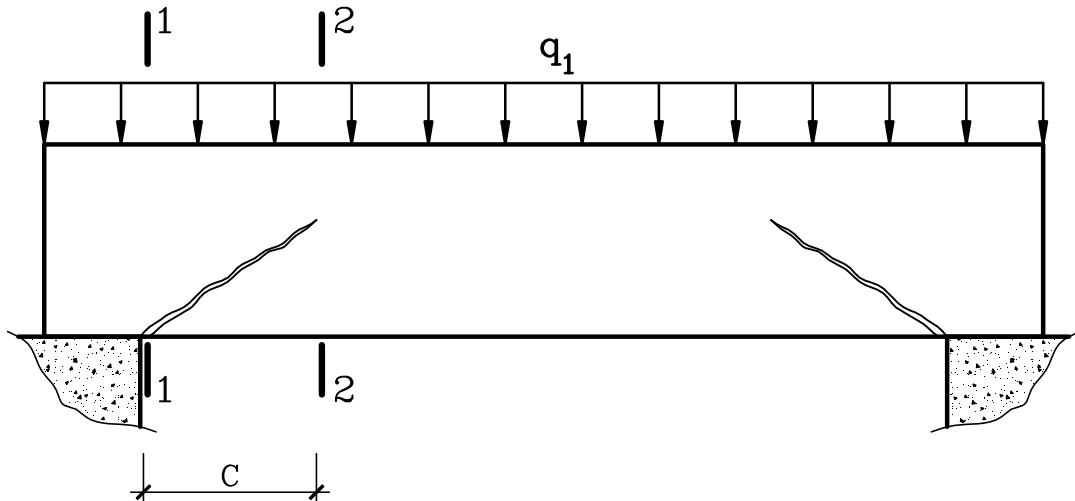
$$Q_A \leq Q_{\max} = \frac{\varphi_{b4}R_{bt}bh_o^2}{s}$$

Hoặc:

$$s \leq s_{\max} = \frac{\varphi_{b4}R_{bt}bh_o^2}{Q_A}$$

3.2.4. Tính toán cốt đai trong dầm chịu tải trọng phân bố đều:

3.2.4.1 Bài toán:



Khi dầm chịu tải trọng phân bố đều q_1 đặt ở mép trên thì lực cắt Q (lực cắt tại tiết diện 2-2) sẽ là: $Q = Q_A - q_1.C$, với Q_A là lực cắt lớn nhất tại tiết diện thẳng góc đi qua điểm đầu của tiết diện nghiêng (lực cắt tại tiết diện 1-1).

Trong tính toán người ta đề nghị lấy q_1 như sau: $q_1 = g + \frac{p}{2}$

Với g : tải trọng thường xuyên phân bố đều;

p : phân tải trọng tạm thời được tính thành phân bố đều.

3.2.4.2 Trình tự tính toán:

Số liệu đầu vào:

+ Kích thước tiết diện: b, h, h_o, h_f (nếu cánh nằm trong vùng kéo thì xem $h_f = 0$)

+ Vật liệu: cấp bền chịu nén của bê tông, nhóm cốt thép.

Từ cấp bền chịu nén B , tra bảng được giá trị cường độ chịu nén, chịu kéo tính toán R_b, R_{bt} (MPa) và modul đàn hồi E_b (MPa) của bê tông .

Cường độ, MPa	Cấp độ bền chịu nén của bê tông												
	B7,5	B10	B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
	M100	M150	M150	M200	M250	M350	M400	M450	M500	M600	M700	M700	M800
R_b	4,5	6,0	7,5	8,5	11,5	14,5	17,0	19,5	22,0	25,0	27,5	30,0	33,0
R_{bt}	0,48	0,57	0,66	0,75	0,90	1,05	1,20	1,30	1,40	1,45	1,55	1,60	1,65

Modul đàn hồi ban đầu, 10^3 MPa	Cấp độ bền chịu nén của bê tông												
	B7,5	B10	B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
	M100	M150	M150	M200	M250	M350	M400	M450	M500	M600	M700	M700	M800
E_b	16,0	18,0	21,0	23,0	27,0	30,0	32,5	34,5	36,0	37,5	39,0	39,5	40,0

Từ nhóm cốt thép, tra bảng được giá trị cường độ chịu kéo của cốt thép ngang R_{sw} (MPa) và modul đàn hồi E_s (MPa).

Nhóm thép thanh	Cường độ chịu kéo cốt thép ngang, MPa	Modul đàn hồi, MPa
	R_{sw}	E_s
CI, A-I	175	210.000
CII, A-II	225	210.000
A-III có đường kính, mm	6 ÷ 8	200.000
CIII, A-III có đường kính, mm	10 ÷ 40	200.000
CIV, A-IV	405	190.000

+ Tải trọng tác dụng: tải trọng phân bố dài hạn g , tải trọng tạm thời p .

+ Nội lực: lực cắt lớn nhất tại gối tựa Q_A , lực cắt lớn nhất trong đoạn giữa dầm Q_M , lực dọc N .

+ Với loại bê tông nặng, tra bảng được các hệ số:

$$\varphi_{b2} = 2,0; \varphi_{b3} = 0,6; \varphi_{b4} = 1,5; \beta = 0,01$$

+ Tính các hệ số ảnh hưởng của phần cánh và ảnh hưởng của lực dọc:

- Trường hợp cánh chịu kéo $\varphi_f = 0$.

- Trường hợp cánh chịu nén $\varphi_f = \min\left(\frac{2,25h_f^2}{bh_o}; 0,5\right)$

- Khi N là lực nén: $\varphi_n = \min\left(\frac{0,1|N|}{R_{bt}bh_o}; 0,5\right)$

- Khi N là lực kéo: $\varphi_n = \max\left(\frac{-0,2N}{R_{bt}bh_o}; -0,8\right)$

+ Tính biểu thức $(1 + \varphi_f + \varphi_n)$, nếu $(1 + \varphi_f + \varphi_n) > 1,5$ thì lấy $(1 + \varphi_f + \varphi_n) = 1,5$

1. Đối với đoạn dầm gần gối tựa (trong đoạn $1/4$):

a. Kiểm tra điều kiện tính toán: $Q \leq Q_{b.o}$

+ Tính các giá trị:

$$q_1 = g + \frac{p}{2}$$

$$M_b = \varphi_{b2} R_{bt} b h_o^2 = 2 R_{bt} b h_o^2$$

$$C = \sqrt{\frac{M_b}{q_1}}$$

$$Q_{b.o} = \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_n) R_{bt} b h_o^2}{C} = \frac{1,5(1 + \varphi_n) R_{bt} b h_o^2}{C}$$

$$Q_{b3} = \varphi_{b3}(1 + \varphi_n) R_{bt} b h_o = 0,6(1 + \varphi_n) R_{bt} b h_o$$

Nếu $Q_{b.o} < Q_{b3}$ thì lấy $Q_{b.o} = Q_{b3}$ rồi tính lại $C = \frac{1,5(1 + \varphi_n) R_{bt} b h_o^2}{Q_{b.o}}$

Nếu $Q_{b.o} > 2,5 R_{bt} b h_o$ thì lấy $Q_{b.o} = 2,5 R_{bt} b h_o$ rồi tính lại $C = \frac{1,5(1 + \varphi_n) R_{bt} b h_o^2}{Q_{b.o}}$

Tính giá trị: $Q = Q_A - q_1 \cdot C$

+ Kiểm tra:

- Nếu $Q \leq Q_{b.o}$: bê tông đủ khả năng chịu cắt, đặt cốt đai theo cấu tạo.

- Nếu $Q > Q_{b.o}$: cần tính toán cốt thép đai.

b. Kiểm tra khả năng chịu nén của bê tông theo ứng suất nén chính:

$$Q_A \leq Q_{bt} = 0,3\varphi_{w1}\varphi_{b1}R_b b h_o$$

+ Tính các giá trị:

Muốn tính giá trị φ_{w1} cần biết diện tích cốt đai và khoảng cách đặt đai, tuy nhiên lúc này ta chưa thể có các tham số đó nên phải giả thiết. Dự kiến sử dụng cốt đai với đường kính $\emptyset = \dots$, bước đai $s = \dots$, số nhánh $n = \dots$, từ đó tính được:

$$\mu_w = \frac{A_{sw}}{b.s} = \frac{n.\pi \frac{\emptyset^2}{4}}{b.s} \quad \left(\pi \frac{\emptyset^2}{4} \text{ (mm}^2\text{): diện tích 1 nhánh đai} \right)$$

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_b}$$

$$\varphi_{w1} = \min(1 + 5\alpha_s \mu_w; 1.3)$$

$$\varphi_{b1} = 1 - \beta R_b = 1 - 0,01R_b$$

+ Kiểm tra:

- Nếu $Q_A \leq Q_{bt} = 0,3\varphi_{w1}\varphi_{b1}R_b b h_o$: thỏa mãn yêu cầu.

- Nếu $Q_A > Q_{bt} = 0,3\varphi_{w1}\varphi_{b1}R_b b h_o$: không thỏa mãn điều kiện hạn chế, cần giả thiết lại cốt đai theo dự kiến thực tế bố trí hoặc tăng tiết diện, tăng cấp bền bê tông. Tuy nhiên điều kiện này thường thỏa mãn.

c. Tính toán cốt thép đai:

+ Tính giá trị: $Q_{b1} = 2\sqrt{M_b.q_1}$

Xét các trường hợp:

- Trường hợp 1: $Q_A \leq \frac{Q_{b1}}{0,6}$

Tính giá trị: $q_{sw} = \frac{Q_A^2 - Q_{b1}^2}{4M_b}$

- Trường hợp 2: $\frac{M_b}{h_o} + Q_{b1} > Q_A > \frac{Q_{b1}}{0,6}$

Tính giá trị: $q_{sw} = \frac{(Q_A - Q_{b1})^2}{M_b}$

Trong cả 2 trường hợp cần so sánh với $\bar{q}_{sw} = \frac{Q_A - Q_{b1}}{2h_o}$, nếu $q_{sw} < \bar{q}_{sw}$ thì lấy $q_{sw} = \bar{q}_{sw}$

- Trường hợp 3: $Q_A \geq \frac{M_b}{h_o} + Q_{b1}$

Tính giá trị: $q_{sw} = \frac{Q_A - Q_{b1}}{h_o}$

Trong cả 3 trường hợp, nếu $q_{sw} < \frac{Q_{b\min}}{2h_o} = 0,3(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}b$ thì tính lại:

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

$$q_{sw} = \frac{Q_A}{2h_o} + \frac{10}{3} q_1 - \sqrt{\left(\frac{Q_A}{2h_o} + \frac{10}{3} q_1\right)^2 - \left(\frac{Q_A}{2h_o}\right)^2}$$

+ Sau khi tính được q_{sw} , cần chọn đường kính cốt đai và số nhánh đai, xác định khoảng cách cốt đai theo công thức sau:

$$s = \frac{R_{sw} A_{sw}}{q_{sw}}$$

Trong đó: A_{sw} = số nhánh * diện tích 1 nhánh cốt đai.

+ Kiểm tra s theo điều kiện $s \leq s_{\max} = \frac{\varphi_{b4} R_{bt} b h_o^2}{Q_A} = \frac{1,5 R_{bt} b h_o^2}{Q_A}$ (điều kiện để dầm không bị phá hoại trên tiết diện nghiêng đi qua khoảng cách giữa 2 cốt đai), nếu $s > s_{\max}$ thì lấy $s = s_{\max}$.

+ Kiểm tra s theo điều kiện cấu tạo:

$$\text{- Khi } h \leq 450: \quad s_{ct} = \min\left(150; \frac{h}{2}\right)$$

$$\text{- Khi } h > 450: \quad s_{ct} = \min\left(500; \frac{h}{3}\right)$$

Nếu $s > s_{ct}$ thì lấy $s = s_{ct}$.

Bước đai s trong đoạn dầm gần gối tựa này được gọi là s_1 .

2. Đối với đoạn giữa dầm (trong đoạn $\frac{1}{2}l$ giữa nhịp):

Trong đoạn này cần dự kiến khoảng cách bố trí cốt đai s_2 , sau đó kiểm tra chiều dài l_1 là chiều dài cần thiết phải bố trí cốt đai với bước s_1 . Nếu $l_1 \leq \frac{l}{4}$ thì việc bố trí cốt đai như vậy là đạt yêu cầu, nếu $l_1 > \frac{l}{4}$ cần giảm khoảng cách s_2 để $l_1 \leq \frac{l}{4}$.

Khoảng cách s_2 được chọn trước sao cho thỏa mãn các điều kiện sau:

+ Điều kiện cấu tạo:

Khi $h > 300$ thì khoảng cách s_2 không lớn quá 500 và $\frac{3}{4}h$;

Khi $h \leq 300$ và nếu theo tính toán không cần đến cốt thép đai thì có thể không đặt.

+ Điều kiện để dầm không bị phá hoại trên tiết diện nghiêng đi qua khoảng cách giữa 2 cốt đai:

$$s \leq s_{\max} = \frac{\varphi_{b4} R_{bt} b h_o^2}{Q_M} = \frac{1,5 R_{bt} b h_o^2}{Q_M}$$

a. Kiểm tra điều kiện tính toán: $Q_M - q_1 C \leq Q_{b.o}$

+ Giá trị $Q_{b.o}$, C được xác định như trên.

+ Kiểm tra:

- Nếu $Q_M - q_1 C \leq Q_{b.o}$: BT đủ khả năng chịu cắt, đặt cốt đai theo cấu tạo.
- Nếu $Q_M - q_1 C > Q_{b.o}$: cần tính toán cốt thép đai.

b. Tính toán khoảng cách l_1 :

+ Tính các giá trị:

$$q_{sw1} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{s_1}; \quad q_{sw2} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{s_2}$$

$$C_{o1} = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw1}}} \quad (M_b : \text{được xác định như trên})$$

+ Xét các trường hợp:

- Trường hợp 1: $q_1 > 1,56q_{sw1} - q_{sw2}$

$$C = \sqrt{\frac{M_b}{q_1 + q_{sw2}}}$$

- Trường hợp 2: $1,56q_{sw1} - q_{sw2} \geq q_1 > q_{sw1} - q_{sw2}$

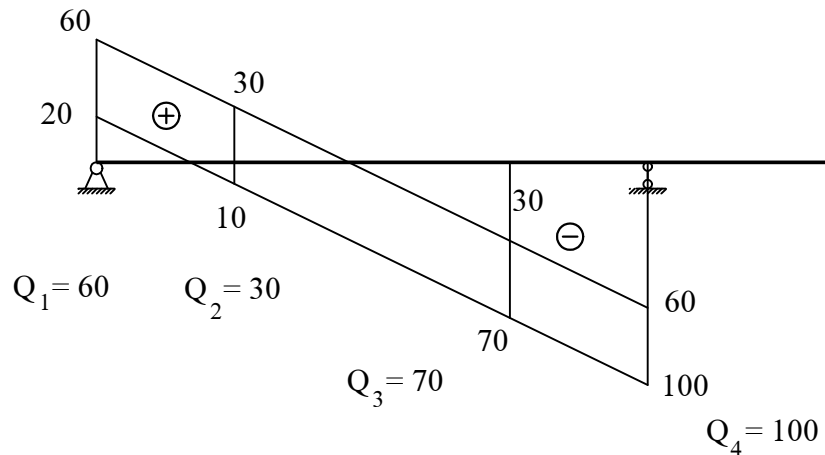
$$C = \min \left(\sqrt{\frac{M_b}{q_1 + q_{sw2} - q_{sw1}}}; \frac{10}{3} h_o \right)$$

Cả 2 trường hợp:
$$l_1 = C - \frac{\frac{M_b}{C} + q_{sw1} C_{o1} - Q_A + q_1 C}{q_{sw1} - q_{sw2}}$$

- Trường hợp 3: $q_1 \leq q_{sw1} - q_{sw2}$

$$l_1 = \frac{Q_A - (Q_{b \min} + q_{sw2} \cdot C_{o1})}{q_1} - C_{o1} \quad (Q_{b \min} = 0,6(1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bt} b h_o)$$

VD: Ta có biểu đồ bao lực cắt Q (đ.vị: kN) trong một nhịp dầm nào đó như sau:



Đoạn gần gối: dùng $Q_A = \max(Q_1, Q_4) = 100$ để kiểm tra các đ. kiện theo mục 1 của phần 3.2.4.2

Đoạn giữa nhịp: dùng $Q_M = (Q_2, Q_3) = 70$ để kiểm tra các đ. kiện theo mục 2 của phần 3.2.4.2

Tính toán cụ thể cốt đai cho dầm như trên: chiều dài dầm $l = 6\text{m}$, bê tông B20, cốt đai AI, tiết diện dầm 200×350 , lực dọc $N = 0$, bỏ qua sự tham gia chịu cắt của phần cánh, tải trọng: tĩnh tải $g_d = 12\text{kN/m}$, hoạt tải $p_d = 8\text{kN/m}$.

1. Xác định các thông số chung: Đơn vị dùng hệ N-mm

Bê tông B20 có $R_b = 11,5\text{MPa}$ $R_{bt} = 0,9\text{MPa}$ $E_b = 27.000\text{ MPa}$
 $(1\text{MPa} = 1\text{N/mm}^2)$

Cốt thép AI có $R_{sw} = 175\text{ MPa}$ $E_s = 210.000\text{ MPa}$

$l = 6000$ $b = 200$ $h = 350$ $h_o = 320$

$g = 12\text{ kN/m} = 12\text{ N/mm}$ $p = 8\text{ kN/m} = 8\text{ N/mm}$

$N = 0 \Rightarrow \varphi_n = 0$

Bỏ qua phần cánh $\Rightarrow h_f = 0 \Rightarrow \varphi_f = 0$

$1 + \varphi_n + \varphi_f = 1$

2. Đoạn dầm gần gối tựa: $Q_A = 100\text{ kN} = 100.000\text{ N}$

a. Kiểm tra điều kiện tính toán:

$q_1 = 12 + 8/2 = 16\text{ (N/mm)}$

$M_b = 2.0,9.200.320^2 = 36.864.000\text{ (N.mm)}$

$C = \sqrt{\frac{36.864.000}{16}} = 1518\text{ (mm)}$

$Q_{b.o} = \frac{1,5.1.0,9.200.320^2}{1518} = 18215\text{ (N)}$

$Q_{b3} = 0,6.1.0,9.200.320 = 34560\text{ (N)}$

Do $Q_{b.o} < Q_{b3}$ nên lấy $Q_{b.o} = Q_{b3} = 34560$, tính lại C:

$C = \frac{1,5.0,9.200.320^2}{34560} = 800\text{ (mm)}$

Tính giá trị: $Q = 100.000 - 16.800 = 87.200\text{ (N)}$

Kiểm tra: $Q > Q_{b.o}$ nên cần tính toán cốt đai

b. Kiểm tra điều kiện hạn chế:

Cần giả thiết trước cốt đai bố trí như thế nào. Ở đây, giả thiết dùng cốt đai $\varnothing 6$, $n = 2$ nhánh, bước đai $s = 150\text{ mm}$.

Tính hàm lượng cốt đai: $\mu_w = \frac{2.28,3}{200.150} = 0,00189$

$\alpha_s = \frac{210.000}{27.000} = 7,78$

$\varphi_{w1} = \min(1+5.7,78.0,00189; 1,3) = \min(1,073; 1,3) = 1,073$

$\varphi_{w1} = 1 - 0,01.R_b = 1 - 0,01.11,5 = 0,885$

$Q_{bt} = 0,3.1,073.0,885.11,5.200.320 = 209.732\text{ (N)}$

Kiểm tra $Q_A = 100.000\text{ (N)} < Q_{bt} \Rightarrow$ thỏa mãn điều kiện hạn chế

c. Tính toán cốt thép đai:

$$Q_{bl} = 2 \cdot \sqrt{36.864.000 \cdot 16} = 48.573 \quad (\text{N})$$

$$\frac{Q_{bl}}{0,6} = 80.954$$

$$\frac{M_b}{h_o} + Q_{bl} = \frac{36.864.000}{320} + 48.573 = 163.773 \quad (\text{N})$$

Vậy rơi vào trường hợp 2: tính q_{sw}

$$q_{sw} = \frac{(100.000 - 48.573)^2}{36.864.000} = 71,743 \quad (\text{N/mm})$$

$$\text{So sánh với } \bar{q}_{sw} = \frac{Q_A - Q_{bl}}{2 \cdot h_o} = \frac{100.000 - 48.573}{2 \cdot 320} = 80,355 \quad (\text{N/mm})$$

Do $q_{sw} < \bar{q}_{sw}$ nên lấy $q_{sw} = \bar{q}_{sw} = 80,355 \quad (\text{N/mm})$

So sánh với $0,3 \cdot 1.0,9 \cdot 200 = 54 \quad (\text{N/mm})$ thấy $q_{sw} > 0,3 \cdot 1.0,9 \cdot 200 = 54$ nên không cần tính lại q_{sw}

Chọn đường kính cốt đai $\varnothing 6$, tính lại khoảng cách tính toán s^{tt}

$$s^{tt} = \frac{175 \cdot 2.28,3}{80,355} = 123 \quad (\text{mm})$$

Do đó cần chọn bước cốt đai dự kiến $s = 120 \text{ mm} (< s^{tt})$, thực hiện các bước lại như trên ...

Các kết quả tính tương tự, kết quả được $s^{tt} = 123$. Như vậy, cốt đai dự kiến thỏa mãn yêu cầu $< s^{tt} \Rightarrow$ chấp nhận.

Cốt đai đoạn này bố trí $\varnothing 6/150$ ($s_1 = 150 \text{ mm}$)

3. Đoạn dầm giữa nhịp: $Q_M = 70.000 \text{ N}$

Cũng cần phải dự kiến bước đai trong đoạn này là s_2 .

Theo yêu cầu cấu tạo: $s_{ct} = \min(500 \text{ và } 0,75 \cdot h) = 262,5 \text{ (mm)}$

$$\text{Theo khoảng cách } s_{\max} = \frac{1,5 \cdot 0,9 \cdot 200 \cdot 320^2}{70.000} = 395 \quad (\text{mm})$$

Chọn $s_2 = 150 \text{ mm}$

a. Kiểm tra điều kiện tính toán:

$Q_M - q_1 \cdot C = 70.000 - 16.800 = 57.200 \quad (\text{N}) > Q_{b.o} = 34.560 \text{ (N)}$ nên cần tính toán cốt đai.

b. Tính khoảng cách l_1 :

$$q_{sw1} = \frac{175 \cdot 2.28,3}{120} = 82,47 \quad (\text{N/mm})$$

$$q_{sw2} = \frac{175 \cdot 2.28,3}{150} = 65,97 \quad (\text{N/mm})$$

$$C_{o1} = \sqrt{\frac{36.864.000}{51,82}} = 669 \quad (\text{mm})$$

Xác định các giá trị:

$$1,56q_{sw1} - q_{sw2} = 62,67 \quad (\text{N/mm})$$

$$q_{sw1} - q_{sw2} = 16,49 \quad (\text{N/mm})$$

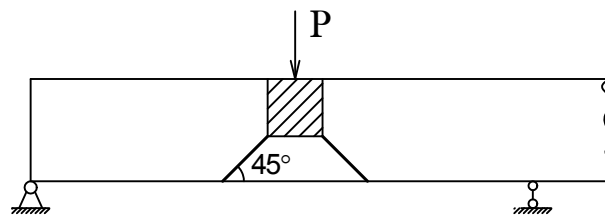
So sánh với $q_1 = 16 \text{ N/mm}$ thấy $q_1 < q_{sw1} - q_{sw2} = 16,49$ nên thuộc trường hợp 3:

$$l_1 = \frac{100.000 - (0,6.1.0,9.200.320 + 65,97.669)}{16} - 669 = 663 \text{ (mm)}$$

$l_1 < l/4 = 6000/4$ nên cốt đai dự kiến trong đoạn này thỏa mãn yêu cầu

Do vậy chọn đai trong đoạn này là $\text{Ø}6/150$

* Tại vị trí có lực tập trung tác dụng vào dầm (nếu có) do dầm phụ khác truyền vào :

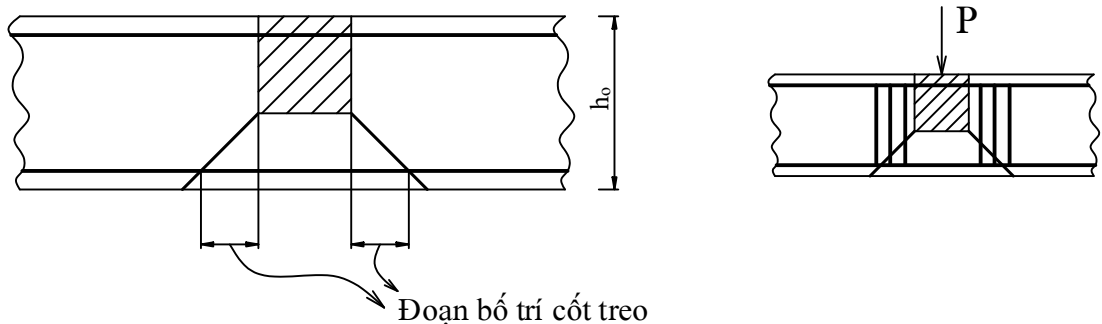


Cần đặt cốt thép chống dật đứt (góc phá hoại 45° từ đáy dầm phụ) có 2 kiểu cốt thép chống dật đứt.

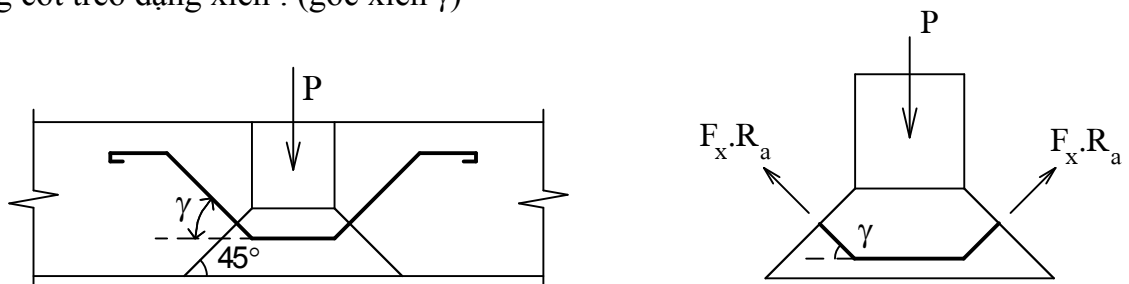
+ Dùng cốt dạng đai (còn gọi là cốt treo) :

Từ điều kiện cân bằng lực của phần phá hoại, tính số lượng cốt treo $= \frac{P}{R_s \cdot n \cdot f_d}$

Số cốt treo này được bố trí 2 bên dầm phụ trong phạm vi 45° , mỗi bên có $N/2$ cốt đai (cốt treo) :



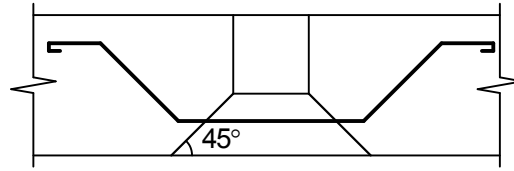
+ Dùng cốt treo dạng xiên : (góc xiên γ)



Từ điều kiện cân bằng $\Sigma Y = 0 \Rightarrow P = 2R_s \cdot F_x \cdot \sin \gamma$

⇒ Diện tích : $F_x = \frac{P}{2.R_s.\sin \gamma}$ ⇒ chọn đường kính cốt thép thích hợp.

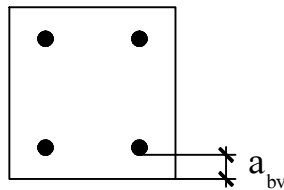
Chú ý mặt cắt phá hoại góc 45° phải cắt qua nhánh cốt xiên không được để trường hợp như sau (hình vẽ) :



(Cốt xiên trong trường hợp này không có tác dụng gì).

3.3. Một số yêu cầu về cấu tạo :

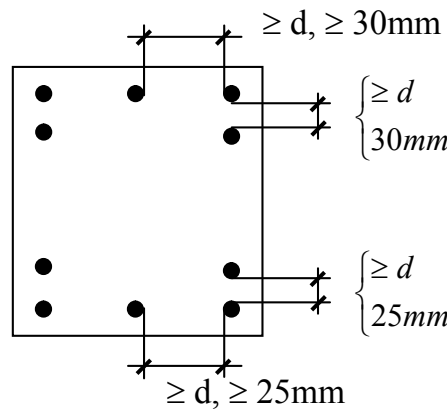
+ Lớp bê tông bảo vệ : để đảm bảo sự làm việc chung của bê tông và cốt thép, bảo vệ cốt thép khỏi bị tác dụng xấu của môi trường, khí hậu bên ngoài,...



$$a_{bv} : \begin{cases} \geq d \\ \geq 20mm \end{cases} \quad (d : \text{đường kính cốt thép})$$

Những vùng chịu ảnh hưởng của hơi mặn cần tăng lên 5mm nữa.

+ Khoảng cách các cốt thép :



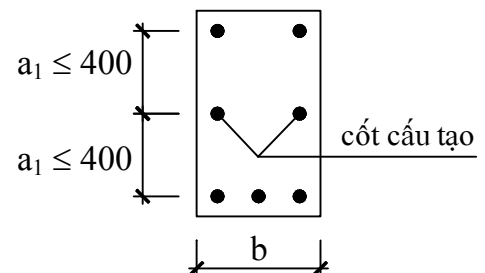
+ Đường kính cốt thép : dầm phụ thường chọn $d = 12 \div 20$ (12, 14, 16, 18, 20). Dầm chính có thể dùng đến 32 (12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32). Để tiện thi công, mỗi dầm không nên dùng quá 3 loại đ.kính cho cốt chịu lực. Và để cho sự chịu lực được tốt, tại cùng 1 tiết diện không nên dùng các cốt có đ.kính chênh nhau quá 6mm.

+ Cốt cấu tạo : khoảng cách giữa trục các cốt dọc không được $\geq 400mm$. Nếu không thỏa mãn ⇒ cần bố trí cốt cấu tạo.

$$\text{Diện tích 1 thanh cốt cấu tạo} \geq 0,001 a_1 . b_1$$

a_1 : khoảng cách các cốt dọc

$b_1 = b/2$ (nếu $b > 400mm$ thì lấy $b_1 = 200mm$)

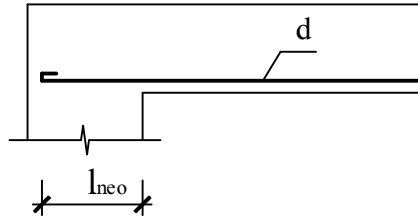


+ Đường kính cốt đai :

$h_{dầm} \leq 800\text{mm}$ thì $\phi_{đai} \geq 6\text{mm}$.

$h_{dầm} > 800\text{mm}$ thì $\phi_{đai} \geq 8\text{mm}$.

+ Neo cốt chịu kéo **tại gối tự do** :

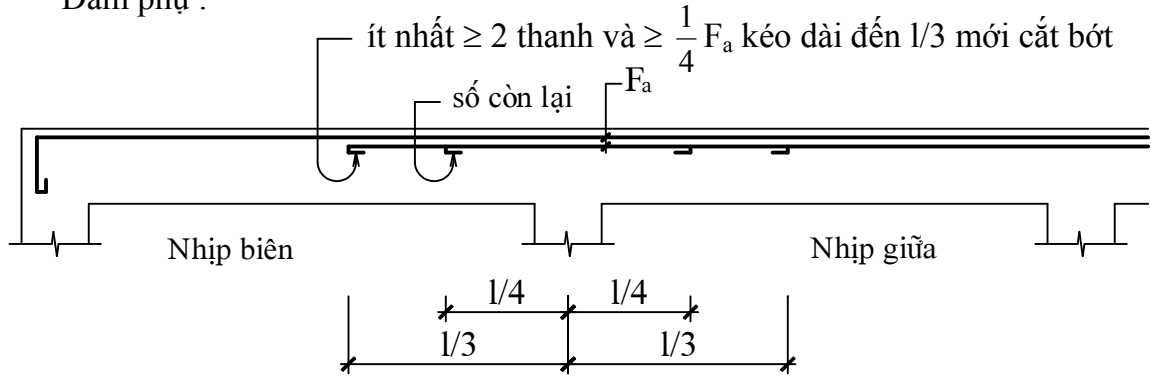


$l_{neo} \geq 10d$ khi $Q \leq 0,6.R_{bt}.b.h_o$

$l_{neo} \geq 15d$ khi $Q > 0,6.R_{bt}.b.h_o$.

+ Cốt thép chịu **momen âm tại gối** theo kinh nghiệm :

* Dầm phụ :



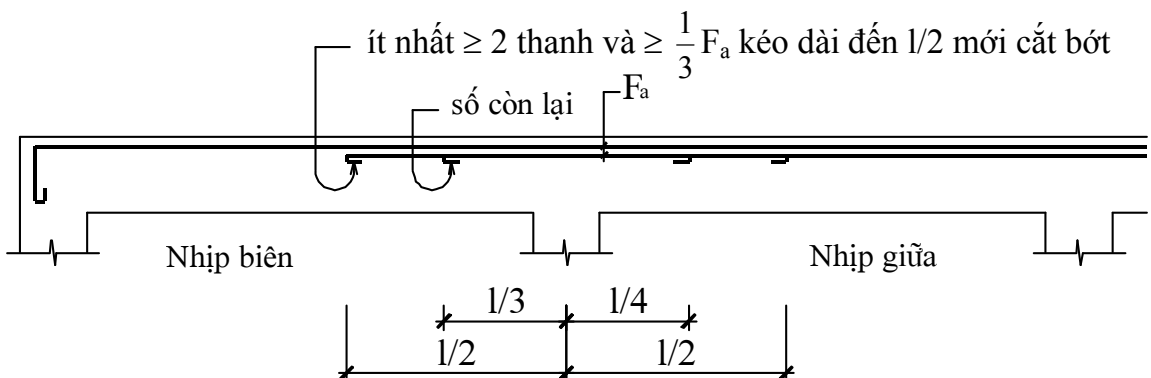
VD : F_a tại gối gồm 5ϕ thì :

2ϕ kéo thẳng qua nhịp.

2ϕ cắt tại $1/3$.

còn 1ϕ cắt tại $1/4$.

* Dầm chính :



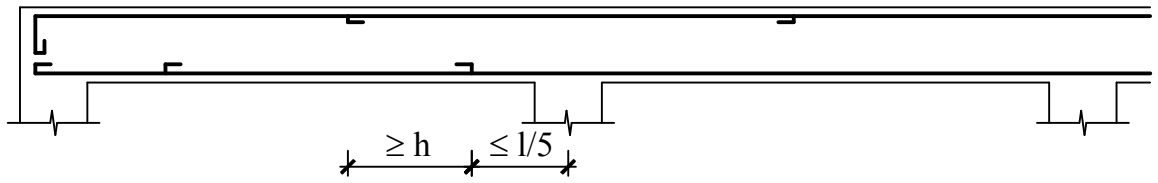
VD : F_a gồm 5ϕ thì :

2ϕ kéo thẳng qua nhịp.

2ϕ cắt tại $1/2$ ở nhịp biên & $1/3$ ở nhịp giữa.

còn lại 1ϕ cắt tại $1/3$ ở nhịp biên & $1/4$ ở nhịp giữa.

+ Cắt thép chịu **momen dương** theo kinh nghiệm :



(Xem chi tiết sổ tay kết cấu công trình)