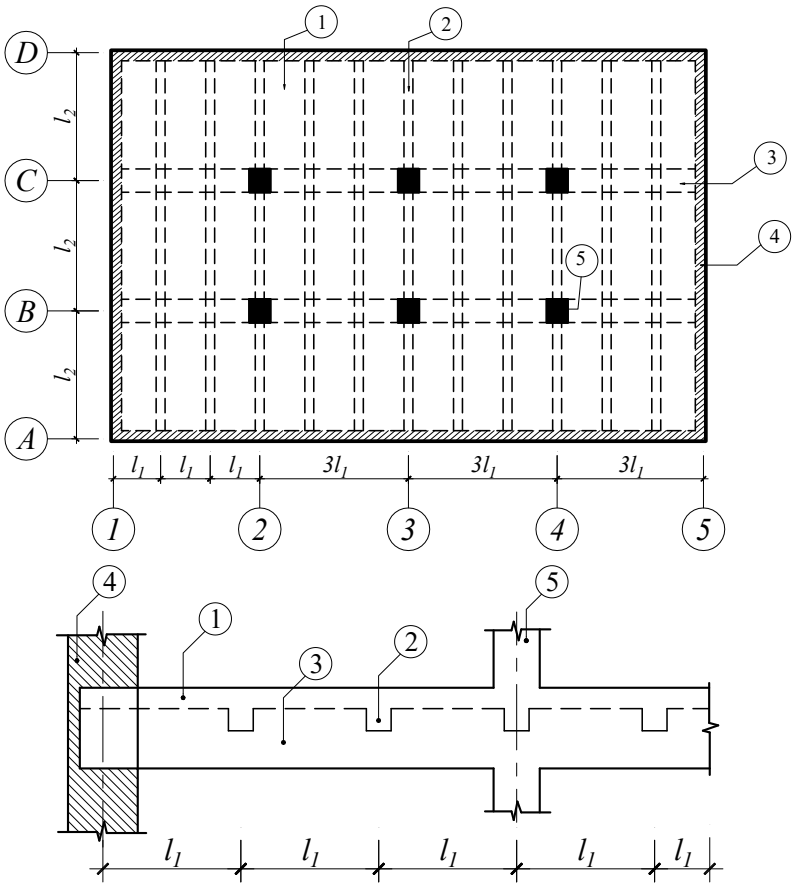
PHẦN A: LÝ THUYẾT

PHẦN I: SÀN SƯỜN BÊ TÔNG CỐT THÉP TOÀN KHỐI LOẠI BẢN DẦM

CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU CHUNG

1.1. Các bộ phận sàn

Sàn gồm có bản và hệ dầm đúc liền khối. Về sơ đồ kết cấu xem bản kê lên dầm phụ, dầm phụ kê lên dầm chính, còn dầm chính gác lên cột hoặc tường.



Hình 1.1. Mặt bằng và mặt cắt của bản loại dầm.

1- Bản; 2- Dầm phụ; 3- Dầm chính; 4-Tường; 5- Cột

Khoảng cách giữa các trục dầm phụ l_1= (2÷3) m (hoặc trục dầm phụ và trục tường)

Khoảng cách giữa các trục dầm chính l_2= (2÷3)l_1 (hoặc trục dầm chính và trục tường)

Chiều dày bản thường được chọn (6÷10) cm và phải lớn hơn h_{bmin} được qui định theo TCVN 5574-2012.

Bản, dầm được kê lên tường gạch, qui định đoạn kê không được bé hơn các trị số sau:

- Đối với bản: 12cm và chiều dày bản
- Dầm phụ: 22cm
- Dầm chính: 34cm

1.2. Chọn vật liệu

- **Bê tông:** dùng bê tông nặng, thường chọn bêtông có cấp độ bền là B15, B20, B25.
- **Cốt thép:**
  - Cốt thép bản: thường chọn thép CI,AI
  - Cốt thép dầm :
    - ✓ Cốt thép chịu lực: thường chọn CII(AII) hoặc CIII(AIII).
    - ✓ Cốt dọc cấu tạo và cốt đai nên chọn CI(AI).

Từ cấp độ bền của bê tông và loại cốt thép tra bảng để có các số liệu về cường độ : $R_b, R_{bt}, R_s, R_{sc}, R_{sw}$

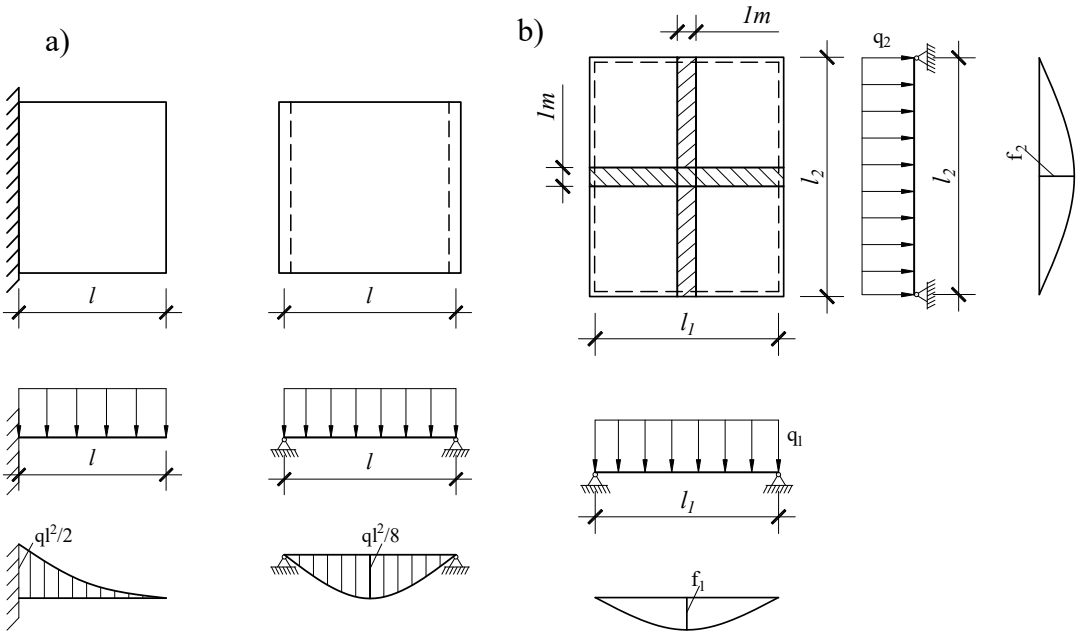
Các hệ số giới hạn vùng nén khi tính theo sơ đồ đàn hồi ξ_R, α_R

Các hệ số giới hạn vùng nén khi tính theo sơ đồ biến dạng dẻo ξ_{pl}, α_{pl}

1.3. Phân biệt bản dầm và bản kê

Bản dầm: là bản được kê lên hai cạnh đối diện hoặc bản được ngàm một cạnh (các cạnh còn lại tự do). Khi chịu lực momen uốn xuất hiện theo một phương. Hình 1.2a

Bản kê bốn cạnh: là bản có liên kết bốn cạnh. Khi chịu lực momen uốn xuất hiện theo hai phương. Hình 1.2b



Hình 1.2. Sự làm việc của bản

a.Bản dầm; b.Bản kê

Xét bản kê tự do ở bốn cạnh có kích thước l_1, l_2

Gọi: q_1 là tải trọng truyền theo phương l_1

q_2 là tải trọng truyền theo phương l_2

Ta có: $$q = q_1 + q_2 \quad (1.1)$$

Cắt hai dải bản theo hai phương có bề rộng bằng một đơn vị giao nhau ở chính giữa bản. Độ võng tại điểm giữa của các dải :

- Phương l_1: $$f_1 = \frac{5}{384} \times \frac{q_1 l_1^4}{EJ}$$
- Phương l_2: $$f_2 = \frac{5}{384} \times \frac{q_2 l_2^4}{EJ}$$

Tại điểm giữa hai bản giao nhau có :

$$f_1 = f_2 \Rightarrow q_1 l_1^4 = q_2 l_2^4 \quad (1.2)$$

Từ (5.1) và (5.2) suy ra:

$$q_1 = \frac{l_2^4}{l_1^4 + l_2^4} q; \qquad q_2 = \frac{l_1^4}{l_1^4 + l_2^4} q \quad (1.3)$$

Từ (5.2) $\Rightarrow$ $$q_1 = (\frac{l_2}{l_1})^4 q_2 \quad (1.4)$$

Từ (5.4) ta thấy nếu $\frac{l_2}{l_1} \geq 3$ thì $q_1 \geq 81 q_2$. Trong trường hợp này 98,7% tải trọng truyền theo phương cạnh ngắn, lúc này có thể bỏ qua sự làm việc theo phương cạnh dài. Xem bản chỉ làm việc theo phương cạnh ngắn như bản loại dầm.

Trong thiết kế để đơn giản người ta tính như bản dầm khi $\frac{l_2}{l_1} \geq 2$ (thực chất có xuất hiện nội lực theo phương còn lại , nội lực này sẽ được các thép cấu tạo chịu).Khi $\frac{l_2}{l_1} \geq 2$,tải trọng truyền theo cả hai phương, tính như bản kê.

1.4. Chọn kích thước các bộ phận

I. Chiều dày bản

Chiều dày bản theo kinh nghiệm hoặc theo công thức:

$$h_b = \frac{D}{m} .l \quad (1.5)$$

- D: hệ số phụ thuộc vào tải trọng tác dụng lên bản, D = 0,8÷1,4
- m: hệ số phụ thuộc vào liên kết của bản, với bản dầm lấy m =(30÷35), với bản kê bốn cạnh có thể lấy m = (35÷45).
- l : nhịp bản được lấy bằng l_1

h_b được chọn chẵn đến cm và không được bé hơn h_{min}

TCVN 5574:2012 qui định :

h_{bmin}= 40mm đối với sàn mái.

= 50mm đối với sàn nhà ở và công trình công cộng.

= 60mm đối với sàn của nhà sản xuất.

= 70mm đối với bản làm từ bêtông nhẹ.

Để thuận tiện thi công nên chọn h_b là bội số của 10mm

II. Kích thước dầm

- Chọn sơ bộ kích thước dầm phụ $\left(b_{dp} \times h_{dp}\right)$:

• $h_{dp} = \left(\frac{1}{12} \div \frac{1}{20}\right) l_{dp}$, thường $h_{dp} = \left(\frac{1}{12} \div \frac{1}{16}\right) l_{dp}$

l_{dp} : nhịp tính toán của dầm phụ, có thể lấy $l_{dp} = l_2$

• $b_{dp} = \left(0,3 \div 0,5\right) h_{dp}$

- Sơ bộ chọn kích thước dầm chính $\left(b_{dc} \times h_{dc}\right)$:

• $h_{dc} = \left(\frac{1}{8} \div \frac{1}{12}\right) l_{dc}$

l_{dc} : nhịp tính toán của dầm chính, có thể lấy $l_{dc} = 3l_1$

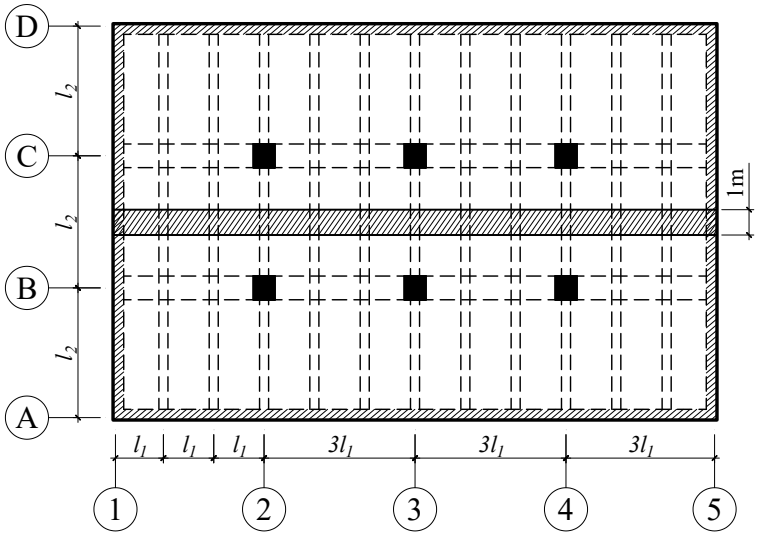
• $b_{dc} = \left(0,3 \div 0,5\right) h_{dc}$

Kích thước tiết diện dầm phụ và dầm chính phải được chọn là bội số của 2cm hoặc 5cm.

CHƯƠNG 2: THIẾT KẾ BẢN THEO SƠ ĐỒ BIẾN DẠNG DẺO

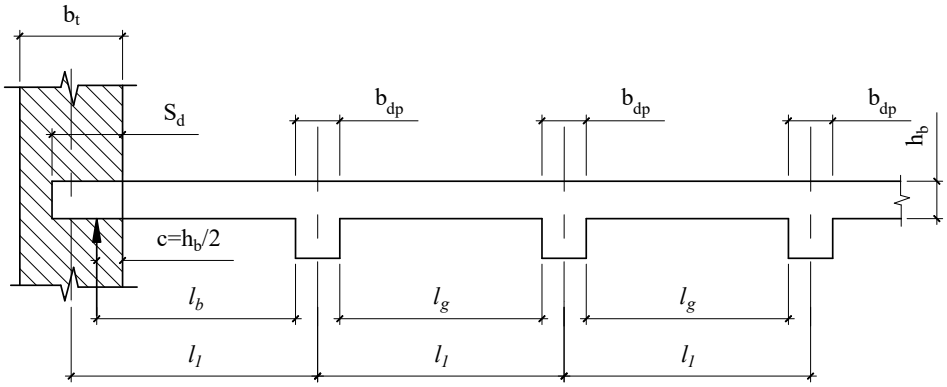
2.1. Sơ đồ tính

Bản dầm chỉ làm việc theo một phương (phương cạnh ngắn l_1) nên để tính toán bản dầm người ta cắt ra dải có bề rộng 1m theo phương cạnh ngắn xem như dầm liên tục nhiều nhịp tựa lên các gối tựa là tường và dầm phụ.



Hình 2.1. Sơ đồ mặt bằng sàn

2.2. Nhịp tính toán



Hình 2.2. Mặt cắt ngang dải bản

- Nhịp biên được lấy từ phản lực gối tựa trên tường đến mép dầm phụ:

$$l_b = l_1 - \frac{b_t}{2} - \frac{b_{dp}}{2} + \frac{h_b}{2} \quad (2.1)$$

- Nhịp giữa được lấy bằng khoảng cách 2 mép trong dầm phụ :

$$l_g = l_1 - b_{dp} \quad (2.2)$$

2.3. Tải trọng

- **Tĩnh tải (g_b):** do trọng lượng bản thân của các lớp cấu tạo của sàn, xác định tĩnh tải phân bố trên 1m^2 sàn theo công thức sau: $g_b = \sum_{i=1}^{n} \gamma_i \delta_i n_i$ (kN/m^2) (2.3)

  γ_i : trọng lượng riêng của lớp thứ i

  δ_i : chiều dày của lớp thứ i

  n_i : hệ số độ tin cậy của tải trọng đối với lớp thứ i (có thể lấy n = 1,1÷1,3).

- **Hoạt tải (p_b):** giá trị hoạt tải tiêu chuẩn(p_b^{tc}) được xác định dựa theo TCVN2737-1995

Giá trị hoạt tải tính toán trên 1m^2 sàn được xác định: $p_b = p_b^{tc} n$ (2.4)

n: hệ số độ tin cậy cho hoạt tải (có thể lấy n = 1,2÷1,4).

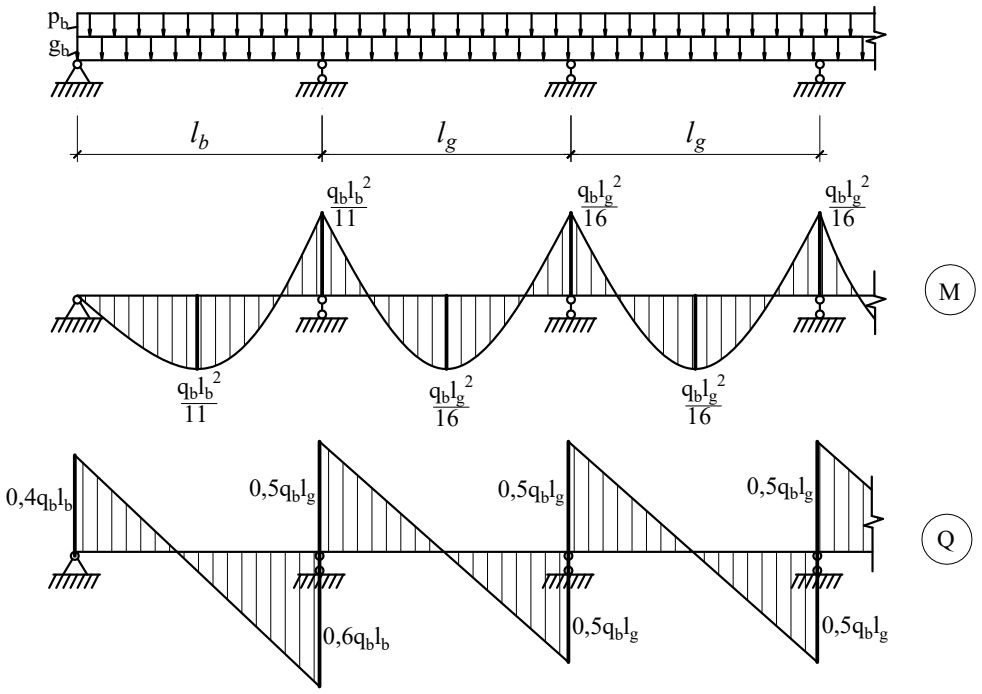
- **Tổng tải (q):**

-Tổng tải trọng tác dụng trên 1m^2 sàn : $q_b = g_b + p_b (kN/m^2)$

-Tính cho dải bản rộng 1m: $q = q_b \times 1m (kN/m)$

2.4. Nội lực:

Khi nhịp tính toán của các ô bản lệch nhau không quá 10% , để tính nội lực bản theo sơ đồ biến dạng dẻo có thể dùng các công thức lập sẵn.



Hình 2.3. Sơ đồ tính và nội lực bản

-Mômen nhịp biên và gối biên: $\frac{q_b l_b^2}{11}$ (2.5)

-Mômen nhịp giữa và gối giữa: $\frac{q_g l_g^2}{16}$ (2.6)

-Lực cắt tại gối thứ nhất: $0,4q_b l_b$ (2.7)

-Lực cắt tại tiết diện gối trái thứ 2: $0,6q_b l_b$ (2.8)

-Lực cắt tại tiết diện gối phải thứ 2 và các gối tiếp theo: $0,5q_g l_g$ (2.9)

Lưu ý: các giá trị trên lấy theo độ lớn, cần phân biệt thớ căng của bản do momen uốn để đặt cốt thép cho đúng vị trí.

2.5. Tính toán cốt thép:

Cốt thép chịu mômen

- Tính cốt thép chịu mômen cho dải bản dùng bài toán tính cốt thép cho tiết diện chữ nhật (1m × h_b) trường hợp đặt cốt đơn.
- Trình tự tính toán:

▪Giả thiết a: $a = (1,5 \div 2,0)cm$

▪Tính chiều cao có ích tiết diện $h_o = h_b - a$

▪Tính $\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_0^2} \le \alpha_{pl}$

Nếu $\alpha_m > \alpha_{pl}$: tăng h_b, hoặc tăng cấp độ bền của bê tông và tính lại (nên chọn phương án tăng h_b).

▪Tính $\zeta = 0,5\left(1 + \sqrt{1 - 2\alpha_m}\right)$ hoặc tra bảng từ α_m.

▪Tính diện tích cốt thép $A_s = \frac{M}{\zeta R_s h_0}$

▪Kiểm tra hàm lượng cốt thép

$\mu = \frac{A_s}{b_1 \times h_0}$ (với b_1 = 1m)

Hàm lượng cốt thép phải thoả mãn $\mu_{\min} \le \mu \le \mu_{\max}$

Với $\mu_{\min} = 0,05\%$ (nên lấy $\mu_{\min} = 0,1\%$), $\mu_{max} = \xi_{pl} \frac{R_b}{R_s}$

Hàm lượng cốt thép hợp lý $\mu_{hl} = (0,3 \div 0,9)\%$.

Khi $\mu < 0,3\%$: h_b chọn lớn nên giảm h_b

Khi $\mu > 0,9\%$: h_b chọn bé nên tăng h_b

Lưu ý:

-Đường kính nên chọn $\phi \le \frac{1}{10} h_b$

-Khoảng cách thép chịu lực $70 \le s \le 200$

-Cốt thép chịu mômen âm trên gối tựa trung gian (bản kê lên dầm phụ) được kéo dài ra khỏi mép dầm phụ một đoạn vl_o

$$v=\begin{cases}\frac{1}{4}:\frac{p_b}{g_b}<3\\ \frac{1}{3}:\frac{p_b}{g_b}\geq 3\end{cases}$$

-Cốt thép chịu momen âm trên các gối tựa trung gian có thể đặt ngắn dài xen kẻ nhau, hoặc so le nhau, đoạn ngắn vươn ra khỏi mép dầm $\frac{l_o}{6}$, đoạn dài vươn ra khỏi mép dầm vl_o

-Cốt thép chịu momen dương được kéo vào các gối tựa không ít hơn 1/3 cốt thép giữa nhịp và không ít hơn 3 thanh/1m (gối tựa biên nên kéo toàn bộ cốt thép vào gối). Các thanh không kéo vào gối cách mép dầm khoảng $l_o/8$ và mép tường khoảng $l_{ob}/12$

-Với những ô bản có dầm vây quanh bốn cạnh, có thể giảm tối đa 20% lượng thép tính toán(nhưng phải đảm bảo hàm lượng $\mu \geq \mu_{\min}$ và khoảng cách $70 \leq s \leq 200$)

-Khi dùng hai loại cốt thép chịu lực đường kính khác nhau chênh nhau không quá 2mm (diện tích a_{s1} và a_{s2}). Lúc này khoảng cách giữa các thanh được xác định:

$$s=\frac{b_1(a_{s1}+a_{s2})}{A_s}$$

Cốt thép chịu lực cắt:

Bản không bố trí cốt đai do vậy bê tông phải đủ chịu hoàn toàn lực cắt. Điều kiện bê tông bản đủ để chịu hoàn toàn lực cắt:

$$Q_{max}=0,6q_b l_{ob}\leq 0,8R_{bt}b_1h_0$$

Cốt thép cấu tạo:

- Cốt thép phân bố:

$$A_s^{pb}\geq 20\%A_s \text{ khi } 2\leq\frac{l_2}{l_1}\leq 3$$

$$A_s^{pb}\geq 15\%A_s \text{ khi } l_2>3l_1$$

A_s : diện tích cốt thép chịu lực tại nhịp

Khoảng cách thép phân bố $200\leq s\leq 300$

- Cốt thép mũ cấu tạo:

-Được bố trí dọc theo tường và vuông góc với dầm chính. Diện tích cốt thép mũ cấu tạo được xác định như sau:

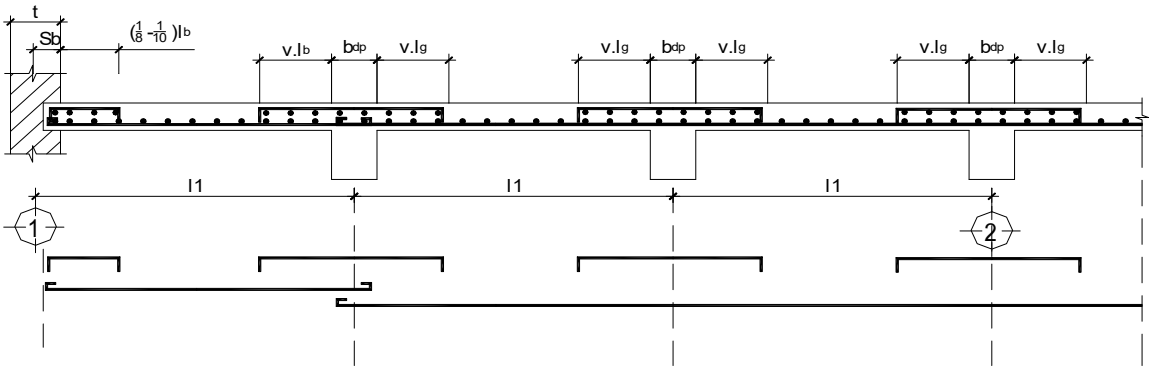
$$A_s^{ct}\geq\begin{cases}\phi 6a200\\ 50\%A_s\end{cases}$$

-Cốt thép mũ chịu momen âm tại gối tựa biên (bản kê lên tường) được bố trí nhô ra khỏi mép tường đoạn $\left(\frac{1}{7}\div\frac{1}{5}\right)l_{ob}$

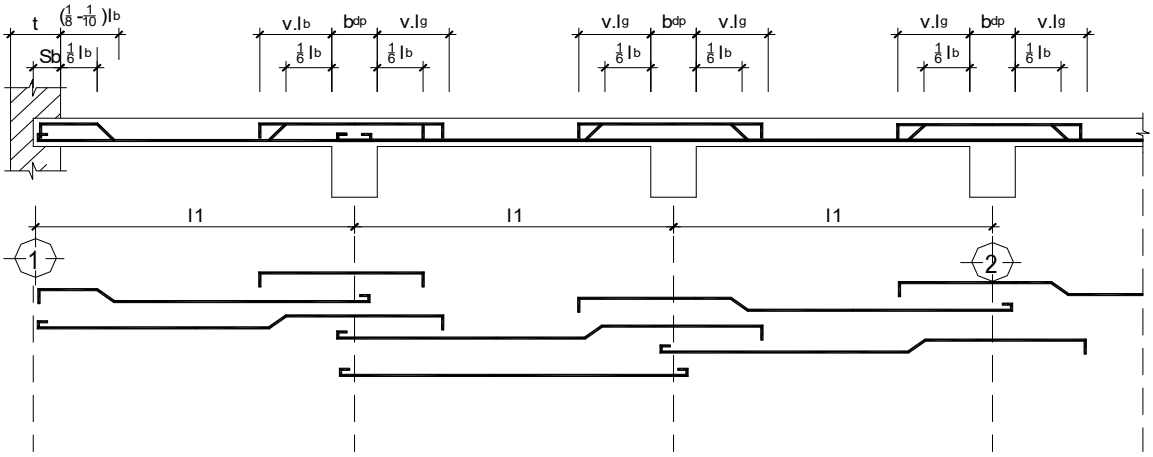
-Cốt thép mũ đặt vuông góc với dầm chính được kéo dài ra khỏi mép dầm chính một đoạn $\frac{l_o}{4}$.

Các phương án bố trí cốt thép

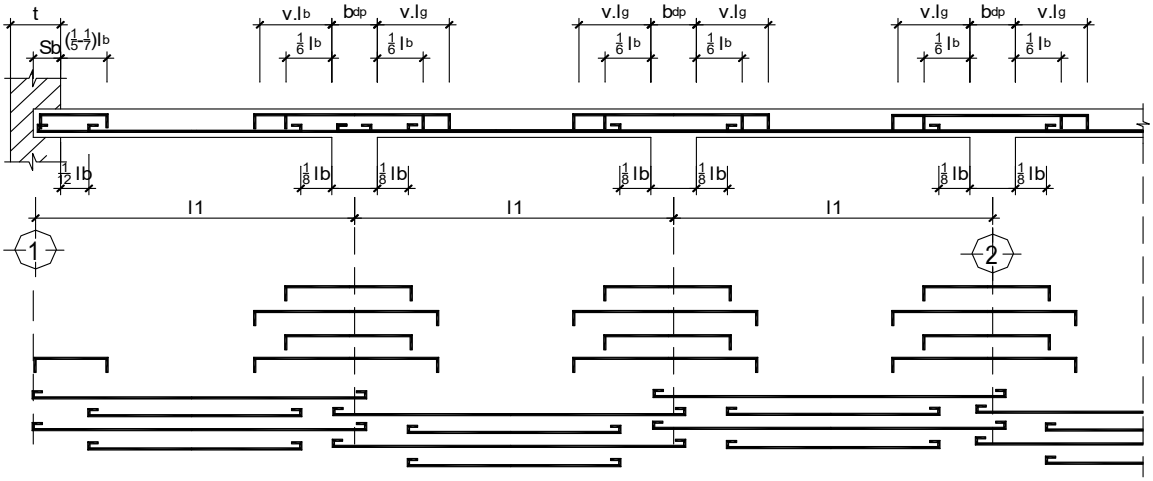
- **Phương án bố trí thép độc lập**



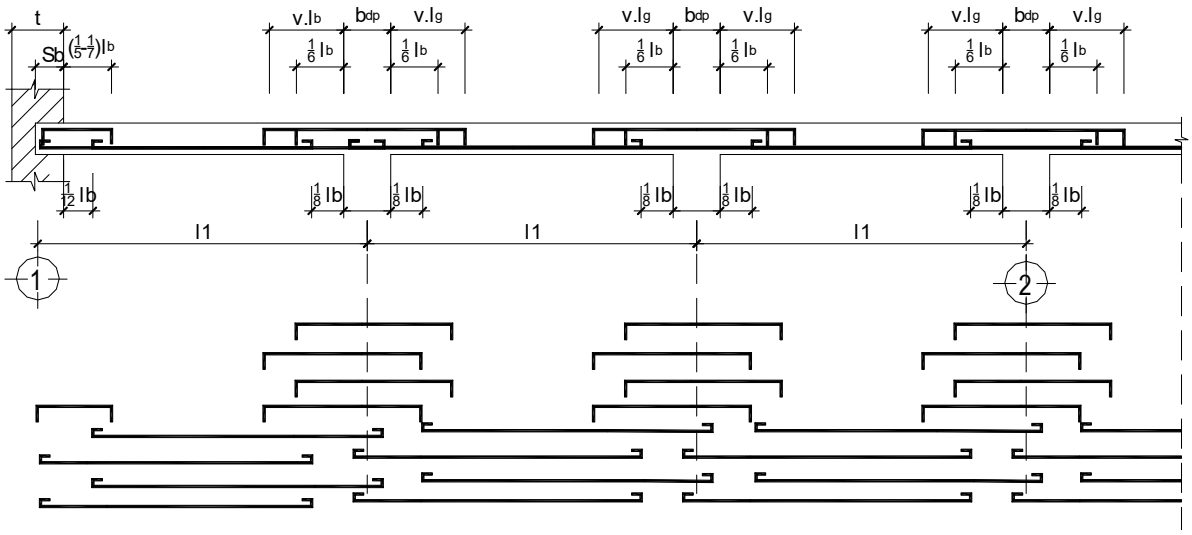
- **Phương án bố trí thép phối hợp**



- **Phương án bố trí thép dùng các thanh ngắn dài xen kẻ**



- **Phương án bố trí cốt thép dùng các thanh ngắn đặt so le**



Hình 5.7. Các phương án bố trí cốt thép sàn

2.6. Thể hiện bản vẽ

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ DẦM PHỤ THEO SƠ ĐỒ BIẾN DẠNG DẺO

3.1. Sơ đồ tính toán:

-Xem dầm phụ như một dầm liên tục, nhiều nhịp gối lên các gối tựa là dầm chính và tường.

3.2. Nhịp tính toán:

- Nhịp biên: $l_b = l_2 - \frac{b_{dc}}{2} - \frac{b_t}{2} + \frac{S_d}{2}$ (3.1)
- Nhịp giữa: $l_g = l_2 - b_{dc}$ (3.2)

3.3. Tải trọng tác dụng lên dầm phụ:

- Tĩnh tải : $g_{gp} = 0,5g_b(l_{1t} + l_{1p}) + g_0 = g_b l_1 + b_{dp}(h_{dp} - h_b)\gamma_b n(KN/m)$ (3.3)
- Hoạt tải: $p_{dp} = 0,5p_b(l_{1t} + l_{1p}) = p_b l_1(KN/m)$ (3.4)
- Tải trọng toàn phần tác dụng lên dầm phụ: $q_{dp} = g_{dp} + p_{dp}(KN/m)$ (3.5)

3.4. Nội lực:

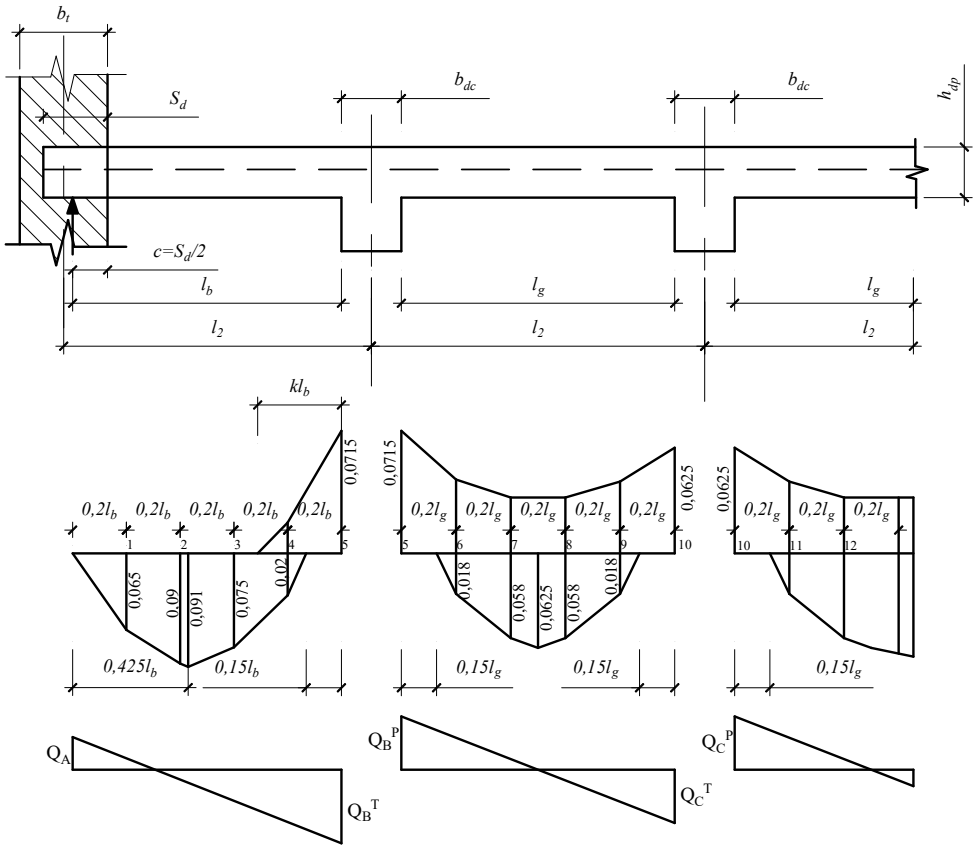
-Khi nhịp chênh lệch không quá 10% thì ta có thể dùng biểu đồ bao mômen và lực cắt lập sẵn.

-Biểu đồ bao mômen:

- Nhánh dương : $M_{\max} = \beta_1 q_{dp} l^2$ (3.6)
- Nhánh âm : $M_{\min} = \beta_2 q_{dp} l^2$ (3.7)
- Giá trị β_1 và β_2 được tra bảng, riêng β_2 còn phụ thuộc vào tỉ số $\frac{p_{dp}}{g_{dp}}$
- Mô men dương ở nhịp biên triệt tiêu cách mép gối B một đoạn $0,15l_b$.
- Mô men dương ở nhịp giữa triệt tiêu cách mép gối giữa một đoạn $0,15l_g$.
- Mô men dương lớn nhất ở nhịp biên cách gối A một đoạn $x = 0,425l_b$

-Biểu đồ bao lực cắt:

$$Q_A = 0,4q_{dp}l_b; Q_B^T = -0,6q_{dp}l_b; Q_B^p = -Q_C^T = Q_C^P = 0,5q_{dp}l_g \quad (3.8)$$



Hình 3.1. Biểu đồ bao mômen và lực cắt của dầm phụ.

3.5. Tính cốt thép chịu momen

-Để tính toán cốt thép ta dùng momen cực đại tại mỗi nhịp và trên từng gối tựa để tính toán.

3.5.1. Cốt thép chịu momen âm

-Khi dầm chịu momen âm (tại gối), phần bản (cánh dầm) nằm trong vùng kéo nên bỏ qua trong quá trình tính toàn. Tiết diện tính toán là tiết diện chữ nhật $b_{dp}xh_{dp}$

Qui trình tính:

- **Bước 1 :** Từ cấp độ bền của bêtông và nhóm thép$\Rightarrow R_b$, R_s, ξ_{pl}, α_{pl}
- **Bước 2 :** Giả thiết a. Tính $h_0 = h_{dp} - a$
- **Bước 3 :** Tính α_m và A_s

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b_{dp} h_o^2}$$

  - ✓ Nếu $\alpha_m \le \alpha_{pl}$, từ $\alpha_m \Rightarrow \zeta$, $\Rightarrow A_s = \frac{M}{R_s h_o \zeta}$
  - ✓ Nếu $\alpha_m > \alpha_{pl}$ thì phải tăng kích thước tiết diện, tăng cấp độ bền hoặc tính cốt kép (tính cốt kép xem giáo trình KCBTCT)

- **Bước 4 :** Kiểm tra hàm lượng cốt thép $\mu = \frac{A_s}{bh_0}$

$$\mu_{\min} \le \mu \le \mu_{max}$$

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

Hàm lượng cốt thép hợp lí:

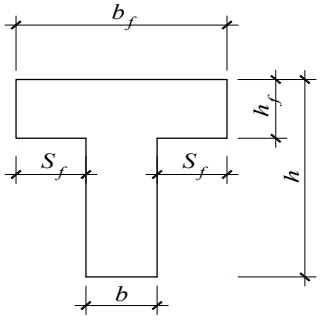
μ = (0,8÷1,5)% đối với dầm

- **Bước 5 :** Chọn, bố trí cốt thép và kiểm tra lại a, các yêu cầu về cấu tạo.

3.5.2. Cốt thép chịu momen dương

-Khi dầm chịu momen dương (tại nhịp), phần bản (cánh dầm) nằm trong vùng nén nên tham gia vào quá trình tính toàn. Tiết diện tính toán là tiết diện chữ T. Để đảm bảo sự làm việc chung giữa bản và cánh, đoạn vươn cánh S_f được qui định như sau:

$$S_f \le \begin{cases} \dfrac{1}{6} l_{odp} \\ \dfrac{1}{2} l_{thongthuydp} : h_f \ge 0,1h_{dp} \\ 6h_f : h_f < 0,1h_{dp} \end{cases}$$



-Chiều cao cánh $h_f=h_b$

-Bề rộng cánh : $b_f=b+2S_f$

Qui trình tính:

-Giả thiết trục trung hoà qua mép cánh. Tính $M_f = R_b b_f h_f (h_o - 0,5h_f)$

- ✓ Nếu $M \le M_f$ thì trục trung hòa đi qua cánh, việc tính toán được tiến hành như đối với tiết diện chữ nhật $b_f \times h$.(tương tự như tính thép cho bản)
- ✓ Nếu $M > M_f$ thì trục trung hòa đi qua sườn. Dưới đây chỉ đề cập đến trường hợp này.

- Tính α_m

$$\alpha_m = \frac{M - R_b(b_f - b_{dp})h_f(h_o - 0,5h_f)}{R_b b_{dp} h_o^2}$$

- Tính A_s

+Nếu $\alpha_m \le \alpha_{pl} \Rightarrow \xi \Rightarrow A_s = \dfrac{R_b}{R_s}\left[\xi b_{dp} h_o + (b_f - b_{dp})h_f\right]$

+Nếu $\alpha_m > \alpha_{pl}$ thì tăng tiết diện, cấp độ bền hoặc đặt cốt thép chịu nén A_s', khi đó việc tính toán cốt thép tương tự như tính toán cấu kiện chữ nhật đặt cốt thép kép.

- Kiểm tra hàm lượng cốt thép $\mu = \dfrac{A_s}{b_{dp}h_o} \in \left[\mu_{\min}, \mu_{max}\right]$

- Chọn bố trí cốt thép, kiểm tra a, các yêu cầu về cấu tạo

3.6. Tính cốt thép chịu lực cắt

3.6.1. Kiểm tra điều kiện hạn chế về lực cắt

Để bảo đảm bê tông không bị phá hoại trên tiết diện nghiêng theo ứng suất nén chính, cần thỏa mãn điều kiện:

$$Q \le 0,3\varphi_{w1}\varphi_{b1}R_b b h_o \quad (3.9)$$

Trong đó:

φ_{w1} - hệ số xét đến ảnh hưởng của cốt đai đặt vuông góc với trục cấu kiện:

$\varphi_{w1} = 1 + 5\alpha\mu_w \le 1,3$

Với: $\alpha = \frac{E_s}{E_b}$ $\mu_w = \frac{A_{sw}}{bs}$

A_{sw} - diện tích tiết diện ngang của một lớp cốt đai và cắt qua tiết diện nghiêng.

b - bề rộng của tiết diện chữ nhật; bề rộng sườn của tiết diện chữ T và chữ I.

s - khoảng cách cốt đai.

φ_{b1} - hệ số xét đến khả năng phân phối lại nội lực của các loại bê tông khác nhau:

$$\varphi_{b1} = 1 - \beta R_b \quad (3.10)$$

β = 0,01: đối với bêtông nặng, bêtông hạt nhỏ và bêtông tổ ong.

β = 0,02: đối với bêtông nhẹ.

R_b : tính bằng MPa.

Nếu điều kiện (3.9) không thỏa mãn thì phải tăng kích thước tiết diện hoặc tăng cấp độ bền của bêtông.

-Không tính toán cốt đai và chỉ bố trí theo cấu tạo khi: $Q \le Q_{bo}$

Trong đó:

Q_{b0} là khả năng chịu cắt của bê tông khi không có cốt ngang

$$Q_{b0} = \frac{\varphi_{b4}R_{bt}bh_0^2}{c} \in \left[\varphi_{b3}R_{bt}bh_o; 2,5R_{bt}bh_o\right] \quad (3.11)$$

Q- lực cắt ở cuối tiết diện nghiêng.

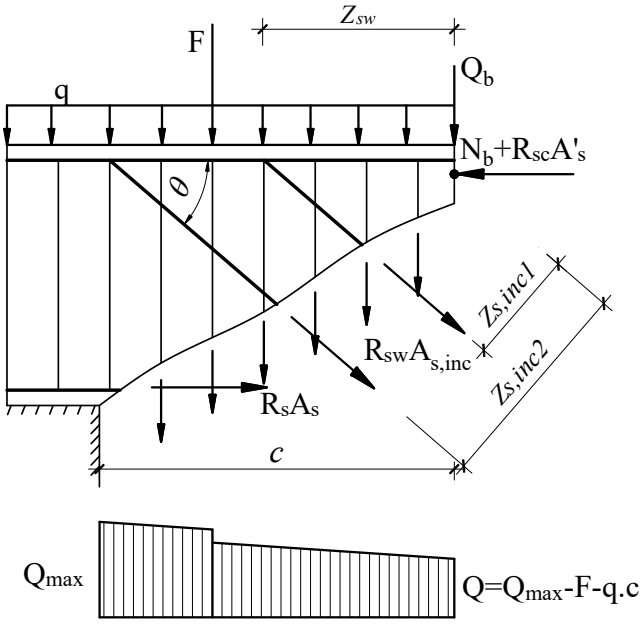
c - chiều dài hình chiếu tiết diện nghiêng trên trục cấu kiện tính từ mép gối tựa, $c \le c_{\max} = 2h_o$

φ_{b3} -hệ số bằng 0,6 đối với bêtông nặng và bằng 0,5 đối với bêtông hạt nhỏ.

φ_{b4} -hệ số bằng 1,5 đối với bêtông nặng và bằng 1,2 đối với bêtông hạt nhỏ.

3.6.2. Điều kiện tính toán cốt thép chịu lực cắt $Q_{bo} < Q \le 0,3\varphi_{w1}\varphi_{b1}R_b b h_o$ (3.12)

3.6.3. Điều kiện đảm bảo cường độ trên tiết diện nghiêng khi có lực cắt Q tác dụng:



Hình 3.2. Sơ đồ tính toán cường độ trên tiết diện nghiêng.

Trong trường hợp tổng quát điều kiện đảm bảo cường độ trên tiết diện nghiêng theo lực cắt :

$$Q \le Q_b + Q_{sw} + Q_{s,inc} \tag{3.13}$$

- Q : lực cắt tính ở một phía của tiết diện đang xét.
- Q_b : lực cắt do bêtông chịu, được xác định bằng công thức thực nghiệm:

$$Q_b = \frac{M_b}{c} = \frac{\varphi_{b2}(1+\varphi_f)R_{bt}bh_0}{c} \tag{3.14}$$

Trong đó:

c - chiều dài hình chiếu của mặt cắt nghiêng trên trục dọc của cấu kiện.

φ_{b2} - hệ số xét đến ảnh hưởng của loại bêtông:

- $\varphi_{b2} = 2$ đối với bêtông nặng và bêtông tổ ong.
- $\varphi_{b2} = 1{,}7$ đối với bêtông hạt nhỏ.

φ_f - hệ số xét ảnh hưởng của cánh tiết diện chữ T và chữ I khi cánh nằm trong vùng chịu nén:

$$\varphi_f = \frac{0{,}75u_f h_f}{bh_0} \le 0{,}5 \tag{3.15}$$

$$u_f = \min\left[3h_f;(b_f - b)\right]$$

Trong mọi trường hợp cần khống chế : $1+\varphi_f \le 1{,}5$

Giá trị Q_b phải được khống chế :

$$Q_{b\min} = \varphi_{b3}(1+\varphi_f)R_{bt}bh_0 \le Q_b \le Q_{b\max} = 2{,}5R_{bt}bh_o \tag{3.16}$$

Từ điều kiện (3.16) có thể suy ra : $\frac{\varphi_{b2}}{2,5}(1+\varphi_f)h_o \le c \le \frac{\varphi_{b2}}{\varphi_{b3}}h_o$

- Q_{sw}: lực cắt do cốt đai chịu.

$$Q_{sw} = \sum R_{sw} A_{sw} \qquad (3.17)$$

Gọi $q_{sw} = \frac{R_{sw}.A_{sw}}{s}$ là khả năng chịu lực của cốt đai đem phân bố đều theo trục dầm.

Khi bước đai s không đổi trong phạm vi tiết diện nghiêng thì:

$$Q_{sw} = q_{sw} c \qquad (3.18)$$

Để tránh phá hoại dòn, tại tiết diện nghiêng có hình chiếu c bằng $2h_o$, khả năng chịu cắt cốt đai phải lớn hơn khả năng chịu cắt tối thiểu của bê tông nên ta có :

$$q_{sw} \ge \frac{\varphi_{b3}(1+\varphi_f)R_{bt}b}{2} = \frac{Q_{b\min}}{2h_0} \qquad (3.19)$$

- $Q_{s,inc} = R_{sw} A_{s,inc} \sin\theta$: lực cắt do cốt xiên chịu

a.Tính toán cốt đai khi không đặt cốt xiên

Khi không có cốt xiên thì điều kiện (3.13) trở thành :

$$Q \le Q_{b,sw} = Q_b + Q_{sw} = \frac{\varphi_{b2}(1+\varphi_f)R_{bt}bh_0^2}{c} + q_{sw}c \qquad (3.20)$$

Tiết diện nghiêng nguy hiểm nhất ứng với trường hợp tổng khả năng chịu cắt của bê tông và cốt đai là nhỏ nhất. Khi đó :

$$Q'_{b,sw} = 0 \Rightarrow c = \sqrt{\frac{\varphi_{b2}(1+\varphi_f)R_{bt}bh_0^2}{q_{sw}}} = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw}}} = c_0$$

$$\left(M_b = \varphi_{b2.}(1+\varphi_f)R_{bt}bh_0^2\right)$$

Lưu ý :

-Tiết diện nghiêng nguy hiểm nhất c_o không được lớn hơn c (cũng không lớn hơn $2h_o$)

-Thực nghiệm chứng tỏ rằng khi $c>c_o$ thì Q_b giảm còn Q_{sw} giữ giá trị không đổi bằng $q_{sw}c_o$ nên tiêu chuẩn thiết kế xác định : $Q_{sw}=q_{sw}c_o$

-Khi tính toán với hàng loạt các tiết diện nghiêng nguy hiểm phải tuân theo điều kiện : $\frac{\varphi_{b2}}{2,5}(1+\varphi_f)h_o \le c \le \frac{\varphi_{b2}}{\varphi_{b3}}h_o$

Tính cấu kiện chịu tải trọng phân bố đều :

- ***Bài toán thiết kế:***

Xét dầm chịu tải trọng phân bố đều q_1. Khi đó điều kiện (3.13) thành:

$$Q_{\max} \le Q_u = \frac{M_b}{c} + (q_{sw} + q_1)c \qquad (3.21)$$

Khi đó hình chiếu của tiết diện nghiêng c_o :

$$c_o = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw} + q_1}} \tag{3.22}$$

Trong đó q_1 được xác định như sau:

- q_1=q : nếu q là tải trọng thường xuyên phân bố.
- q_1=g+ν/2 : nếu q gồm tải trọng thường xuyên phân bố đều (g) và tải trọng tạm thời phân bố đều (ν)

Khi tính c_o cần xem xét tương quan giữa q_{sw} và q_1.

- Nếu $q_1 \le 0,56q_{sw}$ thì: $c_o = \sqrt{\frac{M_b}{q_1}}$ (3.23)
- Nếu $q_1 > 0,56q_{sw}$ thì: $c_o = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw} + q_1}}$ (3.24)

Khi tính toán thiết kế, tính q_{sw} như sau:

- Khi $Q_{\max} \le \frac{Q_{b1}}{0,6}$, với $Q_{b1} = 2\sqrt{M_b q_1}$

thì: $$q_{sw} = \frac{Q_{max}^2 - Q_{b1}^2}{4M_b} \ge \frac{Q_{\max} - Q_{b1}}{2h_o} \tag{3.25}$$

- Khi $\frac{Q_{b1}}{0,6} < Q_{\max} < \frac{M_b}{h_o} + Q_{b1}$

thì: $$q_{sw} = \frac{\left(Q_{max} - Q_{b1}\right)^2}{M_b} \ge \frac{Q_{\max} - Q_{b1}}{2h_o} \tag{3.26}$$

- Khi $\frac{M_b}{h_o} + Q_{b1} \le Q_{\max}$

thì: $$q_{sw} = \frac{Q_{\max} - Q_{b1}}{h_o} \tag{3.27}$$

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

$$q_{sw} = \frac{Q_{\max}}{2h_o} + \frac{\varphi_{b2}}{\varphi_{b3}} q_1 - \sqrt{\left(\frac{Q_{\max}}{2h_o} + \frac{\varphi_{b2}}{\varphi_{b3}} q_1\right)^2 - \left(\frac{Q_{\max}}{2h_o}\right)^2} \tag{3.28}$$

Gọi n là số nhánh đai, a_{sw} là diện tích mặt cắt ngang đai. Từ q_{sw} ta tính được khoảng cách s_{tt} cần thiết của cốt đai:

$$s_{tt} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{q_{sw}} = \frac{R_{sw} n a_{sw}}{q_{sw}}$$

Để tránh trường hợp phá hoại theo tiết diện nghiêng nằm giữa hai cốt đai liên tiếp thì bê tông vị trí đó phải đủ khả năng chịu lực cắt, khi đó:

$$s \le s_{max} = \frac{\varphi_{b4} R_{bt} b h_0^2}{Q} \tag{3.29}$$

Khoảng cách cấu tạo của các cốt đai trong bản và dầm

Cốt đai có thể đặt đều trên toàn dầm hoặc để tiết kiệm thì ở đoạn dầm có lực cắt nhỏ có thể đặt thưa hơn.

✓ Với đoạn dầm gần gối tựa (có lực cắt lớn):

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

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

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

Đoạn dầm gần gối 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 gối đến lực tập trung đầu tiên nhưng không bé hơn *l*/4 khi dầm chịu lực tập trung.

Khoảng cách thiết kế của cốt đai

$s = \min\left(s_{tt}; s_{max}; s_{ct}\right)$

- ***Bài toán kiểm tra:***

-Chọn đường kính đai, số nhánh đai, khoảng cách giữa các lớp cốt đai

-Tính $q_{sw} = \frac{R_{sw}A_{sw}}{s} = \frac{R_{sw}na_{sw}}{s}$

-Tính tiết diện nghiêng nguy hiểm C_o: $C_o = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw}}}$

-Xác định hình chiếu tiết diện nghiêng C

- Nếu $q_1 \le 0,56q_{sw}$ thì: $C = \sqrt{\frac{M_b}{q_1}}$
- Nếu $q_1 > 0,56q_{sw}$ thì: $C = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw} + q_1}}$

Với $\frac{\varphi_{b2}}{2,5}\left(1+\varphi_f\right)h_o \le C \le \frac{\varphi_{b2}}{\varphi_{b3}}h_o$

-Kiểm tra $C_o \le \min(2h_o, C)$

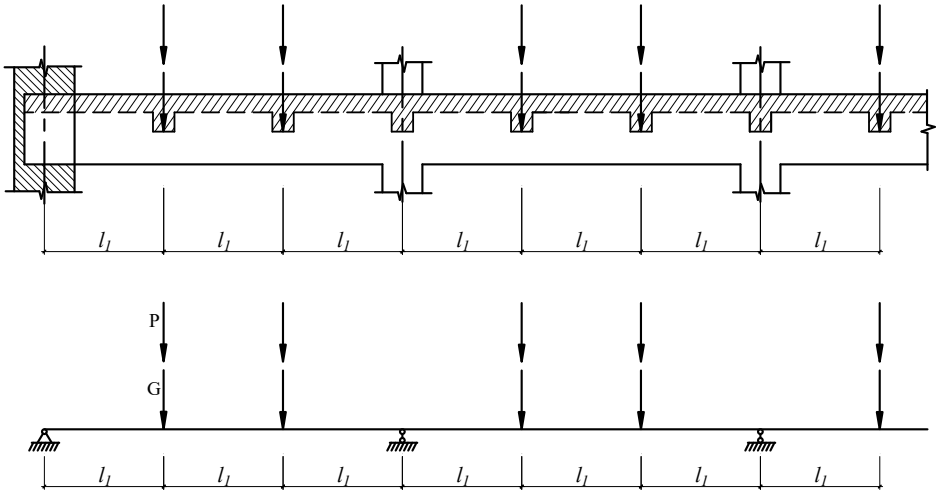
-Tính khả năng chịu lực của tiết diện nghiêng: $Q_u = \frac{M_b}{C} + q_{sw}C_o$

-Kiểm tra điều kiện: $Q^* = Q_{max} - q_1 C \le Q_u$

CHƯƠNG 4: THIẾT KẾ DẦM CHÍNH THEO SƠ ĐỒ ĐÀN HỒI

4.1. Sơ đồ tính:

-Dầm chính là kết cấu chịu lực chính nên thường được tính theo sơ đồ đàn hồi. Xem dầm chính như một dầm liên tục nhiều nhịp kê lên các gối tựa là cột (hoặc tường).



Hình 4.1. Sơ đồ tính toán của dầm chính

4.2. Nhịp tính toán:

-Lấy bằng khoảng cách giữa các trục. Trường hợp nhịp đều nhau, nhịp tính toán $l=3l_1$.

-Khi các nhịp lệch nhau không quá 10% thì để thuận tiện và thiên về an toàn lấy nhịp lớn nhất để tính.

4.3. Tải trọng:

-Tĩnh tải (G): do tĩnh tải của dầm phụ (g_{dp}) truyền sang và trọng lượng bản thân của dầm chính.

+Tĩnh tải của dầm phụ truyền sang dầm chính $G_1 = 0,5g_{dp}(l_{2t}+l_{2p}) = g_{dp}l_2\,(KN)$ (4.1)

+Trọng lượng bản thân dầm chính là phân bố đều để đơn giản ta qui thành lực tập trung G_o:

$$G_0 = b_{dc}(h_{dc}-h_b)l_1\gamma_{bt}1,1\,(kN) \quad (4.2)$$

+Tổng tĩnh tải tập trung tác dụng lên dầm chính : $G = G_1 + G_0\ (KN)$ (4.3)

-Hoạt tải (P) do hoạt tải dầm phụ truyền sang : $P = 0,5p_{dp}(l_{2t}+l_{2p}) = p_{dp}l_2\ (KN)$ (4.4)

4.4. Nội lực

-Nội lực phát sinh trong dầm chính chủ yếu là momen và lực cắt.Cần xác định biểu đồ bao nội lực (momen và lực cắt) cho dầm chính. Biểu đồ bao nội lực dầm được xác định bằng phương pháp tổ hợp.

-Cách làm :

+Đặt tĩnh tải lên toàn dầm, ta vẽ được biểu đồ M_G và Q_G

+Xét từng trường hợp đặt hoạt tải Pi gây nội lực bất lợi ở mỗi nhịp, mỗi gối. Mỗi trường hợp đặt tải P_i ta có biểu đồ M_{Pi} và Q_{Pi}

Để có M_G, M_{Pi} ta dùng các công thức lập sẵn : $M_G=\alpha Gl$, $M_{Pi}=\alpha Pl$ (4.5)

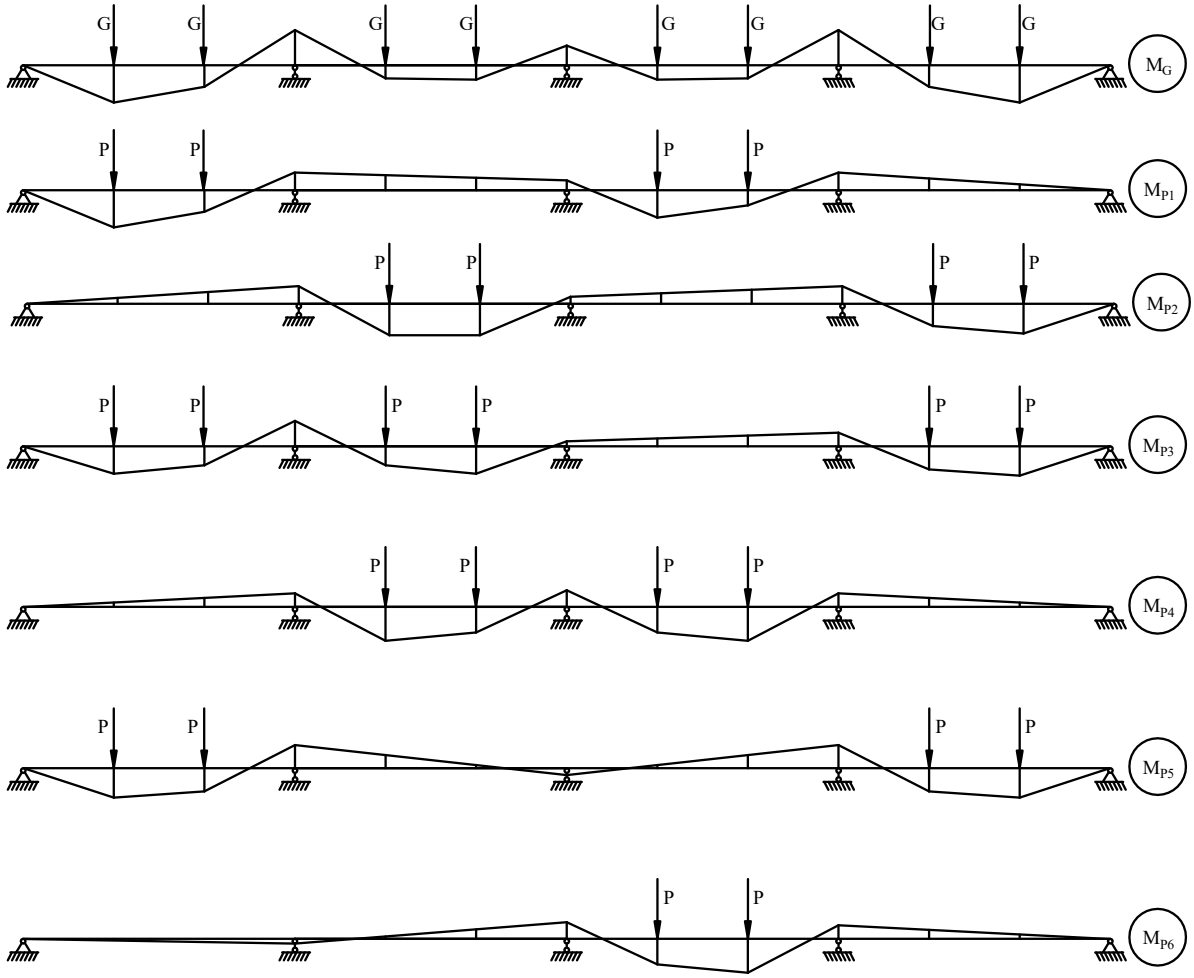
Để có Q_G, M_{Pi} ta dùng các công thức sau : $Q_G=\beta G$, $Q_{Pi}=\beta P$ (4.6)

Các hệ số α,β được tra trong phụ lục

+Tại mỗi tiết diện ta tính:

$$M_{max} = M_G + \max(M_{Pi}); M_{min} = M_G + \min(M_{Pi}) \quad (4.7)$$

+Trong mỗi dầm cần tính toán cho một số tiết diện đặc trưng sau đó nối các điểm tương ứng ta sẽ có nhánh max và nhánh min của biểu đồ bao. Hoặc ta có thể cộng biểu đồ M_G lần lượt với từng M_{Pi} sẽ có các biểu đồ M_i. Vẽ chung tất cả các biểu đồ M_i lên cùng trục với cùng một tỉ lệ sau đó nối liền các đoạn nằm ở ngoài cùng ở cả hai phía ta sẽ có được biểu đồ bao.



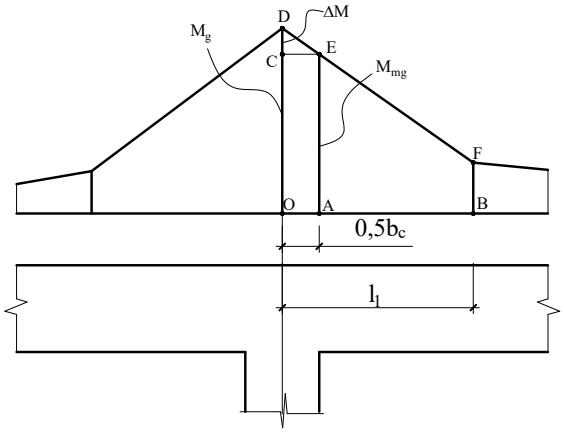
Hình 4.2. Các trường hợp tải trọng tác dụng lên dầm chính 4 nhịp

4.5. Tính toán cốt thép:

4.5.1.Tính cốt thép chịu momen

-Hoàn toàn giống như khi tính dầm phụ. Chú ý khi tính với dầm chính ta tính theo sơ đồ đàn hồi nên ta kiểm tra điều kiện: $\alpha_m \le \alpha_R$

-Khi tính cho tiết diện gần gối tựa ta không dùng giá trị M_{max} (M_g) tại tâm gối mà ta dùng giá trị tại mép gối (M_{mg}).Tính momen tại mép gối như sau:



Hình 4.3. Sơ đồ tính momen ở mép gối tựa

$$\Delta M = CD = CE.i = 0,5.b_c.i \quad (4.8)$$

i: độ dốc của biểu đồ bao mô men

$$i = \frac{OD - FB}{OD} = \frac{M_g - M_B}{l_1} \quad (4.9)$$

$$\Rightarrow M_{mg} = M_g - \Delta M \quad (4.10)$$

4.5.2.Tính cốt thép chịu lực cắt:

-Kiểm tra về điều kiện hạn chế tương tự như dầm phụ

-Trong dầm chính, lực cắt hằng số trong từng đoạn dầm có chiều dài l_1 , cần tính toán cốt đai cần thiết trong từng đoạn dầm.

a.Bài toán thiết kế

-Hình chiếu tiết diện nghiêng $C_i = l_1 - 0,5b_c \in \left[\frac{\varphi_{b2}(1+\varphi_f)h_o}{2,5}; \frac{\varphi_{b2}}{\varphi_{b3}}h_o\right]$

-Giá trị q_{sw} được xác định theo hệ số χ_i

Trongđó: $\chi_i = \frac{Q_i - Q_{bi}}{Q_{bi}}$ $Q_{bi} = \frac{M_b}{c_i}$ (4.11)

- $\chi_i < \chi_{oi} = \frac{Q_{b\min}}{Q_{bi}}\frac{c_o}{2h_o} \Rightarrow q_{sw(i)} = \frac{Q_i}{c_o}\frac{\chi_{oi}}{\chi_{oi}+1}$ (4.12)

- $\chi_{oi} \le \chi_i \le \frac{c_i}{c_o} \Rightarrow q_{sw(i)} = \frac{Q_i - Q_{bi}}{c_o}$ (4.13)

- $\frac{c_i}{c_o} < \chi_i \le \frac{c_i}{h_o} \Rightarrow q_{sw(i)} = \frac{(Q_i - Q_{bi})^2}{M_b}$ (4.14)

- $\chi_i > \frac{c_i}{h_o} \Rightarrow q_{sw(i)} = \frac{Q_i - Q_{bi}}{h_o}$ (4.15)

Lưu ý :

$C_o \leq \min(Ci, 2h_o)$

-Tính khoảng cách giữa các cốt đai:

$$s_{tt} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{q_{sw}} = \frac{R_{sw} n a_{sw}}{q_{sw}}$$

- Tính khoảng cách cốt đai cấu tạo s_{ct}, khoảng cách cốt đai lớn nhất s_{max}:

$$s_{max} = \frac{\varphi_{b4} R_{bt} b h_0^2}{Q} \quad (4.16)$$

Khoảng cách thiết kế của cốt đai

$$s = \min\left(s_{tt}; s_{max}; s_{ct}\right)$$

- ***Bài toán kiểm tra:***

-Chọn đường kính đai, số nhánh đai, khoảng cách giữa các lớp cốt đai

-Tính $q_{sw} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{s} = \frac{R_{sw} n a_{sw}}{s}$

-Tính $C_o^* = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw}}}$

-Đặt $C^* = \min\left(C_i, 2h_o\right)$

-Xác định hình C_o

- Nếu $C_o^* < h_o \Rightarrow C_o = h_o$
- Nếu $h_o \leq C_o^* \leq C^* \Rightarrow C_o = C_o^*$
- Nếu $C_o^* > C^* \Rightarrow C_o = C^*$

-Kiểm tra điều kiện: $Q \leq Q_u = \frac{M_b}{C_i} + q_{sw} C_o$

4.5.3. Tính cốt treo:

-Tại nơi dầm phụ đặt lên dầm chính có lực tập trung do dầm phụ truyền vào, dầm chính có thể bị phá hoại cục bộ. Sự phá hoại xảy ra theo hình tháp ABCD với góc nghiêng $\alpha = 45°$.Để chống lại sự phá hoại này có thể dùng cốt treo (dạng đai hoặc vai bò).

+Lực gây xuyên thủng: $F = P + G - G_o$ (4.17)

+Khoảng cần đặt cốt treo (đáy tháp xuyên thủng) : $S_t = b_{dp} + 2h_s$ (4.18)

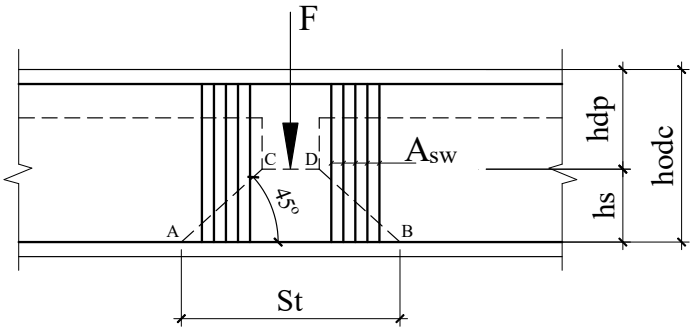
+ $h_s = h_{odc} - h_{dp}$ (4.19)

+Khi dùng cốt treo dạng đai : $\sum A_{sw} \geq \dfrac{F\left(1-\dfrac{h_s}{h_{odc}}\right)}{R_{sw}}$ (4.20)

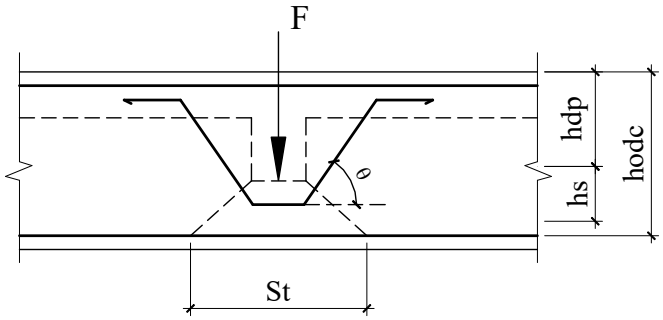
+Khi dùng cốt treo dạng vai bò : $A_{s,inc} \geq \dfrac{F\left(1-\dfrac{h_s}{h_{odc}}\right)}{2R_{sw}\sin\theta}$ (4.21)

+Khi dùng cả hai loại : $\sum R_{sw}A_{sw} + 2R_{sw}A_{s,inc}\sin\theta \leq F\left(1-\dfrac{h_s}{h_{odc}}\right)$ (4.22)

θ : thường 45÷60°



Hình 4.4. Cốt treo dạng đai



Hình 4.5. Cốt treo dạng vai bò

4.6. Cấu tạo cốt thép của dầm phụ và dầm chính

Cốt thép chịu lực

-Dầm phụ: thông thường đường kính cốt dọc ϕ= (12÷25)mm.

-Dầm chính: thông thường đường kính cốt dọc ϕ = (12÷32)mm.

-Chọn ϕ nên chọn nhỏ hơn hoặc bằng 1/10 bề rộng dầm.

-Không nên dùng quá ba loại đường kính cho cốt chịu lực trong dầm.

-Cốt thép kéo vào gối tựa lớn hơn hoặc bằng 1/3 cốt thép nhịp

-Trong cùng một tiết diện không nên dùng cốt thép có đường kính chênh nhau quá 6mm.

-Chiều dày lớp bảo vệ, khe hở và khoảng cách phải tuân theo đúng các yêu cầu cấu tạo.

-Bố trí cốt dọc có hai phương án:

- ✓ Đặt cốt thép độc lập: linh hoạt cho việc chọn và sắp xếp cốt thép, đơn giản cho thi công nhưng khó đạt hiệu quả kinh tế.
- ✓ Đặt cốt thép phối hợp.

Cốt thép cấu tạo

-Cốt dọc cấu tạo: làm chỗ buộc cho cốt đai và chịu các ứng suất phụ do thay đổi nhiệt độ, co ngót...(gồm cốt dọc phụ và cốt giá)

-Với dầm phụ đường kính cốt dọc phụ chọn ϕ10÷ ϕ 12, với dầm chính chọn ϕ 12÷ ϕ 14.

-Với dầm có h >700 ta phải đặt thêm cốt dọc cấu tạo trên mép bên của dầm, khoảng cách giữa các cốt dọc cấu tạo nhỏ hơn hoặc bằng 400.

4.7. Tính toán khả năng chịu lực của tiết diện dầm

Sau khi bố trí cốt thép và dự kiến cắt, uốn cốt thép trong dầm. Để tính toán chính xác vị trí cắt uốn cốt thép ta phải xác định được khả năng chịu lực của tiết diện dầm. Từ đó dựa vào hình bao mô men để xác định vị trí các điểm cần cắt uốn.

- **Trường hợp tiết diện chữ nhật đặt cốt đơn:**

-Tính $$\xi = \frac{R_s.A_s}{R_b.b.h_0} \quad (4.23)$$

h_0 : chiều cao làm việc thực tế của tiết diện được xác định theo đúng cấu tạo của A_s

-Kiểm tra điều kiện hạn chế : với dầm phụ $\alpha_m \le \alpha_{pl}$; với dầm chính $\alpha_m \le \alpha_R$

-Nếu điều kiện trên thỏa mãn thì tính

$$\zeta = 1 - 0,5\xi \quad (4.24)$$

$$\Rightarrow M_{td} = R_s A_s \zeta h_0 \quad (4.25)$$

-Nếu không thỏa mãn điều kiện hạn chế thì

+$M_{td} = \alpha_{pl} R_b b h_0^2$: với dầm phụ.

+$M_{td} = \alpha_R R_b b h_0^2$: với dầm chính.

- **Trường hợp tiết diện chữ T có cánh trong vùng nén**

-Giả thiết trục trung hòa qua cánh (tính cho trường hợp cốt đơn)

-Tính $$\xi_1 = \frac{R_s A_s}{R_b b_f h_0} \Rightarrow x_1 = \xi_1 h_o \quad (4.26)$$

-Khi $x_1 \le h_f$ giả thiết đúng :

$$\zeta_1 = 1 - 0,5\xi_1 \Rightarrow M_{td} = R_s A_s \zeta_1 h_0 \quad (4.27)$$

-Khi $x_1 > h_f$ trục trung hòa qua sườn

+Tính lại $$\xi = \frac{R_s A_s - R_b(b_f - b)}{R_b b h_0} \Rightarrow x = \xi h_o \quad (4.28)$$

- ✓ $x \le \xi_R h_o \Rightarrow M_{gh} = R_b(b_f - b)h_f(h_o - 0,5h_f) + R_b bx(h_o - 0,5x)$ (4.29)
- ✓ $x > \xi_R h_o \Rightarrow M_{gh} = R_b(b_f - b)h_f(h_o - 0,5h_f) + \alpha_R R_b b h_o^2$ (4.30)

4.8. Cắt, uốn và neo cốt thép

Cắt cốt thép : cắt bỏ cốt thép hoặc cắt thanh có đường kính lớn nối với thanh có đường kính nhỏ.

-Dự kiến các thanh cần cắt. Từ đó tính khả năng chịu lực của tiết diện sau khi cắt (M_{tds})

-Tiết diện cắt lý thuyết là tiết diện tại đó có biểu đồ bao momen bằng khả năng chịu lực tiết diện sau khi cắt ($M=M_{tds}$)

-Tiết diện cắt thực tế là tiết diện được kéo dài thêm đoạn W tính từ tiết diện cắt lý thuyết. Đoạn W tính như sau:

$$W = \frac{Q - Q_{s.inc}}{2q_{sw}} + 5\phi \geq 20\phi \qquad (4.31)$$

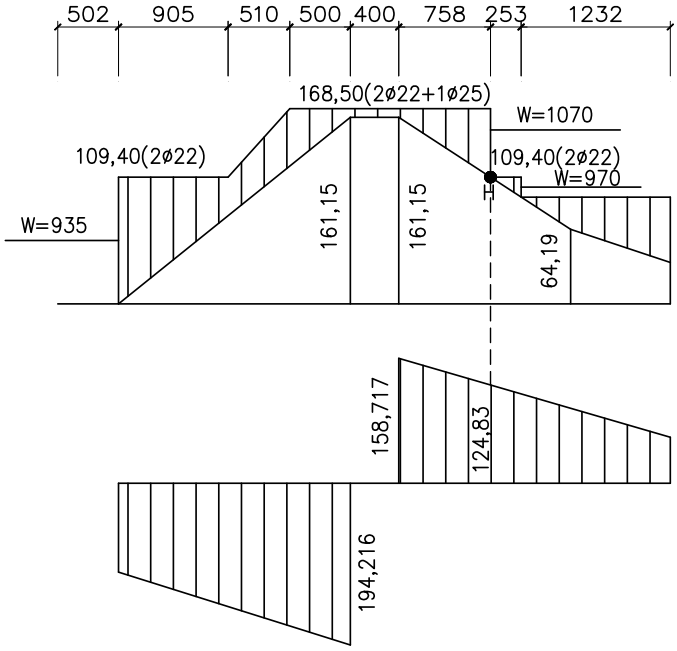
Q: lực cắt tại tiết diện cắt lý thuyết.

q_{sw} : khả năng chịu lực của cốt đai.

$Q_{s,inc}$: khả năng chịu lực của cốt xiên.

$$Q_{s,inc} = R_{s,inc}.A_{s,inc}.\sin\alpha \qquad (4.32)$$

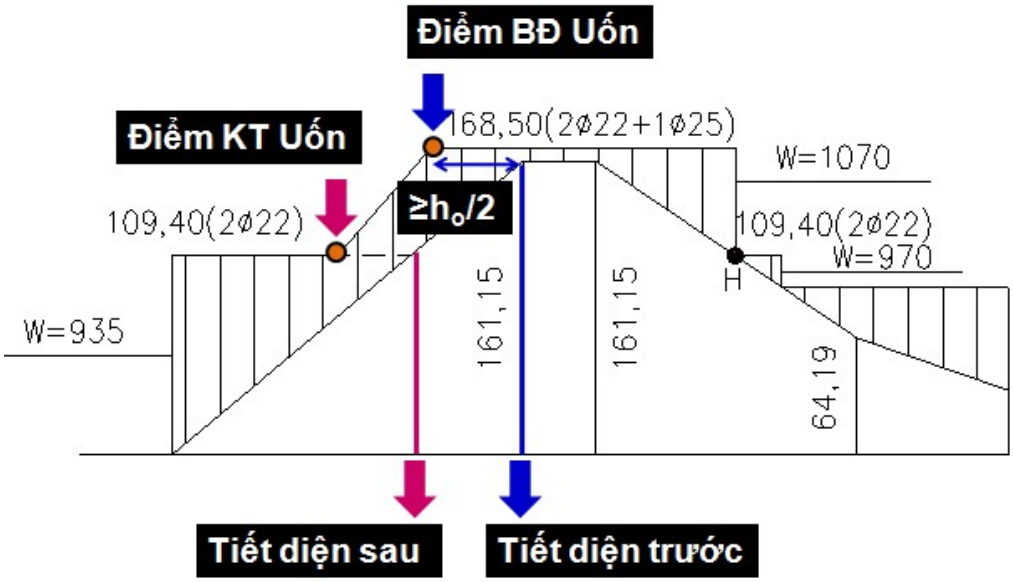
$A_{s,inc}$: diện tích của lớp cốt xiên trong vùng cắt bớt cốt thép



Uốn cốt thép:

- ✓ **Tiết diện trước:** là tiết diện mà tại đó cốt thép được uốn được kể vào trong tính toán với toàn bộ khả năng chịu lực, đó là tiết diện có $M = M_{tdt}$ hoặc nếu trong cả đoạn dầm xảy ra $M < M_{tdt}$ thì đó là tiết diện có $|M|$ lớn nhất.
- ✓ **Tiết diện sau:** là tiết diện mà bắt đầu tại đó không cần thanh được uốn ($M=M_{tds}$)
- ✓ Quy định về uốn cốt thép:

- Điểm bắt đầu uốn phải cách tiết diện trước một đoạn ≥ $h_0/2$ (về phía mô men giảm).
- Điểm kết thúc uốn phải nằm ngoài tiết diện sau.
- Nếu uốn cốt thép để kết hợp làm cốt xiên thì điểm uốn được chọn theo điều kiện và quy định của việc bố trí cốt xiên và cần kiểm tra thêm hai quy định trên.
- Nếu uốn cốt thép không kết hợp làm cốt xiên mà chỉ uốn cấu tạo thì ta thường dự kiến trước điểm uốn sau đó kiểm tra hai quy định trên cho đoạn cốt phía trên và phía dưới, có thể xê dịch điểm uốn để chọn được vị trí hợp lý.



Neo và nối cốt thép:

-Để cốt thép phát huy hết tác dụng thì đầu mút của nó phải được neo chắc chắn.

-Cốt thép được neo vào gối tựa không nhỏ hơn 1/3 lượng cốt thép giữa nhịp. Chú ý hai thanh ở góc tiết diện phải kéo vào gối không được cắt.

-Tại gối tựa biên kê tự do đoạn neo l_{an} quy định:

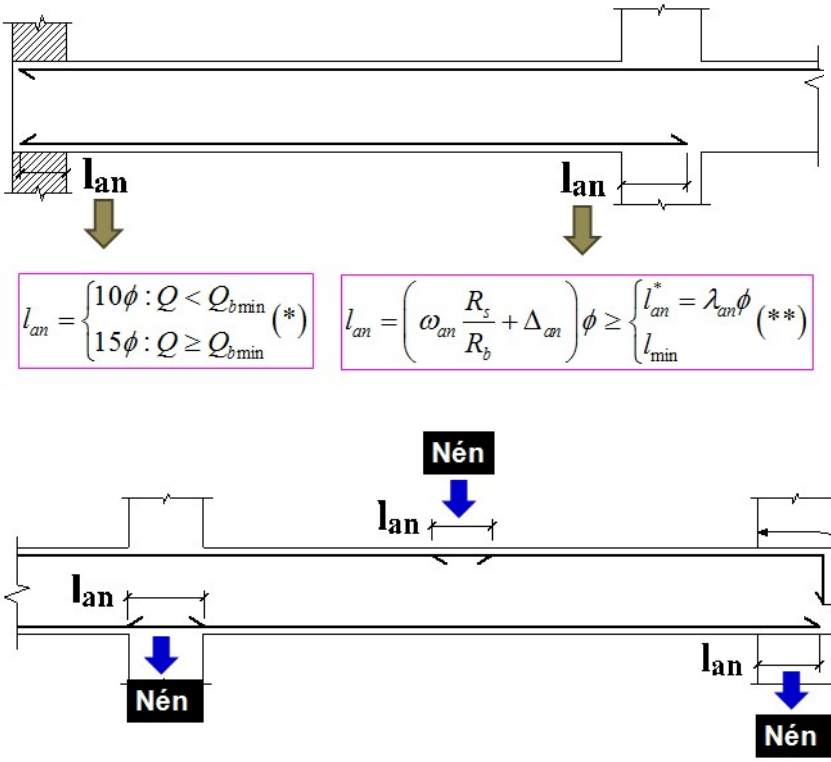
$$l_{an} = \begin{cases} 10\phi : Q \le \dfrac{\varphi_{b4} R_{bt} b h_o^2}{c} \\ 15\phi : Q > \dfrac{\varphi_{b4} R_{bt} b h_o^2}{c} \end{cases} (*)$$

-Tại gối tựa giữa , đoạn neo được tính theo công thức:

$$l_{an} = (\omega_{an} \frac{R_s}{R_b} + \Delta_{an})\phi \ge \begin{cases} l_{an}^* = \lambda_{an}\phi \\ l_{\min} \end{cases} (**)$$

-Cốt thép nhịp được nối ở gối, cốt thép gối nối ở giữa nhịp, đoạn nối chồng tuân theo công thức (**)

-Cần phân biệt cốt thép neo trong vùng nén hay vùng kéo để xác định đoạn neo theo công thức (**) cho đúng.



4.9. Hình bao vật liệu (HBVL)

-Hình bao vật liệu thể hiện khả năng chịu lực của các tiết diện dầm.

-Hình bao mô men thể hiện những mô men lớn nhất có thể có trong dầm.

-Hình bao vật liệu có:

- ✓ Trục ngang là trục dầm, tung độ lấy bằng M_{td}
- ✓ Có hai nhánh: nhánh dương tính với A_s (cốt thép chịu kéo phía dưới), nhánh âm tính với A_s' (cốt thép chịu nén phía trên).
- ✓ Thể hiện khả năng chịu lực của dầm cho cốt dọc chịu lực, không thể hiện cốt dọc cấu tạo.

-Tính chất của hình bao vật liệu:

- ✓ Trong đoạn tiết diện và cốt thép không đổi ta có đoạn nằm ngang.
- ✓ Ứng với tiết diện cắt lý thuyết của cốt thép quy ước HBVL có bước nhảy.
- ✓ Trong đoạn uốn cốt thép quy ước HBVL có đoạn xiên có mút ứng với điểm đầu và điểm kết thúc đoạn uốn.

- Để đánh giá mức độ hợp lý của việc bố trí cốt thép ta vẽ biểu đồ bao mô men và biểu đồ bao vật liệu trên cùng một trục với một tỉ lệ.

-Hình bao vật liệu phải nằm ngoài biểu đồ bao mô men, khoảng hở giữa hai hình bao thể hiện mức độ dư thừa về khả năng chịu lực.

-Hình bao vật liệu càng sát với biểu đồ bao mô men càng tiết kiệm vật liệu.

CHƯƠNG 5: THỂ HIỆN BẢN VẼ

5.1. Các nội dung cần thể hiện

Bản vẽ được thể hiên trên khổ giấy A1 (594x841) in ngang.

Các nội dung thể hiện trên bản vẽ bao gồm:

- ✓ Mặt bằng kết cấu sàn.
- ✓ Các mặt cắt bố trí thép sàn: 2 mặt cắt ngang thể hiện thép chịu lực trong vùng không giảm và vùng giảm thép 20% (có triển khai thép bên dưới), 1 mặt cắt vuông góc với tường, 1 mặt cắt vuông góc với dầm chính.
- ✓ Dầm phụ: biểu đồ bao mômen và biểu đồ bao vật liệu (vẽ cùng 1 hệ trục và cùng tỷ lệ), mặt cắt dọc dầm phụ và các mặt cắt ngang của dầm phụ.
- ✓ Dầm chính: biểu đồ bao mômen và biểu đồ bao vật liệu (vẽ cùng 1 hệ trục và cùng tỷ lệ), mặt cắt dọc dầm chính và các mặt cắt ngang của dầm chính.
- ✓ Bảng thống kê cốt thép, bảng tổng hợp cốt thép, bảng chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của sàn.
- ✓ Ghi chú: đặc tính các loại vật liệu sử dụng, các chú thích cần thiết để hướng dẫn thi công.
- ✓ Khung tên.

5.2. Nét vẽ, tỷ lệ, font và size chữ

- ✓ Sử dụng nét vẽ hợp lý theo quy định của vẽ kỹ thuật.
- ✓ Thống nhất font chữ, size chữ trên toàn bản vẽ. Có thể tham khảo quy định sau:

  Sử dụng các loại font chữ thông dụng, không có chân.

  Size chữ: (2,5-3)mm cho các loại chữ như kích thước, số hiệu thép, thép…

  Size chữ: (4-5)mm cho các loại chữ dùng để ghi chú, chữ trong khung tên…

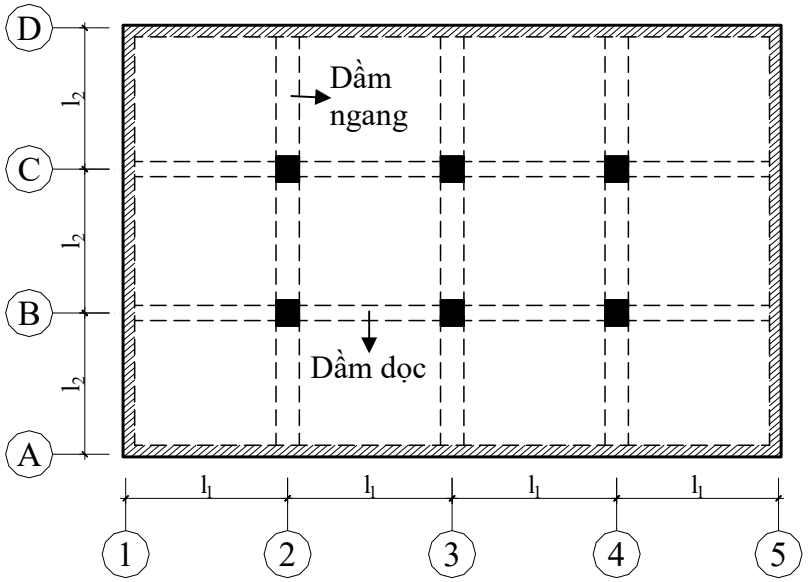
  Size chữ: (8-10)mm cho các loại chữ tiêu đề…
- ✓ Sử dụng các tỷ lệ hợp lý để thể hiện các hình vẽ sao cho cân đôi trên bản vẽ. Nên chọn các tỷ lệ chẵn để thể hiện như 1/250, 1/200, 1/150, 1/100, 1/75, 1/50, 1/25, 1/20, 1/15, 1/10, 1/5…
- ✓ Chú ý tuyệt đối phải vẽ đúng tỷ lệ để trên bản vẽ nếu thiếu kích thước thì đơn vị thi công có thể dùng thước đo trực tiếp trên bản vẽ.

5.3. In bản vẽ

- ✓ In bản vẽ các phần (bản, dầm phụ, dầm chính) trên khổ A3 để giảng viên hướng dẫn sửa, các bản vẽ này sau khi hoàn chỉnh được đóng vào thuyết minh ở cuối mỗi phần.
- ✓ Bản vẽ bảo vệ được in trên khổ giấy A1 ngang.

PHẦN II: SÀN SƯỜN BÊ TÔNG CỐT THÉP TOÀN KHỐI LOẠI BẢN KÊ

I. Sơ đồ kết cấu



Hình1. Sơ đồ kết cấu sàn sườn có bản kê 4 cạnh

-Là loại sàn sườn có sơ đồ kết cấu như hình1, trong đó bản và hệ dầm được thi công toàn khối. Các ô bản có tỉ số $l_2/l_1 < 2$ (bản làm việc theo cả hai phương). Thông thường tỉ số này thường dao động từ 1÷1,5

-Để hợp lý về mặt kết cấu cũng như kinh tế, người ta thường nên chọn l_1,l_2 trong khoảng 4÷6m. Chiều dày bản $h_b = \left(\frac{1}{35} \div \frac{1}{45}\right) l_1$

-Tùy theo kích thước mặt bằng nhà mà ta có thể làm bản đơn hoặc bản liên tục, bản liên tục gồm nhiều ô bê tông đổ liền khối. Gối tựa của bản có thể kê tự do hoặc liên kết cứng.

-Bản liên tục có hai loại sơ đồ:

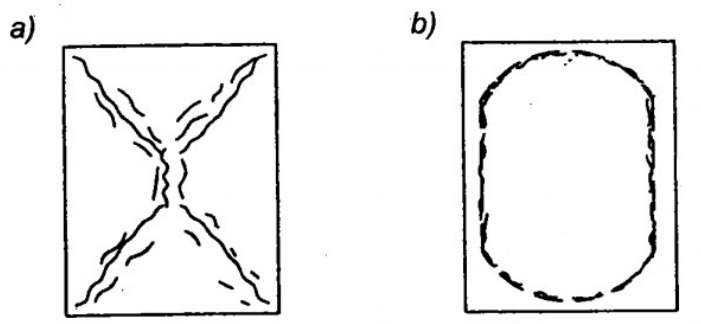
- ✓ Tại chỗ dầm dọc và dầm ngang giao nhau đều có cột, lúc này gọi các dầm là các dầm sàn, không phân biệt dầm chính dầm phụ.
- ✓ Có những dầm dọc không kê trực tiếp lên cột mà chỉ kê lên các dầm ngang thì lúc này dầm dọc là dầm sàn (làm việc gần giống dầm phụ), còn dầm ngang đóng vai trò là dầm chính.

II. Sự làm việc và cấu tạo cốt thép bản

-Bản làm việc theo 2 phương: ở giữa bản có mô men dương M_1, M_2, tại gối có mômen âm M_I, M_{II}.

-Thí nghiệm cho thấy sự phá hoại của một bản kê 4 cạnh từ khi chất tải diễn biến như sau:

- Khi tải trọng là phân bố đều, bốn cạnh tựa khớp, các khe nứt phát triển ở mặt dưới có dạng như hình 2a
- Khi tải trọng phân bố đều nhưng bốn cạnh bản bị ngàm, sơ đồ khe nứt mặt dưới cũng có dạng như 2a, sơ đồ khe nứt mặt trên có dạng như 2b



Hình2. Sơ đồ khe nứt ở bản kê 4 cạnh chịu tải phân bố đều

a)Khe nứt mặt dưới ; b)Khe nứt mặt trên

-Cốt thép trong bản có thể đặt theo phương xiên vuông góc với đường nứt hoặc theo phương song song các cạnh bản. Người ta thường đặt theo phương song song cạnh bản đơn giản cho quá trình thi công.

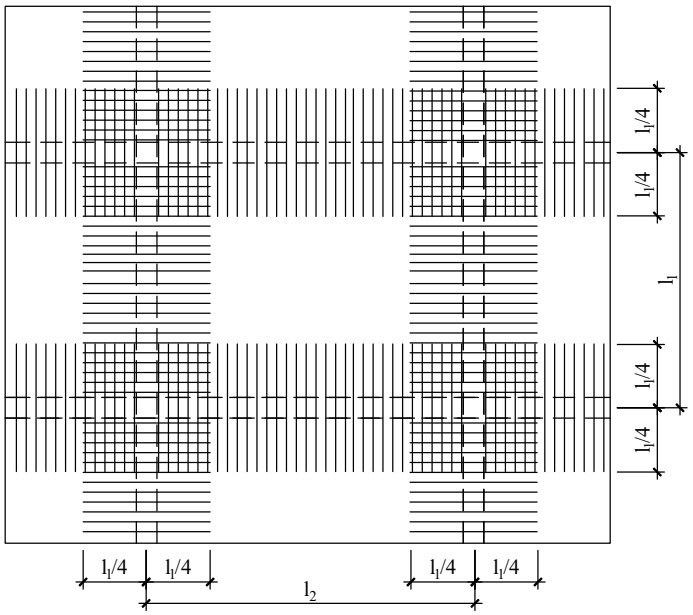
-Lưới thép dưới có thể đặt đều, nhưng để tiết kiệm người ta đặt dày ở giữa, còn các vùng biên trong đoạn l_k thì giảm 1/2 số thanh

+Với cạnh ngàm $l_k=l_1/4$

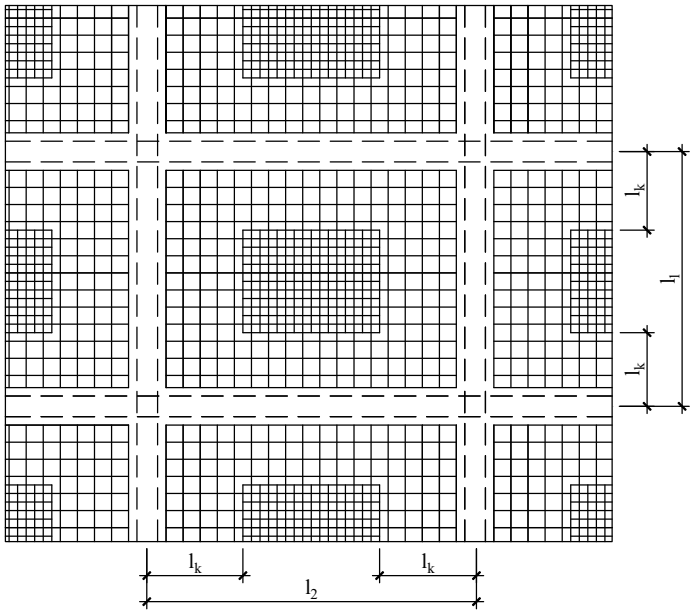
+Với cạnh kê $l_k=l_1/8$

-Khi bản được gối vào tường gạch, trong tính toán người ta thường xem như gối tựa tự do. Tuy vậy vẫn xuất hiện momen âm và phải đặt cốt thép cấu tạo với số lượng không ít hơn 1/3 cốt chịu lực, và không ít hơn ϕ6a200. Tại góc bản cũng chịu momen xoắn và cũng phải đặt thép cấu tạo, số lượng cốt thép theo một phương không ít hơn 1/3÷1/2 cốt thép ở nhịp và không ít hơn 5ϕ6 trên một mét dài.

a)

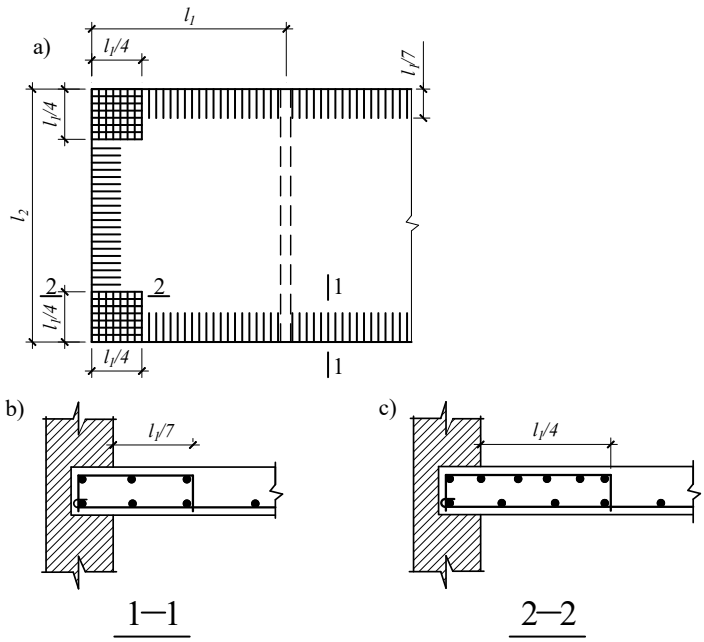


b)



Hình3. Bố trí cốt thép trong sàn có bản kê bốn cạnh

a) Thép chịu momen âm ; b) Thép chịu momen dương



Hình 4. Bố trí cốt thép ở gối tựa tự do (tường)

a) mặt bằng cốt thép bổ sung ; b) Thép chịu momen uốn phụ

c)Thép chịu momen xoắn

III. Xác định nội lực trong bản

a. Nhịp tính toán

Nhịp tính toán được lấy giống như khi tính với bản dầm

- ✓ Khi hai gối tựa liên kết cứng: $l_{ti} = l_{mi}$

  l_{mi} : khoảng cách giữa hai mép gối tựa.

- ✓ Một bên liên kết cứng, một bên kê tự do: $l_{ti} = l_{mi} + \frac{h_b}{2}$

- ✓ Cả hai gối tựa đều kê tự do: $l_{ti} = l_{mi} + h_b$

b. Tải trọng tác dụng lên bản

Hoàn toàn tương tự như đối với bản dầm.

c. Tính toán nội lực

Nội lực trong bản được tính theo sơ đồ đàn hồi hoặc sơ đồ khớp dẻo.

Tính bản theo sơ đồ đàn hồi:

-Xét ô bản chịu tải trọng phân bố đều q

-Để tìm momen và lực cắt theo hai phương x và y (phương l_1 và l_2), theo lý thuyết đàn hồi phải giải phương trình Sophie German-Lagrange:

$$\nabla^4 w = \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2\frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{q}{D} \qquad (1)$$

$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu)^2}$: độ cứng trụ bản

$w_{(x;\,y)}$: hàm độ võng mặt gữa

h : chiều dày của bản

ν : hệ số Poisson.Trong tính toán bản và vỏ mỏng BTCT có thể lấy ν =0

-Quan hệ giữa nội lực và độ võng

$$M_x = D\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right)$$

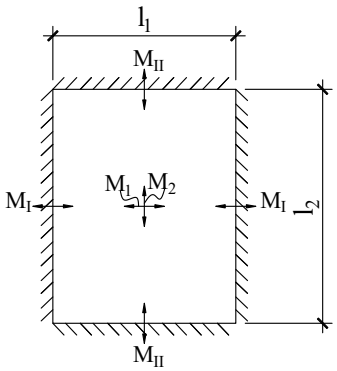
$$M_y = D\left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\right)$$

$$M_{xy} = D(1-\nu)\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}$$

$$Q_x = \frac{\partial M_x}{\partial x} + \frac{\partial M_{xy}}{\partial y}$$

$$Q_y = \frac{\partial M_y}{\partial y} + \frac{\partial M_{xy}}{\partial x}$$

-Với tải phân bố đều có thể dùng các bảng tra lập sẵn:



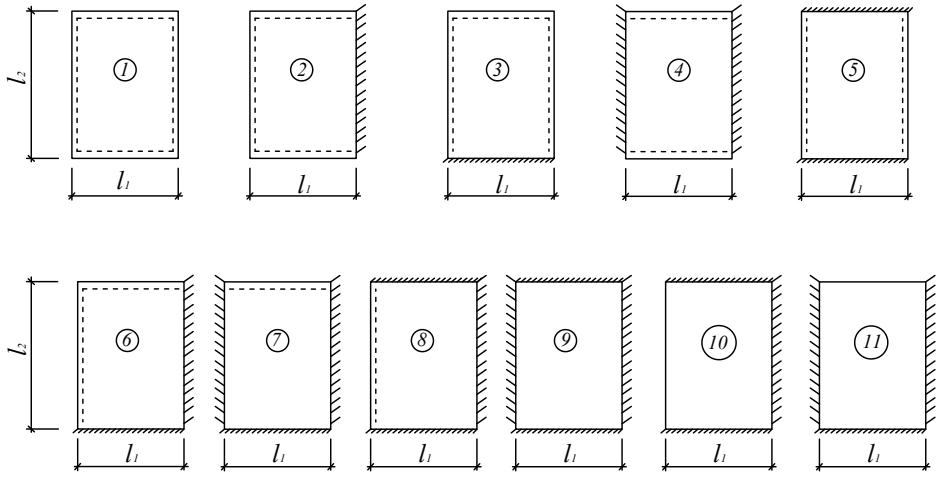
Hình 5. Phân bố momen trong bản kê bốn cạnh

- Momen đơn vị tại nhịp : $M_1 = \alpha_1 P$; $M_2 = \alpha_2 P$

- Momen đơn vị tại gối : $M_I = -\beta_1 P$; $M_{II} = -\beta_2 P$

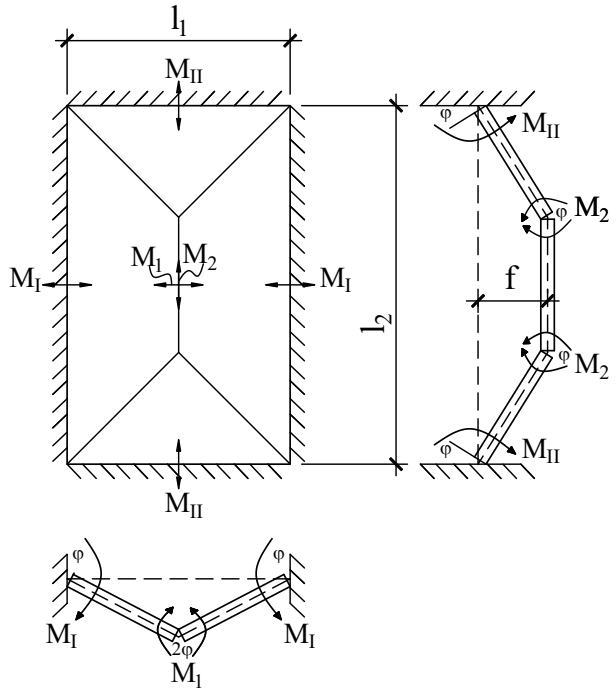
$\alpha_1,\alpha_2,\beta_1,\beta_2$: hệ số tra phụ lục, phụ thuộc vào liên kết bản và tỉ số l_2/l_1

P=q$l_1 l_2$: tổng tải trọng tác dụng



Hình 6. Các loại bản đơn

Tính theo sơ đồ khớp dẻo:



Hình 7. Sơ đồ khớp dẻo bản kê chịu tải trọng phân bố đều

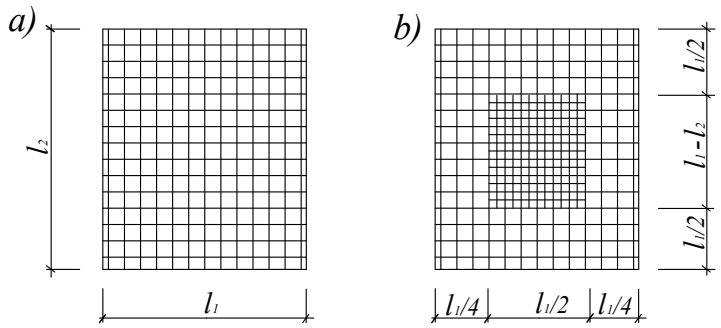
-Khi tính toán theo sơ đồ khớp dẻo, người ta cho rằng, khớp dẻo chia bảng thành những miếng cứng không biến dạng tạo thành hệ bất biến hình tức thời. Nội lực được xác định từ phương trình cân bằng công khả dĩ của nội và ngoại lực.

✓ Công khả dĩ của ngoại lực: $W_q = \int yqdF = q\int ydF = qV$ (2)

$$V = \frac{fl_1(3l_2 - l_1)}{6} \quad (3)$$

$$W_q = \frac{f l_1 (3l_2 - l_1)}{6} q \quad (4)$$

✓ Công khả dĩ của nội lực : $W_M = \sum \varphi_i M_i l_i$ (5)



Hình 8. Bố trí cốt thép trong bản
a) đặt đều; b) đặt không đều

Khi cốt thép đặt đều:

$$W_M = \sum \varphi_i M_i l_i = (2\varphi M_1 + \varphi M_I + \varphi M'_I) l_2 + (2\varphi M_2 + \varphi M_{II} + \varphi M'_{II}) l_1 \quad (6)$$

Xem $\varphi \approx tg\varphi = \frac{2f}{l_1} \Rightarrow$

$$W_M = \left(\frac{2f}{l_1}\right)[(2M_1 + M_I + M'_I) l_2 + (2M_2 + M_{II} + M'_{II}) l_1] \quad (7)$$

$$\Rightarrow q \frac{l_1^2 (3l_2 - l_1)}{12} = (2M_1 + M_I + M'_I) l_2 + (2M_2 + M_{II} + M'_{II}) l_1 \quad (8)$$

Khi cốt thép đặt không đều:

$$q \frac{l_1^2 (3l_2 - l_1)}{12} = (2M_1 + M_I + M'_I) l_2 + (2M_2 + M_{II} + M'_{II}) l_1 - (2M_1 + 2M_2) l_k \quad (9)$$

Người ta thường chọn trước tỉ số giữa chúng để tìm ra momen tại tác tiết diện. Tuy nhiên để biến dạng tại các tiết diện không qua lớn thì các nội lực này không giảm quá 30% so với khi tính toán theo sơ đồ đàn hồi. Chon tỉ số nội lực có thể tham khảo bảng sau:

Bảng .Tỷ số mô men trong bản kê bốn cạnh khi tính theo sơ đồ khớp dẻo

$r = \frac{l_2}{l_1}$	$\frac{M_2}{M_1}$	$\frac{M_I}{M_1}; \frac{M'_I}{M_1}$	$\frac{M_{II}}{M_1}; \frac{M'_{II}}{M_1}$
1÷1,5	1÷0,3	2,5÷1,5	2,5÷0,8
1,5÷2	0,5÷0,15	2÷1	1,3÷0,3

Các công thức trên dùng để tính cho cả bản đơn và bản liên tục.

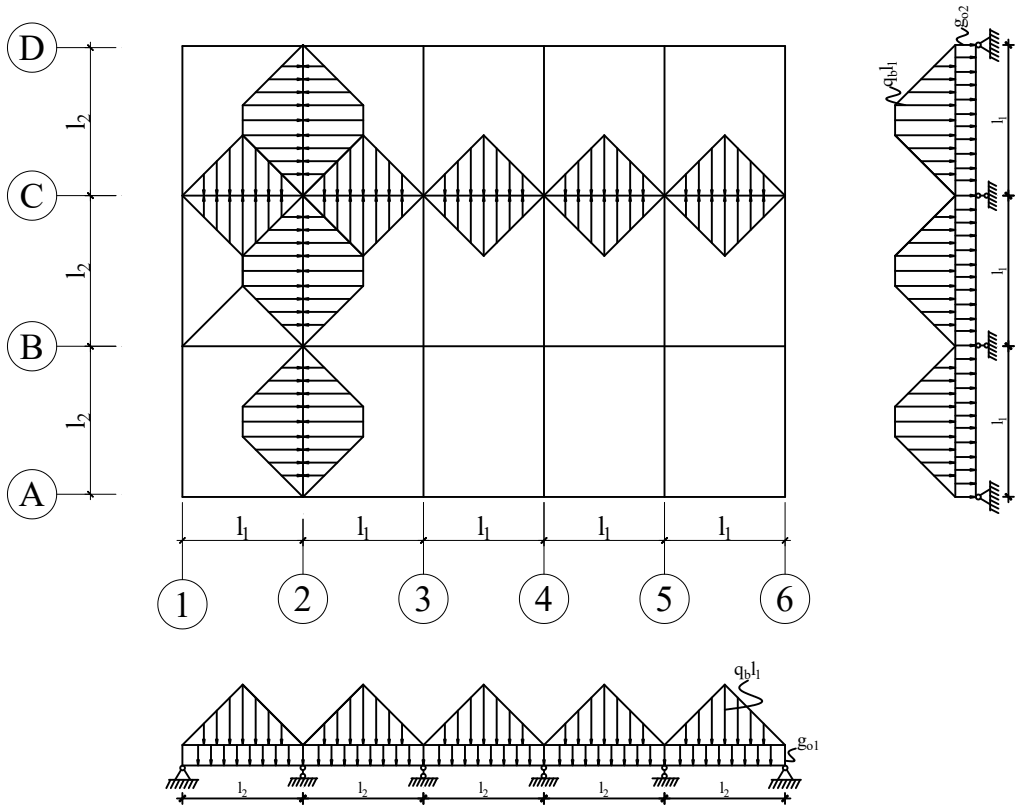
IV. Tính cốt thép

Tính toán cốt thép giống như khi tính với bản dầm nhưng lưu ý một số vấn đề sau:

- ✓ Cốt thép nhịp được tính với M_1, M_2
- ✓ Cốt thép ở gối được tính với M_I , $M_I^{'}$, M_{II} , $M_{II}^{'}$
- ✓ Những ô bản có dầm vây quanh cốt thép được giảm 20% nếu $\frac{l_2}{l_1} < 1{,}5$, 10% nếu $1{,}5 \le \frac{l_2}{l_1} < 2$.

V. Tính toán và cấu tạo dầm

a. Sơ đồ tính



Hình 9. Sơ đồ truyền tải loại bản kê bốn cạnh

Sơ đồ tính xem là các dầm liên tục kê lên các gối tựa là cột, tường hoặc dầm.

b. Tải trọng

Tải trọng từ bản truyền vào dầm với giả thiết đường nứt bản nghiêng 45^0 so với các cạnh của bản, tải trọng từ bản truyền vào dầm theo phương l_1 có dạng tam giác, theo phương l_2 có dạng hình thang (Hình 9)

c. Tính nội lực

-Khi tính theo sơ đồ đàn hồi thì tiến hành tương tự như các phần trước

-Khi tính theo sơ đồ biến dạng dẻo

Mômen ở nhịp biên và gối tựa thứ hai: $M = \pm\left(0,7M_0 + \frac{ql^2}{11}\right)$. (10)

Mômen ở nhịp giữa và gối giữa: $M = \pm\left(0,5M_0 + \frac{ql^2}{16}\right)$. (11)

l: nhịp tính toán của dầm theo sơ đồ khớp dẻo.

M_0: mô men lớn nhất của dầm kê tự do chịu tải trọng do bản truyền xuống.

Với tải tam giác: $M_0 = \frac{(ql_1)l^2}{12}$. (12)

Với tải hình thang: $M_0 = (ql_1)\left(\frac{l^2}{24}\right)\left(3-4\beta^2\right)$. (13)

Với $\beta = \frac{l_1}{2l_2}$

Lực cắt trong dầm:

- ✓ Tại gối thứ nhất: $Q_1 = Q_0 - \frac{M_2}{l}$ (14)
- ✓ Tại bên trái gối thứ hai: $Q_2^T = Q_0 + \frac{M_2}{l}$ (15)
- ✓ Tại bên phải gối 2 và các gối giữa: $Q_2^P = Q_g^T = Q_g^P = Q_0$ (16)

Với Q_0 : lực cắt tại gối của dầm đơn giản.

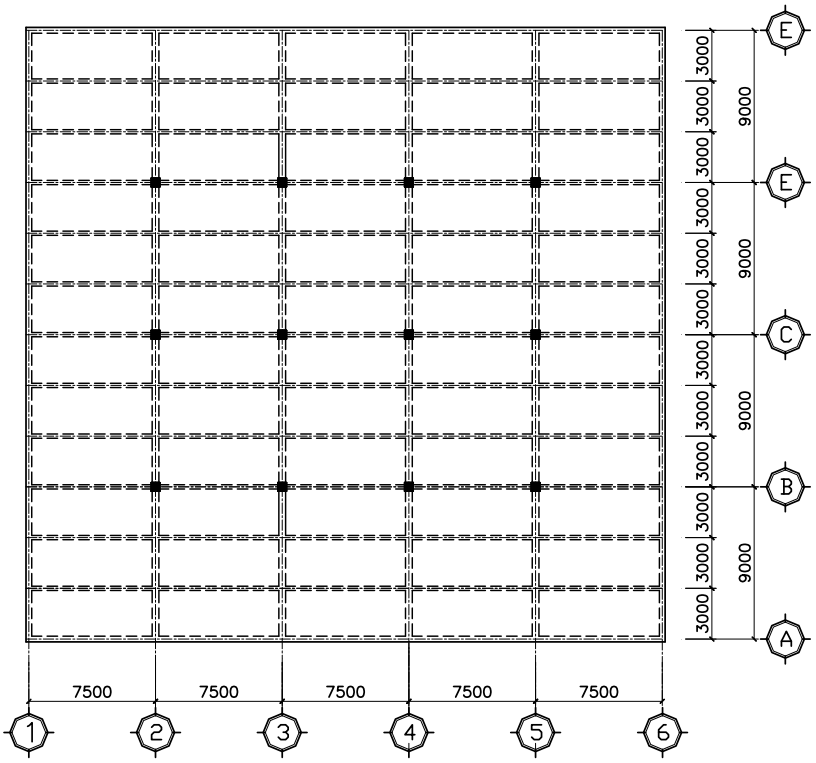
M_2 : mô men tại gối tựa thứ hai.

d. Tính toán và bố trí cốt thép

Hoàn toàn giống như dầm của sàn bản dầm.

PHẦN B: VÍ DỤ TÍNH TOÁN

Cho sơ đồ kết cấu như hình vẽ:



Khoảng cách giữa các trục dầm, trục tường : l_1=3m, l_2=7,5m

Hoạt tải tiêu chuẩn P^{tc}=8kN/m^2

Chiều dày tường 340mm, kích thước cột (500x500)mm

Bê tông B15 có R_b=8,5MPa, R_{bt}=0,75MPa, E_b=23×10^3MPa

Thép: ϕ<10: CI có : R_s=R_{sc}=225 MPa, R_{sw}=175 MPa, E_s=21×10^4MPa

ϕ≥10: CII có : R_s=R_{sc}=280 MPa, R_{sw}=225 MPa, E_s=21×10^4MPa

Yêu cầu:

Thiết kế bản, dầm phụ theo sơ đồ biến dạng dẻo.

Thiết kế dầm chính theo sơ đồ đàn hồi.

I. TÍNH TOÁN BẢN

1. Chọn kích thước các cấu kiện

Bản:

Chọn sơ bộ kích thước bản theo công thức

$$h_b = \frac{D}{m} L_1 = \frac{1,2}{35} \times 3000 = 103(mm) \Rightarrow \text{chọn } h_b = 110(mm).$$

$D = (0,8 \div 1,4)$: hệ số phụ thuộc tải trọng $\Rightarrow$chọn $D = 1,2$

m: hệ số phụ thuộc liên kết của bản; bản dầm chọn $m = 35$

Dầm phụ:

$$h_{dp} = \left(\frac{1}{12} \div \frac{1}{16}\right) l_2 = \left(\frac{1}{12} \div \frac{1}{16}\right) \times 7500 = (469 \div 625)\, mm \qquad \text{Chọn } h_{dp} = 600(mm)$$

$$b_{dp}=\left(\frac{1}{2}\div\frac{1}{4}\right)h_{dp}=\left(\frac{1}{2}\div\frac{1}{4}\right)\times 550=(138\div 275)\,mm \qquad \text{Chọn } b_{dp}=250(mm)$$

Dầm chính:

$$h_{dc}=\left(\frac{1}{8}\div\frac{1}{12}\right)3l_1=\left(\frac{1}{8}\div\frac{1}{12}\right)\times 9000=(750\div 1125)(mm) \qquad \text{Chọn } h_{dc}=950(mm)$$

$$b_{dc}=\left(\frac{1}{2}\div\frac{1}{4}\right)h_{dc}=\left(\frac{1}{2}\div\frac{1}{4}\right)\times 950=(237\div 475)(mm) \qquad \text{Chọn } b_{dc}=400(mm)$$

2. Sơ đồ tính

$\frac{l_2}{l_1}=\frac{7500}{300}=2,5>2$: bản làm việc một phương. Cắt dải có bề rộng b=1m theo phương cạnh ngắn và xem dải bản như một dầm liên tục kê lên các gối tựa là dầm phụ hoặc tường.

Nhịp tính toán của bản:

Nhịp biên: $l_{ob}=l_1-\frac{b_{dp}}{2}-\frac{b_t}{2}+\frac{h_b}{2}=3-\frac{0,25}{2}-\frac{0,34}{2}+\frac{0,11}{2}=2,76(m)$

Nhịp giữa: $l_o=l_1-b_{dp}=3-0,25=2,75(m)$

Chênh lệch giữa các nhịp: $\left(\frac{2,76-2,75}{2,76}\right)\times 100=0,36\%<10\%$

3. Tải trọng tính toán

Tĩnh tải được tính toán như bản sau :

Các lớp cấu tạo bản	Giá trị tiêu chuẩn (kN/m^3)	Hệ số độ tin cậy	Giá trị tính toán (kN/m^2)
Lớp gạch lát dày 10mm γ = 20 kN/m^3	0,01 x 20 = 0,2	1,1	0,22
Lớp vữa lót dày 30mm γ = 18 kN/m^3	0,03 x 18 = 0,54	1,3	0,702
Bản BTCT dày 110mm γ = 25 kN/m^3	0,11 x 25 = 2,75	1,1	3,025
Lớp vữa trát dày 10mm γ = 18 kN/m^3	0,01 x 18 = 0,18	1,3	0,234
Tổng cộng	3,67		4,181

Hoạt tải: $p_b=p^{tc}\times n=8\times 1,2=9,6(kN/m^2)$

Tải trọng toàn phần: $q_b=g_b+p_b=4,18+9,6=13,78(kN/m^2)$

Tính toán với dải bản $b_1=1m$: $q_b=15,36\times 1=13,78(kN/m)$

4. Nội lực tính toán

Mômen uốn tại nhịp biên và gối biên:

$$M_{nb} = M_{gb} = \pm\left(\frac{q_b \times l_{ob}^2}{11}\right) = \pm\left(\frac{13,78 \times 2,76^2}{11}\right) = \pm 9,543(kNm)$$

Mômen uốn tại nhịp giữa và gối giữa:

$$M_{ng} = M_{gg} = \pm\left(\frac{q_b \times l_o^2}{16}\right) = \pm\left(\frac{13,78 \times 2,75^2}{16}\right) = \pm 6,514(kNm)$$

Giá trị lực cắt:

$$Q_A = 0,4 \times q_b \times l_{ob} = 0,4 \times 13,78 \times 2,76 = 15,214(kN)$$

$$Q_B^t = 0,6 \times q_b \times l_{ob} = 0,6 \times 13,78 \times 2,76 = 22,821(kN)$$

$$Q_B^p = Q_C = 0,5 \times q_b \times l_o = 0,5 \times 13,78 \times 2,75 = 18,949(kN)$$

5. Tính cốt thép chịu momen uốn

a. Cốt thép chịu lực

- **Chịu mômen**

Với h_b=110mm>100mm , chọn $a = 20mm \Rightarrow h_b = h - a = 110 - 20 = 90(mm)$

- **Tại gối biên và nhịp biên:** $M = 9,543(kNm)$

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_o^2} = \frac{9,543 \times 10^6}{8,5 \times 1000 \times 90^2} = 0,139 < 0,255$$

$\alpha_m < \alpha_{pl} \Rightarrow$ Đặt cốt đơn.

Với $\alpha_m = 0,139 \Rightarrow \zeta = 0,5\left(1 + \sqrt{1 - 2\alpha_m}\right) = 0,925$

$$A_s = \frac{M}{R_s \zeta h_o} = \frac{9,543 \times 10^6}{225 \times 0,925 \times 90} = 509(mm^2)$$

Kiểm tra: $\mu\% = \frac{A_s}{b_1 h_o} \times 100 = \frac{509}{1000 \times 90} \times 100 = 0,566\%$

$$\mu_{\min}\% = 0,05\%$$

$$\Rightarrow \mu_{\min} < \mu < \mu_{\max}$$

$\Rightarrow$ Hàm lượng cốt thép là hợp lý ($\in [0,3 \div 0,9]$)

Chọn thép $\phi 10$ có : $a_{s1} = 78,54(mm^2)$, khoảng cách giữa các cốt thép:

$$a_1 = \frac{b_1 a_{s1}}{A_s} = \frac{1000 \times 78,54}{509} = 154mm$$

$\Rightarrow$ chọn $\phi 10, a = 150mm$

Kiểm tra lại a: $a_{bt} = c_o + \phi/2 = 15 + 10/2 = 20 = a_{gt}$

- **Tại gối giữa và nhịp giữa:** $M = 6,514(kNm)$

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_o^2} = \frac{6,514 \times 10^6}{8,5 \times 1000 \times 90^2} = 0,095 < \alpha_{pl} = 0,255$$

Với $\alpha_m = 0,095 \Rightarrow \varsigma = 0,950$

$$A_s = \frac{M}{R_s \zeta h_o} = \frac{6,514 \times 10^6}{225 \times 0,950 \times 90} = 339 mm^2$$

$$\mu\% = \frac{A_s}{b_1 h_o} \times 100 = \frac{339}{1000 \times 90} \times 100 = 0,377\%$$

Chọn thép ϕ8 có : $a_{s2} = 50,3 mm^2$, khoảng cách giữa các cốt thép:

$$a_2 = \frac{b_1 a_{s2}}{A_s} = \frac{1000 \times 50,3}{339} = 148(mm)$$

$\Rightarrow$ chọn $\phi 8, a = 140(mm)$

- **Tại các nhịp giữa và gối giữa vùng giảm thép (tối đa 20%)**

$$A_{sg} = 0,8 \times A_s = 0,8 \times 339 = 271 mm^2$$

$$\mu_g\% = \frac{A_{sg}}{b_1 h_o} \times 100 = \frac{271}{1000 \times 90} \times 100 = 0,301\%$$

Chọn thép $\phi 8, a_{s2} = 50,3 mm^2$, khoảng cách giữa các cốt thép:

$$a_3 = \frac{b_1 a_{s2}}{A_{sg}} = \frac{1000 \times 50,3}{271} = 185 mm \Rightarrow \text{chọn } \phi 8a180 mm$$

Kiểm tra lại chiều cao làm việc h_o :

$$h_o^{tt} = 110 - 15 - 0,5 \times 8 = 91 mm > h_o^{gt} = 90 mm$$

$\Rightarrow$Thiên về an toàn

Tóm lại:

- Vùng không giảm thép:

  +Nhịp biên, gối biên: ϕ10a150

  +Nhịp giữa, gối giữa: ϕ8a140
- Vùng giảm thép:

  +Nhịp giữa, gối giữa: ϕ8a180

Chọn chiều dài cắt thép chịu mômen

-Thép mũ: chọn phương án bố trí cốt thép mũ ngắn dài xen kẻ nhau

Ta có: $\frac{p_b}{g_b} = \frac{9,6}{4,18} = 2,296 < 3 \Rightarrow \nu = \frac{1}{4}$

+Đoạn vươn cốt thép mũ dài hơn (chịu mômen âm) tính từ mép dầm phụ :

$$vl_{ob} = \frac{2,76}{4} = 0,69m = 690mm$$

+Đoạn vươn cốt thép ngắn hơn tính từ mép dầm phụ:

$$\frac{1}{6} l_{ob} = \frac{2,76}{6} = 0,46m = 460mm$$

-Thép nhịp: đặt xen kẻ các thanh ngắn dài

+Khoảng cách từ đầu mút của cốt thép ngắn hơn đầu mép tường:

$$\frac{1}{12}l_{ob} = \frac{2,76}{12} = 0,23m = 230mm$$

+Khoảng cách từ đầu mút của cốt thép ngắn hơn đến mép dầm phụ:

$$\frac{1}{8}l_o = \frac{2,75}{8} = 0,344m \approx 340mm$$

- **Cốt thép chịu lực cắt:**

Kiểm tra điều kiện bêtông chịu cắt:

$Q_{max} = Q_B^t = 22,821(kN) < Q_{b\min} = 0,8R_{bt}b_1h_o = 0,8\times0,75\times1000\times90 = 54000N = 54KN$

$\Rightarrow$Thoả điều kiện không cần bố trí thép chịu lực cắt

b.Cốt thép cấu tạo

- Cốt thép phân bố (cốt thép bố trí vuông góc với phương chịu lực)

$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{7,5}{3} = 2,5 \in [2,3] \Rightarrow A_s^{pb} \geq 20\%A_{snhip}$$

+Nhịp biên: $20\%A_{snhipbien} = 0,2\times509 = 102mm^2$

+Nhịp giữa: $20\%A_{snhipgiua} = 0,2\times339 = 68mm^2$

Chọn cốt thép phân bố : $\phi6a250mm(A_s = 113mm^2)$

- Cốt thép mũ chịu mômen âm(chưa kể vào tính toán và bố trí theo cấu tạo)

+Vị trí bản kê lên tường:

$$A_s^{ct} \geq \begin{cases} 50\%A_{snhipbien} = 0,5\times509 = 255mm^2 \\ \phi6a200(A_s = 141,4mm^2) \end{cases}$$

Chọn $\phi8a190mm(A_s = 264,6mm^2)$, chiều dài mũ vươn ra khỏi mép tường :

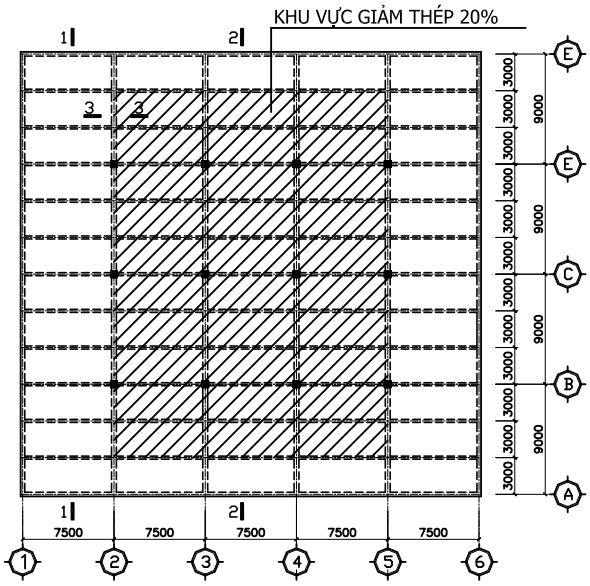
$\left(\frac{1}{7}\div\frac{1}{5}\right)l_{ob} = \left(\frac{1}{7}\div\frac{1}{5}\right)2760 = (394\div552)mm$, chọn 450mm

+Vị trí bản kê lên dầm chính:

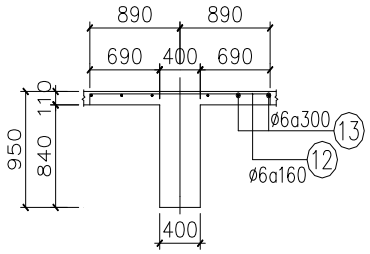
$$A_s^{ct} \geq \begin{cases} 50\%A_{snhipgiua} = 0,5\times339 = 170mm^2 \\ \phi6a200(A_s = 141,4mm^2) \end{cases}$$

Chọn $\phi6a160mm(A_s = 176,7mm^2)$, chiều dài mũ vươn ra khỏi mép dầm chính:

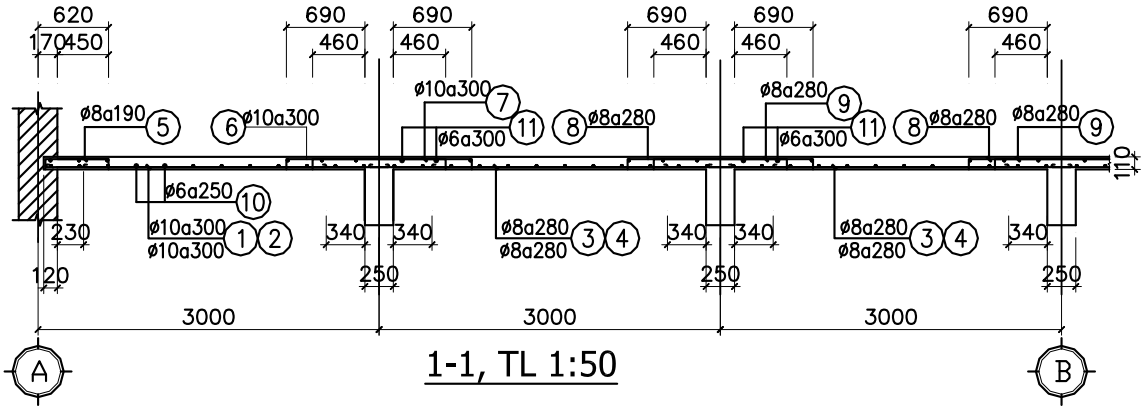
$\frac{1}{4}l_o = \frac{2750}{4} = 688mm$, chọn 690mm



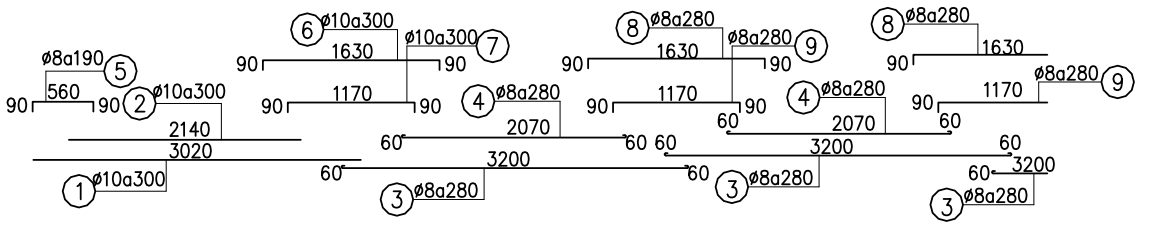
MẶT BẰNG SÀN, TL 1:250

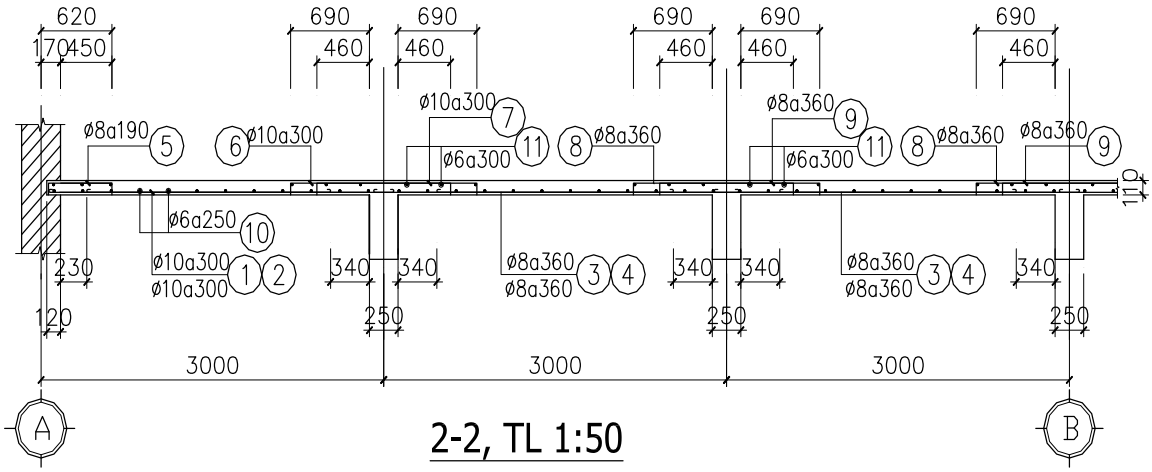


3-3, TL 1:50



1-1, TL 1:50





2-2, TL 1:50

Bố trí cốt thép trong sàn

II. TÍNH TOÁN DẦM PHỤ

1. Sơ đồ tính

Dầm phụ là dầm liên tục 5 nhịp đối xứng kê lên các gối tựa là tường và dầm chính Dầm phụ kê lên tường đoạn không nhỏ hơn 220mm. Trong tính toán lấy, trong ví dụ lấy S_d=220mm (thực tế nên kê dầm phụ lên toàn bộ chiều dày tường để giảm ứng suất ứng suất cục từ đầu dầm truyền lên tường).

Bề rộng dầm chính $b_{dc} = 400mm$.

Nhịp tính toán:

- Nhịp biên:

$$l_{ob} = l_2 - \frac{b_{dc}}{2} - \frac{b_t}{2} + \frac{S_d}{2} = 7,5 - \frac{0,4}{2} - \frac{0,34}{2} + \frac{0,22}{2} = 7,24m$$

- Nhịp giữa:

$$l_o = l_2 - b_{dc} = 7,5 - 0,4 = 7,10m$$

Chênh lệch giữa các nhịp: $\frac{7,24 - 7,1}{7,24} \times 100 = 1,93\% < 10\%$

2. Xác định tải trọng tác dụng lên dầm phụ

a. Tĩnh tải:

-Trọng lượng bản than dầm phụ:

$$g_{odp} = b_{dp}(h_{dp} - h_b)\gamma n = 0,25 \times (0,6 - 0,11) \times 25 \times 1,1 = 3,369(kN/m)$$

-Tĩnh tải từ bản truyền vào dầm phụ:

$$g_b \times l_1 = 4,18 \times 3 = 12,540(kN/m)$$

-Tĩnh tải toàn phần: $g_{dp} = g_{odp} + g_b l_1 = 3,369 + 12,540 = 15,909(KN/m)$

b. Hoạt tải

-Bản truyền vào dầm phụ : $p_{dp} = p_b \times l_1 = 9,6 \times 3 = 28,800(kN/m)$

c. Tải trọng tính toán toàn phần:

$$q_{dp} = g_{dp} + p_{dp} = 15,909 + 28,800 = 44,709(kN/m)$$

3. Nội lực tính toán

a. Mômen uốn:

- Tung độ hình bao mômen nhánh dương:
  - Tại nhịp biên: $M^+ = \beta_1 q_{dp} l_{ob}^2 = \beta_1 \times 44,709 \times 7,24^2 = 2343,538 \times \beta_1$
  - Tại nhịp giữa: $M^+ = \beta_1 q_{dp} l_o^2 = \beta_1 \times 44,709 \times 7,10^2 = 2253,781 \times \beta_1$
- Tung độ mômen hình bao nhánh âm:

$$M^- = \beta_2 q_{dp} l_o^2 = \beta_2 \times 44,709 \times 7,10^2 = 2253,781 \times \beta_2$$

Ta có : $\frac{p_{dp}}{g_{dp}} = \frac{28,800}{15,909} = 1,81$, tra bảng tá có các hệ số $k = 0,264$ với các hệ số β_1, β_2 theo bảng sau:

Bảng tính toán hình bao mômen cho dầm phụ

	Tiết diện	β_1	M^+(kNm)	β_2	M^-(kNm)
	A	0.0000			
Nhịp biên	1	0.0650	152.330		
	2	0.0900	210.918		
	0.425L	0.0910	**213.262**		
	3	0.0750	175.765		
	4	0.0200	46.871		
	B(5)			-0.0715	**-161.145**
Nhịp 2	6	0.0180	40.568	-0.0285	-64.188
	7	0.0580	130.719	-0.0067	-15.145
	0.5 L	0.0625	**140.861**		
	8	0.0580	130.719	-0.0037	-8.384
	9	0.0180	40.568	-0.0225	-50.665
	C(10)			-0.0625	**-140.861**
Nhịp giữa	11	0.0180	40.568	-0.0215	-48.411
	12	0.0580	130.719	-0.0034	-7.618
	0.5L	0.0625	**140.861**	-0.0034	-7.618

- Tiết diện có mômen âm bằng 0 cách mép bên trái gối thứ hai 1 đoạn:

$$x = k \times l_{ob} = 0,264 \times 7,24 = 1,915m = 1915mm$$

- Tiết diện có mômen dương bằng 0 cách mép gối tựa 1 đoạn:

+Tại nhịp biên : $0,15 \times l_{ob} = 0,15 \times 7,24 = 1,086m = 1086mm$

+Tại nhịp giữa : $0,15 \times l_o = 0,15 \times 7,10 = 1,065m = 1065mm$

- Tiết diện có mômen dương lớn nhất cách mép gối tựa:

+Nhịp biên: $0,425 \times l_{ob} = 0,425 \times 7,24 = 3,077m = 3077mm$

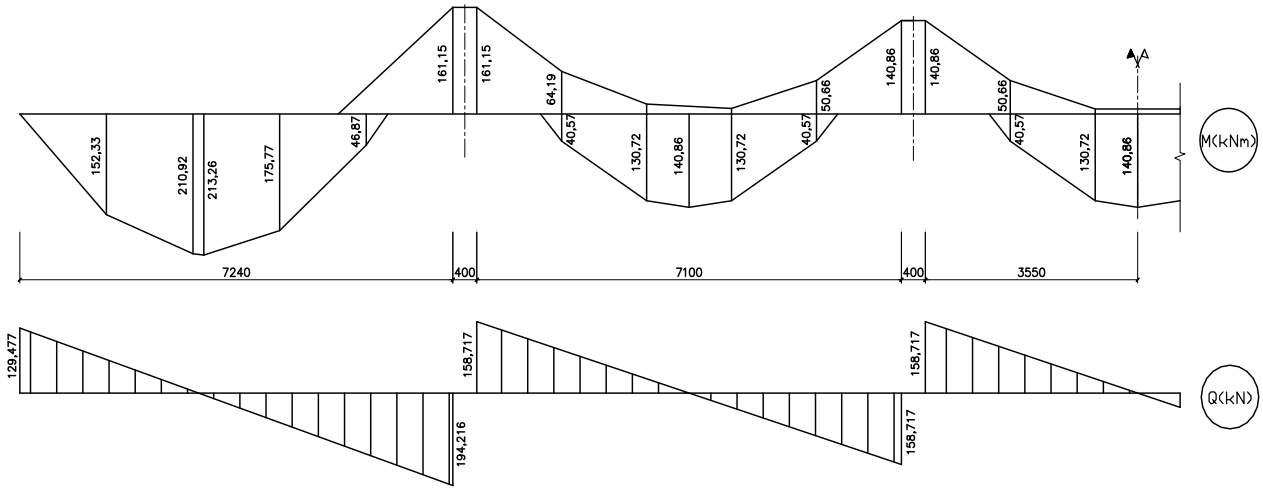
+Nhịp giữa: $0,5 \times l_{ob} = 0,5 \times 7,10 = 3,550m = 3550mm$

b. Lực cắt:

$$Q_A = 0,4 \times q_{dp} \times l_{ob} = 0,4 \times 44,709 \times 7,24 = 129,477kN$$

$$Q_B^t = 0,6 \times q_{dp} \times l_{ob} = 0,6 \times 44,709 \times 7,24 = 194,216kN$$

$$Q_B^p = Q_C = 0,5 \times q_{dp} \times l_o = 0,5 \times 44,709 \times 7,15 = 158,717kN$$



Biểu đồ bao mômen và lực cắt dầm phụ

4. Tính cốt thép dọc

- Bê tông B15:R_b = 8,5 Mpa; R_{bt} = 0,75 MPa
- Cốt thép đai nhóm CI: R_s = R_{sc} = 225 Mpa; R_{sw} = 175 MPa
- Cốt thép dọc nhóm CII: R_s = R_{sc} = 280 Mpa; R_{sw} = 225 Mpa; α_{pl} = 0,255

a. Với mômen âm :

Tính theo tiết diện chữ nhật : b_{dp} = 250mm; h_{dp} = 600mm.

Giả thiết: a = 40mm, $h_0 = h_{dp} - a = 600 - 40 = 560mm$

- **Tại gối 2:** $M = 161,145kNm$

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_o^2} = \frac{161,145\times10^6}{8,5\times250\times560^2} = 0,242 < 0,255$$

Với $\alpha_m = 0,242 \Rightarrow \zeta = 0,859$

$$A_s = \frac{M}{R_s \zeta h_o} = \frac{161,145\times10^6}{280\times0,859\times560} = 1196mm^2$$

Hàm lượng cốt thép: $\mu\% = \frac{A_s}{b_{dp}h_o}\times100 = \frac{1196}{250\times560}\times100 = 0,854\%$

- **Tại gối 3:** $M = 140,861kNm$

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_o^2} = \frac{140,861\times10^6}{8,5\times250\times560^2} = 0,211 < 0,255$$

Với $\alpha_m = 0,211 \Rightarrow \zeta = 0,880$

$$A_s = \frac{M}{R_s \zeta h_o} = \frac{140,861\times10^6}{280\times0,880\times560} = 1021mm^2$$

Hàm lượng cốt thép: $\mu\% = \frac{A_s}{b_{dp}h_o}\times100 = \frac{1021}{250\times560}\times100 = 0,729\%$

b. Với mômen dương:

Tính theo tiết diện chữ T, có cánh nằm trong vùng nén, bề dày h_f =h_b =110mm

Giả thiết: a = 50(mm) $\Rightarrow h_0 = h_{dp} - a = 600 - 50 = 550mm$

Độ vươn ra của cánh S_f không vượt quá các giá trị sau:

- $\frac{1}{6} l_{odp} = \frac{7100}{6} = 1183mm$
- $0,5 l_{ttdp} = \frac{2750}{2} = 1375mm$ (vì h_b = 110 mm > $0,1h_{dp} = 0,1 \times 600$ = 60 mm)

$\Rightarrow S_f \le Min(1192;1375) = 1192mm$

Chọn $S_f = 1190mm$

Bề rộng cánh $b_f = b + 2S_f = 250 + 2 \times 1190 = 2630mm$

Tính :

$M_f = R_b b_f h_f (h_o - 0,5h_f) = 8,5 \times 2630 \times 110 \times (550 - 0,5 \times 110) = 1217,230kNm$

$M^+_{max} = 213,262 < M_f = 1217,230kNm$

$\Rightarrow$ Trục trung hòa đi qua cánh.

Tính theo tiết diện chữ nhật : $b = b_f = 2630mm$ $h = 600mm$

- **Tại nhịp biên:** $M = 213,262kNm$

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_o^2} = \frac{213,262 \times 10^6}{8,5 \times 2630 \times 550^2} = 0,032 < 0,255$$

Với $\alpha_m = 0,032 \Rightarrow \zeta = 0,984$

$$A_s = \frac{M}{R_s \zeta h_o} = \frac{213,262 \times 10^6}{280 \times 0,984 \times 550} = 1407mm^2$$

Hàm lượng cốt thép: $\mu\% = \frac{A_s}{b_{dp} h_o} \times 100 = \frac{1407}{250 \times 550} \times 100 = 1,024\%$

- **Tại nhịp 2, nhịp giữa:** $M = 140,861kNm$

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_o^2} = \frac{140,861 \times 10^6}{8,5 \times 2630 \times 550^2} = 0,021 < 0,255$$

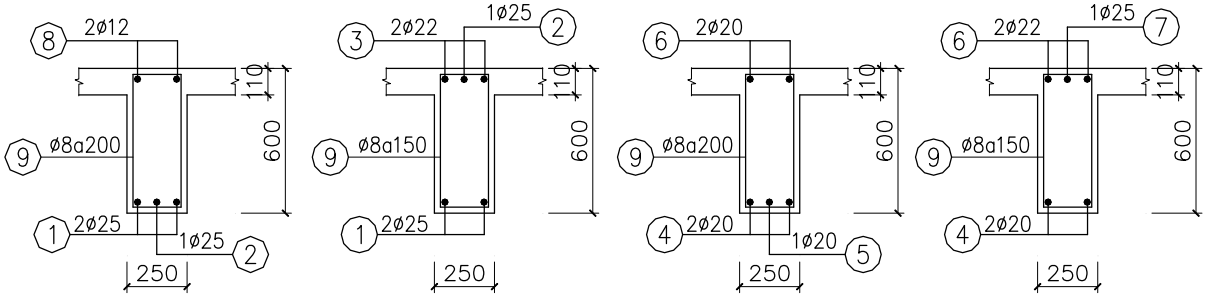
Với $\alpha_m = 0,021 \Rightarrow \zeta = 0,989$

$$A_s = \frac{M}{R_s \zeta h_o} = \frac{140,861 \times 10^6}{280 \times 0,989 \times 550} = 924mm^2$$

Hàm lượng cốt thép: $\mu\% = \frac{A_s}{b_{dp} h_o} \times 100 = \frac{924}{250 \times 550} \times 100 = 0,672\%$

5. Chọn và bố trí cốt thép dọc

Tiết diện	Nhịp biên	Gối 2	Nhịp 2	Gối 3	Nhịp giữa
A_s tính toán (mm^2)	1407	1196	924	1021	924
Cốt thép	2ϕ25+ 1ϕ25	2ϕ22 +1ϕ25	2ϕ20+1ϕ20	2ϕ20+1ϕ25	2ϕ20+1ϕ20
Diện tích (mm^2)	1473	1251	942	1119	942



Bố trí cốt thép dọc chịu lực tại các tiết diện dầm phụ

6. Tính cốt thép ngang

Các giá trị lực cắt trên dầm:

$Q_A = 129,477kN$; $Q_B^t = 194,216kN$; $Q_B^p = Qc = 158,717kN$

- Lấy lực cắt lớn nhất tại bên trái gối 2: $Q_{max} = 194,216kN$ để tính cốt đai, có $h_o = h - a = 600 - 36,6 = 563,4mm$
- Xác định: $Q_{b\min} = \varphi_{b3} R_{bt} b h_o$

Trong đó:

+ $\varphi_{b3} = 0,6$ đối với bê tông nặng .
+ $R_{bt} = 0,75MPa$.

$\Rightarrow Q_{b\min} = 0,6 \times 0,75 \times 250 \times 563,4 = 63382N = 63,382kN$

Vì $Q_A > Q_{max} \Rightarrow$ cần phải tính toán cốt đai .

- Kiểm tra điều kiện đảm bảo độ bền trên dải nghiêng giữa các vết nứt xiên:

$$Q_{max} \le 0,3\varphi_{w1}\varphi_{b1} R_b b h_o$$

Giả thiết: $\varphi_{w1}\varphi_{b1} = 1,0$

$0,3\varphi_{w1}\varphi_{b1} R_b b h_o = 0,3 \times 1,0 \times 8,5 \times 250 \times 563,4 = 359175N = 359,175kN$

Thoả $Q_{max} = 194,216kN < 0,3\varphi_{w1}\varphi_{b1} R_b b h_o = 359,175kN$

- Tính $q_1 = g_{dp} + 0,5 p_{dp} = 15,909 + 0,5 \times 28,800 = 30,309kN/m$

$M_b = \varphi_{b2} R_{bt} b h_0^2$

✓ Trong đó $\varphi_{b2} = 2$: hệ số thực nghiệm đối với bê tông nặng

$\Rightarrow M_b = 2 \times 0,75 \times 250 \times 563,4^2 = 119037000Nmm = 119,037kNm$

$$Q_{b1} = 2\sqrt{M_b q_1} = 2\sqrt{119,037 \times 30,309} = 120,132kN$$

$$\frac{Q_{b1}}{0,6} = \frac{120,132}{0,6} = 200,220kN$$

Như vậy xảy ra trường hợp: $\frac{Q_{b1}}{0,6} = 200,220kN > Q_{\max} = 194,220kN$

Xác định q_{sw} theo công thức:

$$q_{sw} = \frac{Q_{max}^2 - Q_{b1}^2}{4M_b} = \frac{194,220^2 - 120,132^2}{4 \times 119,037} = 48,909kN/m$$

Kiểm tra: $\frac{Q_{\max} - Q_{b1}}{2h_o} = \frac{194,220 - 120,132}{2 \times 563,4} = 65,745kN/m > q_{sw} = 48,909kN/m$

$$\frac{Q_{b\min}}{2h_o} = \frac{63,382}{2 \times 0,563} = 56,593kN/m$$

Lấy $q_{sw} = 65,745kN/m$

Chọn đường kính cốt thép đai $\Phi 6$; $a_{sw} = 28,2mm^2$, 2 nhánh.

$$A_{sw} = na_{sw} = 2 \times 28,3 = 56,6mm^2$$

Khoảng cách tính toán giữa các cốt đai:

$$s^{tt} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{q_{sw}} = \frac{175 \times 56,6}{65,75} = 151mm$$

Với dầm cao h = 600 (mm) (>450 mm)

Thì khoảng cách cấu tạo giữa các cốt đai:

$$s_{ct} = \min\left(\frac{h}{3}; 500mm\right) = \min\left(\frac{600}{3}; 500mm\right) = 200mm$$

Khoảng cách lớn nhất giữa các lớp cốt đai:

$$s_{\max} = \frac{\varphi_{b4} R_{bt} b h_0^2}{Q_{\max}}$$

Trong đó φ_{b4} = 1,5: đối với bê tông nặng

$$s_{\max} = \frac{1,5 \times 0,75 \times 250 \times 563,4^2}{194220} = 454mm$$

Vậy khoảng cách giữa các cốt đai:

$$s \le \min\left(s_{tt}; s_{\max}; s_{ct}\right) = \min\left(151; 454; 200\right) = 151mm$$

$\Rightarrow$ Chọn $\phi 6, s = 150mm$

Tại các gối khác do có lực cắt bé hơn $Q_{\max} = 194,216kN$ nên tính được s^{tt} lớn hơn , để thiên về an toàn có thể chọn s=150mm

Kiểm tra điều kiên cường độ trên tiết diện nghiêng:

Trong đoạn $l_{th} = \frac{l_{ob}}{4} = \frac{7,24}{4} = 1,81m$ tính từ mép gối, bố trí $\phi 6, s = 150mm$, A_{sw} = 2×28,3 = 56,6 (mm^2).

$$\mu_w = \frac{A_{sw}}{bs} = \frac{56,6}{250\times150} = 0,001509$$

$$\alpha = \frac{E_s}{E_b} = \frac{21}{23} = 9,13$$

$$\varphi_{w1} = 1+5\alpha\mu_w = 1+5\times9,13\times0,001509 = 1,069 < 1,3$$

$$\varphi_{b1} = 1-\beta R_b = 1-0,01\times8,5 = 0,915$$

(Nhận thấy $\varphi_{w1}\varphi_{b1} \approx 1$)

Vậy:

$$Q_{bt} = 0,3\varphi_{w1}\varphi_{b1}R_b bh_o = 0,3\times1,069\times0,915\times8,5\times250\times563 = 351,314\times10^3\,N = 351,314kN$$

Hệ số φ_f xét đến ảnh hưởng của cách chịu nén trong tiết diện chữ T. Trong đoạn $l_{th} = 1,81m$ tính từ mép gối, cánh nằm trong vùng kéo, nên $\varphi_f = 0$

Do dầm không chịu nén nên $\varphi_n = 0$

$$\Rightarrow 1+\varphi_f+\varphi_n = 1$$

Xác định:

$$M_b = \varphi_{b2.}\left(1+\varphi_f+\varphi_n\right)R_{bt}bh_0^2 = 2\times1\times0,75\times250\times563,4^2 = 119,03\times10^6\,Nmm = 119,03kNm$$

$$q_{sw} = \frac{R_{sw}A_{sw}}{s} = \frac{175\times56,6}{150} = 66,033N/mm = 66,033kN/m$$

$$0,56q_{sw} = 0,56\times66,033 = 36,978kN/m$$

Tải trọng dài hạn:

$$q_1 = 30,309kN/m < 0,56q_{sw} = 36,978kN/m$$

$$c = \sqrt{\frac{M_b}{q_1}} = \sqrt{\frac{119,03}{30,309}} = 1,982m > \frac{\varphi_{b2}}{\varphi_{b3}}h_o = \frac{2}{0,6}\times0,563 = 1,878m$$

$\Rightarrow$ c= 1,878m

$$Q_b = \frac{M_b}{c} = \frac{119,03}{1,878} = 63,381kN < Q_{b\min} = 63,382kN$$

$$\Rightarrow Q_b = 63,382kN$$

Tính : $c_o = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw}}} = \sqrt{\frac{119,03}{66,033}} = 1,342m > 2h_o = 2\times0,5634 = 1,127m$

$$\Rightarrow c_o = 1,127m$$

$$Q_{sw} = q_{sw}c_o = 66,033\times1,127 = 74,419kN$$

Khả năng chịu lực trên tiết diện nghiêng :

$$Q_u = Q_b + Q_{sw} = 63,382+74,419 = 137,801kN$$

Lực cắt cuối tiết diện nghiêng:

$$Q^* = Q_{max} - q_1c = 194,220-30,309\times1,878 = 137,299kN$$

$$Q_u = 137,801kN > Q^* = 137,299kN$$

Vậy : điều kiện cường độ trên tiết diện nghiêng được đảm bảo .

7. Tính, vẽ hình bao vật liệu

a. Tính khả năng chịu lực

– **Tại nhịp biên:**

Chịu momen dương, tiết diện chữ T có cánh nằm trong vùng nén, bề rộng cánh b= b_f = 2630mm, bố trí cốt thép 2ϕ25 + 1ϕ25, diện tích A_s = 1473mm^2

✓ Lấy lớp bê tông bảo vệ là $c_1 \geq 25$

Chọn c_1 = 30mm

$$a = c_1 + \frac{\phi}{2} = 25 + \frac{25}{2} = 37,5mm \Rightarrow h_o = 600 - 37,5 = 562,5mm > 550mm$$

$$\xi = \frac{R_s A_s}{R_b b_f h_0} = \frac{280 \times 1473}{8,5 \times 2630 \times 562,5} = 0,033$$

$$x = \xi h_o = 0,033 \times 562,5 = 19mm < h_f = 110mm$$

$\Rightarrow$Trục trung hòa đi qua cánh:

$$\zeta = 1 - 0,5\xi = 1 - 0,5 \times 0,033 = 0,984$$

$$M_{td} = R_s A_s \zeta h_o = 280 \times 1473 \times 0,984 \times 562,5 = 228,14 \times 10^6 Nmm = 228,14kN$$

Kết quả tính toán khả năng chịu lực ghi trong bảng mọi tiết diện độ tính toán theo trường hợp tiết diện đặt cốt thép đơn (với tiết diện chịu mômen dương thay b = b_f)

$$\xi = \frac{R_s A_s}{R_b b\ h_0};\ \zeta = 1 - 0,5\xi;\ M_{td} = R_s A_s \zeta h_o$$

Tiết diện	Số lượng	A_s(mm^2)	a^{tt}(mm)	h_o(mm)	ξ	ζ	M_{td}(KNm)
Nhịp biên	2ϕ25+1ϕ25	1473	37.5	562.5	0.033	0.984	228.14
Cạnh nhịp biên	Uốn 1ϕ25 còn 2ϕ25	982	37.5	562.5	0.022	0.989	152.94
Gối 2	2ϕ22+1ϕ25	1251	36.6	563.4	0.293	0.854	168.50
Cạnh gối 2	cắt 1ϕ25 còn 2ϕ22	760	36.0	564.0	0.178	0.911	109.40
Nhịp giữa	2ϕ20+1ϕ20	942	35.0	565.0	0.021	0.990	147.54
Cạnh nhịp giữa	Cắt 1ϕ20 còn 2ϕ20	628	35.0	565.0	0.014	0.993	98.71
Gối giữa	2d20+1ϕ25	1119	36.1	563.9	0.262	0.869	153.61
Cạnh gối giữa	cắt 1ϕ25 còn 2ϕ20	628	35.0	565.0	0.147	0.927	92.12

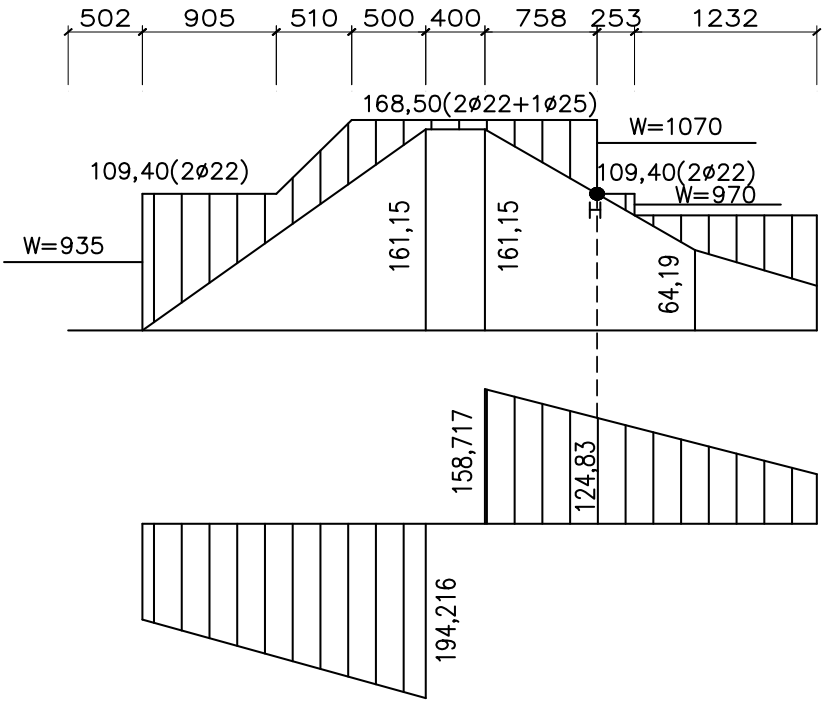
b. Xác định mặt cắt lý thuyết của các thanh

-Cốt thép số 2(1ϕ25) đầu bên phải sau khi cắt, tiết diện bên phải gối 2 còn lại 2ϕ22 ở phía trên, khả năng chịu lực ở thớ trên là 109,40kNm. Biểu đồ vật liệu cắt biểu đồ mômen ở điểm H. Đây là mặt cắt lý thuyết của cốt thép số 2 .Bằng quan hệ hình học $\Rightarrow$ xác định khoảng cách từ điểm H mép gối 2 là: x= 758mm

Xác định đoạn kéo dài W_2 bằng quan hệ hình học giữa các tam giác đồng dạng lực cắt tương đương tại điểm H là: $Q = 124,83kN$

+Khu vực này cốt đai được bố trí là : $\phi 6a150$

$$+q_{sw}=\frac{R_{sw}A_{sw}}{s}=\frac{175\times 56,6}{150}=66,033N/mm=66,033kN/m$$



Hình vẽ tính mặt cắt lý thuyết thanh thép số 2

Do tại khu vực cắt cốt thép số 2 không bố trí cốt xiên nên: $Q_{s,inc}=0$

$$\Rightarrow W_2=\frac{Q-Q_{s,inc}}{2q_{sw}}+5\phi=\frac{124,83-0}{2\times 66,033}\times 1000+5\times 25=1070mm>20\phi=20\times 25=500mm$$

Điểm cắt thực tế cách mép gối 2 một đoạn :

Z= 758 + 1070 = 1828mm làm tròn thành 1830mm

Tiến hành tương tự cho cốt thép khác, kết quả theo bảng sau:

Cốt thép	Mặt cắt lý thuyết(mm)	W(mm)	Z(mm)
Cốt thép số 2 (phải)	Cách mép phải gối 2: 758	$W_2^p=1070$	1830
Cốt thép số 3 (trái)	Cách mép trái gối 2: 1915	$W_3^t=935$	2850
Cốt thép số 3 (phải)	Cách mép phải gối 2: 1011	$W_3^p=970$	2000
Cốt thép số 7 (trái)	Cách mép trái gối giữa:767	$W_7^t=1067$	1840
Cốt thép số 7 (phải)	Cách mép trái gối giữa:767	$W_7^p=1067$	1840

8. Kiểm tra về uốn cốt thép

Cốt thép số 2 được sử dụng kết hợp vừa chịu mômen dương ở nhịp biên, vừa chịu momen âm tại gối 2, nó được uốn tại bên trái gối 2 .

Nếu coi cốt thép số 2 được uốn từ gối trên xuống, điểm bắt đầu uốn cách tiết diện trước 500mm > $\frac{h_o}{2} = \frac{562,5}{2}$, điểm kết thúc uốn nằm ngoài tiết diện sau.

9. Kiểm tra và neo cốt thép

Cốt thép ở phía dưới sau khi được uốn, cắt, số còn lại khi kéo vào gối đều phải đảm bảo lớn hơn 1/3 diện tích cốt thép ở giữa nhịp:

+Nhịp biên 2ϕ25 + 1ϕ25 uốn 1ϕ25 còn 2ϕ25, diện tích còn 66,7% khi vào gối.

+Nhịp giữa 2ϕ20 + 1ϕ20 cắt 1ϕ20 còn 2ϕ20,diện tích còn 66,7% khi vào gối.

❖ Điều kiện tại gối :

$$Q_{b(c=h_o)} = \frac{\varphi_{b4} R_{bt} b h_o^2}{c} = \frac{1,5 \times 0,75 \times 250 \times 562,5^2}{1125} = 79,101kN$$

Tại gối A : $Q_A = 129,477 > 79,101kN$

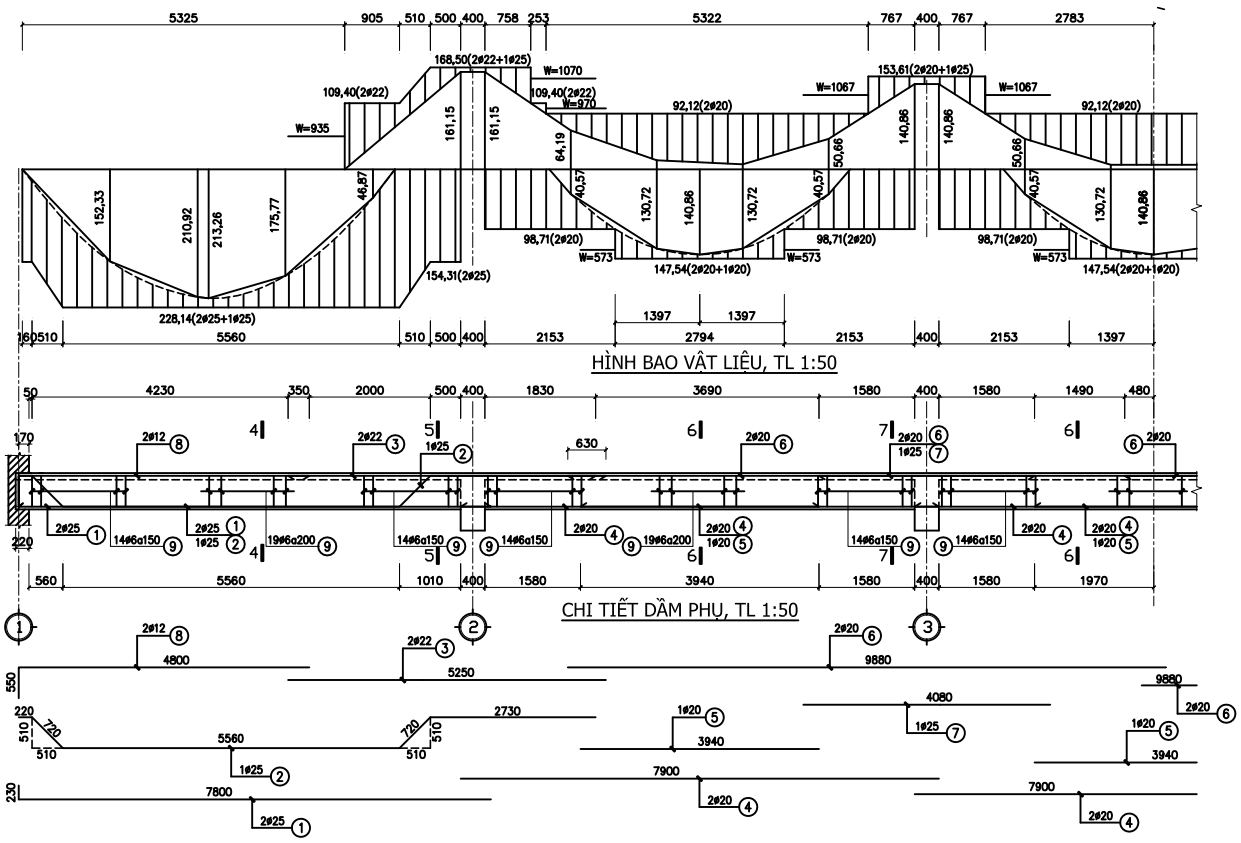
Như vậy : $l_a = 15\phi = 15 \times 25 = 375mm$

10. Cốt thép cấu tạo

Cốt thép số 8 (2ϕ12) : Cốt thép này được sử dụng làm cốt dọc cấu tạo ở nhịp biên,trong đoạn không có momen âm.

Diện tích cốt thép là 226mm^2 không nhỏ hơn:

$$0,1\%bh_o = 0,1\% \times 250 \times 562,5 = 140,63mm^2$$



Bố trí cốt thép và hình bao vật liệu dầm phụ

III. TÍNH TOÁN DẦM CHÍNH

1. Sơ đồ tính

Dầm chính là dầm liên tục bốn nhịp, kích thước tiết diện dầm h_{dc}=950mm,b_{dc}=400mm, bề rộng cột b_c=500mm,đoạn dầm kê lê tường bằng chiều dày tường b_t=340mm. Nhịp tính toán ở nhịp biên và nhịp giữa lấy theo trục l=3l_1=9m.

Sơ đồ tính toán trên hình vẽ sau :

2. Tải trọng tính toán

Trọng lượng bản thân dầm quy về các lực tập trung :

$$G_o = b_{dc}(h_{dc} - h_b)\gamma n l_1 = 0,4\times(0,95-0,11)\times 25\times 1,1\times 3 = 27,720kN$$

Tĩnh tải do dầm phụ truyền vào:

$$G_1 = g_{dp} l_2 = 15,909\times 7,5 = 119,318kN$$

Tĩnh tải tác dụng tập trung:

$$G = G_o + G_1 = 27,720 + 119,318 = 147,038kN$$

Hoạt tải tác dụng truyền vào từ dầm phụ:

$$P = p_{dp} l_2 = 28,800\times 7,5 = 216,000kN$$

3. Nội lực tính toán

a. Xác định biểu đồ bao mômen

Tìm các trường hợp tải trọng tác dụng gây bất lợi cho dầm

+Xác định biểu đồ mômen uốn do tĩnh tải G :

Tra bảng phụ lục, được hệ số α, ta có: $M_G = \alpha G l = 147,038\times 9 = 1323,34\alpha$

+Xác định các biểu đồ mômen uốn do các hoạt tải P_i tác dụng (xét sáu trường hợp bất lợi cho hoạt tải)

Ta có : $M_{P_i} = \alpha P l = \alpha\times 216,000\times 9 = 1944\alpha$

Trong sơ đồ trường hợp M_{P3}, tiết diện 1,2,3,4 còn thiếu α, để tính toán tiến hành cắt rời các nhịp AB,BC dùng phương pháp treo biểu đồ để tính momen:

$$M_o = Pl_1 = 216\times 3 = 648kNm$$

$$M_1 = 648 - \frac{624,024}{3} = 439,992kNm$$

$$M_2 = 648 - \frac{2\times 624,024}{3} = 231,984kNm$$

$$M_3 = 648 - \frac{2}{3}(624,024 - 93,312) - 93,312 = 200,880kNm$$

$$M_4 = 648 - \frac{1}{3}(624,024 - 93,312) - 93,312 = 377,784kNm$$

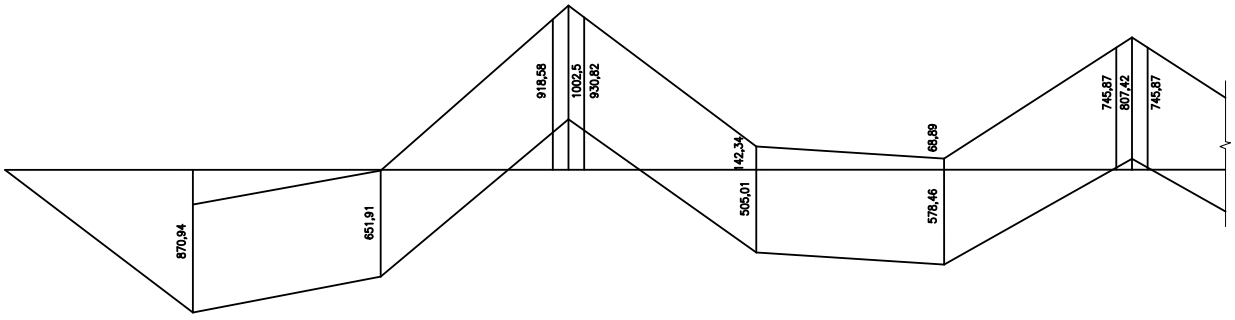
Tương tự cho các vị trí còn thiếu.

Kết quả tính toán ghi trong bảng sau :

Momen(kNm)		1	2	B	3	4	C
M_G	α	0.238	0.143	-0.286	0.079	0.111	-0.19
	M	314.954	189.237	-378.475	104.544	146.890	-251.434
M_{P1}	α	0.286	0.238	-0.143	-0.127	-0.111	-0.095
	M	555.984	462.672	-277.992	-246.888	-215.784	-184.680
M_{P2}	α	-0.048	-0.095	-0.143	0.206	0.222	-0.095
	M	-93.312	-184.68	-277.992	400.464	431.568	-184.680
M_{P3}	α			-0.321			-0.048
	M	439.992	231.984	-624.024	200.880	377.784	-93.312
M_{P4}	α	-0.031	-0.063	-0.095			-0.286
	M	-60.264	-122.47	-184.680	339.552	215.784	-555.984
M_{P5}	α			-0.19			0.095
	M	439.992	401.760	-369.360	-184.680	0.000	184.680
M_{P6}	α			0.036			-0.143
	M	23.328	46.656	69.984	-46.008	-162.000	-277.992
M_{max}		870.94	651.91	-308.49	505.01	578.46	-66.75
M_{min}		221.64	4.56	-1002.50	-142.34	-68.89	-807.42

Tung độ của biểu đồ bao mômen:

$$M_{max} = M_G + max\left(M_{Pi}\right), M_{min} = M_G + min\left(M_{Pi}\right)$$



Biểu đồ bao momen dầm chính

Để tính toán cốt thép tại gối ta dùng momen tại mép gối. Xác định momen tại mép gối như sau:

+Gối 2:

$$M_{mg} = M_g - \left(M_g - M_E\right)\frac{0,5b_c}{l_1}$$

$$= 1002,50 - \left(1002,50 - 142,34\right)\frac{0,5 \times 0,5}{3} = 930,82kNm$$

+Tương tự tại gối 3 :

$$M_{mg} = 745,87kNm$$

b. Xác định biểu đồ bao lực cắt

Tung độ của biểu đồ bao lực cắt :

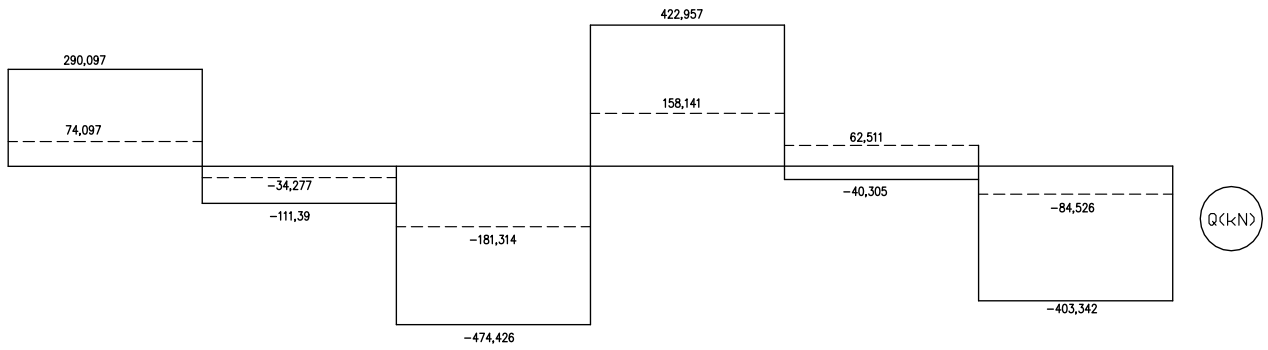
+Do tác dụng tĩnh tải G : $Q_G = \beta G = 147,038 \times \beta$

+Do tác dụng của hoạt tải P_i $Q_{Pi} = \beta P = 216 \times \beta$

Trong đó hệ số β tra phụ lục. Trong đoạn giữa nhịp suy ra Q theo phương pháp mặt cắt. Ví dụ ở nhịp biên: $Q=Q_A-G=104,985-147,038=-42,053kN$

Kết quả ghi trong bảng sau :

Lực cắt (kN)		Phải gối A	Giữa nhịp biên	Trái gối B	Phải gối B	Giữa nhịp 2	Trái gối C
QG	β	0.714		-1.286	1.005		-0.995
	Q	104.985	-42.053	-189.090	147.773	0.735	-146.302
Qp1	β	0.857		-1.143	0.048		
	Q	185.112	-30.888	-246.888	10.368	10.368	10.368
Qp2	β	-0.143		-0.143	1.048		-0.952
	Q	-30.888	-30.89	-30.888	226.368	10.368	-205.632
Qp3	β	0.679		-1.321	1.274		-0.726
	Q	146.664	-69.336	-285.336	275.184	59.184	-156.816
Qp4	β	-0.095		-0.095	0.81		-1.19
	Q	-20.520	-20.52	-20.520	174.960	-41.040	-257.040
Qp5	β	0.81		-1.19	0.286		0.286
	Q	174.960	-41.040	-257.040	61.776	61.776	61.776
Qp6	β			0.036	-0.178		
	Q	7.776	7.776	7.776	-38.448	40.392	40.392
Q_{max}		290.097	-34.277	-181.314	422.957	62.511	-84.526
Q_{min}		74.097	-111.39	-474.426	158.141	-40.305	-403.342



Biểu đồ bao lực cắt dầm chính

4. Tính cốt thép dọc

Bê tông cấp độ bền B15 có R_b=8,5MPa. Cốt thép CII có R_s=R_{sc}=280MPa

Tra phụ lục: $\xi_R = 0,65; \alpha_R = 0,439$ (ứng với $\gamma_{b2} = 1$)

a. Với mômen âm:

Tính theo tiết diện chữ nhật : b_{dc} = 400mm; h_{dc} = 950mm.

- **Tại gối 2:** $M_{mg} = 930,812kNm$

  Giả thiết: a = 80mm, $h_0 = h_{dc} - a = 950 - 80 = 870mm$

  $$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_o^2} = \frac{930,819 \times 10^6}{8,5 \times 400 \times 870^2} = 0,362 < \alpha_R = 0,439$$

  Với $\alpha_m = 0,362 \Rightarrow \zeta = 0,763$

  $$A_s = \frac{M}{R_s \zeta h_o} = \frac{930,819 \times 10^6}{280 \times 0,763 \times 870} = 5008mm^2$$

  Hàm lượng cốt thép: $\mu\% = \frac{A_s}{b_{dc} h_o} \times 100 = \frac{5008}{400 \times 870} \times 100 = 1,439\%$

- **Tại gối 3:** $M_{mg} = 745,874kNm$

  Giả thiết: a = 65mm, $h_0 = h_{dc} - a = 950 - 65 = 885mm$

  $$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_o^2} = \frac{745,874 \times 10^6}{8,5 \times 400 \times 885^2} = 0,280 < \alpha_R = 0,439$$

  Với $\alpha_m = 0,280 \Rightarrow \zeta = 0,832$

  $$A_s = \frac{M}{R_s \zeta h_o} = \frac{745,874 \times 10^6}{280 \times 0,832 \times 885} = 3620mm^2$$

  Hàm lượng cốt thép: $\mu\% = \frac{A_s}{b_{dc} h_o} \times 100 = \frac{3620}{400 \times 885} \times 100 = 1,022\%$

b. Với mômen dương

Tính theo tiết diện chữ T, có cánh nằm trong vùng nén, bề dày h_f =h_b =110mm

Giả thiết: a = 70(mm) $\Rightarrow h_0 = h_{dp} - a = 950 - 80 = 880mm$

Độ vươn ra của cánh S_f không vượt quá các giá trị sau:

$$\frac{1}{6} l_{dc} = \frac{9000}{6} = 1500mm$$

$$0,5 l_{ttdc} = \frac{7100}{2} = 3550mm \text{ (vì } h_b = 110 \text{ mm} > 0,1 h_{dc} = 0,1 \times 950 = 95 \text{ mm)}$$

$\Rightarrow S_f \le Min(1500; 3550) = 1500mm$

Chọn $S_f = 1500mm$

Bề rộng cánh $b_f = b + 2S_f = 400 + 2 \times 1500 = 3400mm$

Tính :

$M_f = R_b b_f h_f (h_o - 0,5 h_f) = 8,5 \times 3400 \times 110 \times (880 - 0,5 \times 110) = 2590,885kNm$

$M^{+}_{\max} = 970,938 < M_f = 2590,885 kNm$

$\Rightarrow$ Trục trung hòa đi qua cánh.

Tính theo tiết diện chữ nhật : $b = b_f = 3400mm \quad h = 950mm$

- **Tại nhịp biên:** $M = 970,938 kNm$

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_o^2} = \frac{970,938 \times 10^6}{8,5 \times 3400 \times 880^2} = 0,039 < \alpha_R = 0,439$$

Với $\alpha_m = 0,039 \Rightarrow \zeta = 0,980$

$$A_s = \frac{M}{R_s \zeta h_o} = \frac{270,938 \times 10^6}{280 \times 0,980 \times 880} = 3606 mm^2$$

Hàm lượng cốt thép: $\mu\% = \frac{A_s}{b_{dc} h_o} \times 100 = \frac{3606}{400 \times 880} \times 100 = 1,025\%$

- **Tại nhịp giữa :** $M = 578,458 kNm$

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_o^2} = \frac{578,458 \times 10^6}{8,5 \times 3400 \times 880^2} = 0,026 < \alpha_R = 0,439$$

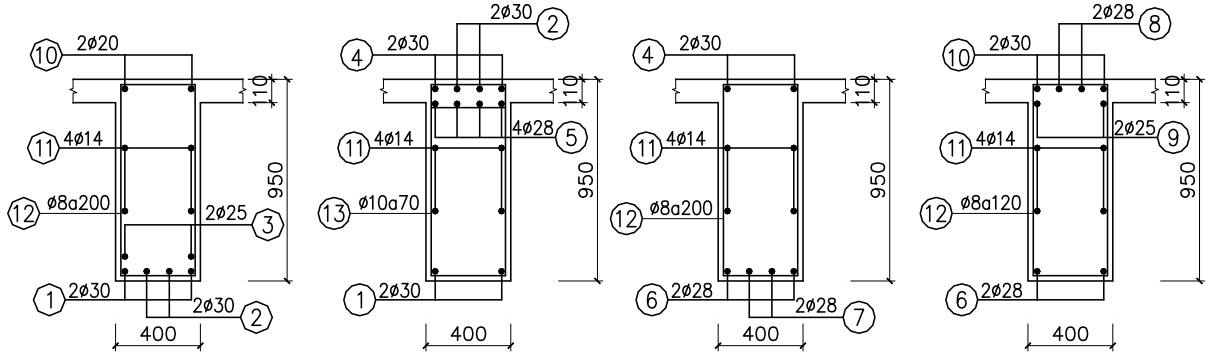
Với $\alpha_m = 0,026 \Rightarrow \zeta = 0,987$

$$A_s = \frac{M}{R_s \zeta h_o} = \frac{578,458 \times 10^6}{280 \times 0,987 \times 880} = 2379 mm^2$$

Hàm lượng cốt thép: $\mu\% = \frac{A_s}{b_{dc} h_o} \times 100 = \frac{2379}{400 \times 880} \times 100 = 0,676\%$

Bảng bố trí cốt thép dọc cho các tiết diện chính của dầm:

Tiết diện	Nhịp biên	Gối B	Nhịp 2	Gối C
A_s tính toán (mm^2)	3606	5008	2379	3620
Cốt thép	2ϕ30+ 2ϕ30 + 2ϕ25	2ϕ30 +2ϕ30 +4ϕ28	2ϕ28+2ϕ28	2ϕ30+2ϕ28 + 2ϕ25
Diện tích (mm^2)	3809	5290	2463	3627



8-8, TL 1:25 9-9, TL 1:25 10-10, TL 1:25 11-11, TL 1:25

Bố trí cốt thép dọc chịu lực tại các tiết diện dầm chính

5. Tính cốt thép chịu lực cắt

Tính cốt đai khi không có cốt xiên

- Bên phải gối A,dầm có lực cắt $Q_A^p = 290,097kN$ là hằng số trong đoạn l_1
- Bên trái gối B,dầm có lực cắt $Q_B^t = 474,426kN$ là hằng số trong đoạn l_1
- Bên phải gối B,dầm có lực cắt $Q_B^p = 422,957kN$ là hằng số trong đoạn l_1

- Đoạn có $Q_A^p = 290,097kN$

-Dự kiến bố trí cốt đai, không cốt xiên

-Kiểm tra điều kiện tính toán cốt ngang:

$Q_{b\min} \le Q \le 0,3R_b bh_o$

$Q_{b\min} = \varphi_{b3} R_{bt} bh_o = 0,6 \times 0,75 \times 400 \times (950 - 59,8) = 160236N = 160,236kN$

$0,3R_b bh_o = 0,3 \times 8,5 \times 400 \times 890,2 = 908004N = 908,004kN$

$160,236kN < Q = 290,097kN < 908,004kN \Rightarrow$Thoả điều kiện tinh cốt ngang

Tính các đại lượng cần thiết:

$M_b = 2R_{bt} bh_o^2 = 2 \times 0,75 \times 400 \times 890,2^2 = 475,473 \times 10^6 Nmm = 475,473kNm$

$C_1 = l_1 - 0,5b_c = 3 - 0,5 \times 0,5 = 2,75m < \dfrac{\varphi_{b2}}{\varphi_{b3}} h_o = \dfrac{2}{0,6} \times 890,2 = 2967mm = 2,967m$

$Q_{b1} = \dfrac{M_b}{C_1} = \dfrac{475,473}{2,75} = 172,899kN$

$\chi_1 = \dfrac{Q - Q_{b1}}{Q_{b1}} = \dfrac{290,097 - 172,899}{172,899} = 0,678$

$\chi_{01} = \dfrac{Q_{b\min}}{Q_{b1}} \dfrac{C_o}{2h_o} = \dfrac{160,236}{172,899} \times \dfrac{2 \times 0,89}{2 \times 0,89} = 0,927$

(Lấy $C_o = 2h_o$)

$\chi_1 = 0,678 < \chi_{01} = 0,927$

Lực phân bố cốt đai phải chịu:

$q_{sw} = \dfrac{Q}{C_o} \dfrac{\chi_{01}}{\chi_{01} + 1} = \dfrac{290,097}{2 \times 0,89} \times \dfrac{0,927}{1,927} = 78,4kN/m$

Chọn cốt đai ϕ8, 2 nhánh, diện tích lớp cốt đai $A_{sw} = 2 \times 50,3 = 100,6mm^2$

Khoảng cách bố trí cốt đai theo tính toán:

$s_{tt} = \dfrac{R_{sw} A_{sw}}{q_{sw}} = \dfrac{175 \times 100,6}{78,4} = 225mm$

Với dầm cao h = 950 (mm) (>450 mm)

Thì khoảng cách cấu tạo giữa các cốt đai:

$$s_{ct} = \min\left(\frac{h}{3}; 500mm\right) = \min\left(\frac{950}{3}; 500mm\right) = 317mm$$

Khoảng cách lớn nhất giữa các lớp cốt đai:

$$s_{max} = \frac{\varphi_{b4} R_{bt} b h_0^2}{Q}$$

$$s_{max} = \frac{1,5 \times 0,75 \times 400 \times 890,2^2}{290097} = 1229mm$$

Vậy khoảng cách giữa các cốt đai:

$$s \le \min\left(s_{tt}; s_{max}; s_{ct}\right) = \min\left(225; 1229; 317\right) = 225mm$$

$\Rightarrow$ Chọn $\phi 8, s = 200mm$ cho khu vực gần gối A

Tương tự bên phải gối B có $Q_B^p = 422,957kN$ ta tính được $s_{tt} = 125mm$. Chọn $\phi 8, s = 120mm$ cho khu vực bên phải gối B.

Khu vực bên trái gối B có $Q_B^t = 474,426kN$ .Chọn thép $\phi 10$, tính toán được $s_{tt} = 79mm$. Vậy chọn $\phi 10, s = 70mm$ bố trí cho khu vực bên trái gối B.

6. Tính cốt treo

-Tại vị trí dầm phụ kê lên dầm chính cần bố trí cốt treo để gia cố cho dầm chính .Lực tập trung do dầm phụ truyền vào dầm chính là :

$$F = P + G_1 = 216,000 + 119,318 = 335,318kN$$

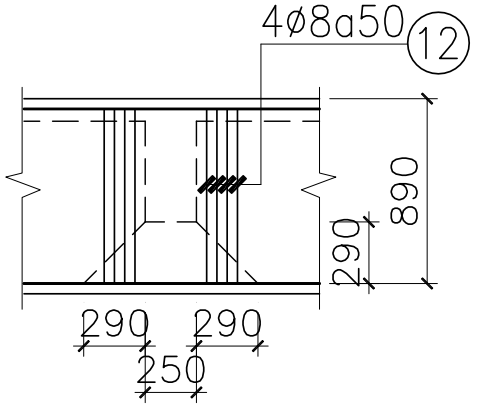
-Cốt treo được đặt dưới dạng cốt đai ,diện tích tính toán :

$$A_{sw} \ge \frac{F\left(1 - \frac{h_s}{h_o}\right)}{R_{sw}} = \frac{335318\left(1 - \frac{290}{890}\right)}{175} = 1292mm^2$$

-Dùng đai $\phi 10, A_{sw} = 78,5mm^2$, số nhánh n_s=2. Số lượng đai cần thiết là :

$$n = \frac{A_{sw}}{n_s a_{sw}} = \frac{1292}{2 \times 78,5} \approx 8$$

Chọn 8 đai, đặt mỗi bên mép dầm phụ 4 đai (khoảng cách s=50mm) trong đoạn h_s=290mm



Bố trí cốt treo trong dầm chính

7. Tính, vẽ hình bao vật liệu

a. Tính khả năng chịu lực

– **Tại nhịp biên:**

Chịu momen dương, tiết diện chữ T có cánh nằm trong vùng nén, bề rộng cánh b= b_f = 3400mm, bố trí cốt thép 2ϕ30 + 2ϕ30+ 2ϕ25, diện tích A_s = 3809mm^2

✓ Lấy lớp bê tông bảo vệ là $c_1 \geq 30$.

Chọn c_1 = 30mm

$$a = \frac{4\times 7,07\times 45 + 2\times 4,9\times(30+30+30+25/2)}{38,09} = 59,8mm$$

$$\Rightarrow h_o = 950 - 59,8 = 890,2mm$$

$$\xi = \frac{R_s A_s}{R_b b_f h_0} = \frac{280\times 3809}{8,5\times 3400\times 890,2} = 0,041$$

$$x = \xi h_o = 0,041\times 890,2 = 37mm < h_f = 110mm$$

$\Rightarrow$Trục trung hòa đi qua cánh:

$$\zeta = 1 - 0,5\xi = 1 - 0,5\times 0,041 = 0,979$$

$$M_{td} = R_s A_s \zeta h_o = 280\times 3809\times 0,979\times 890,2 = 929,759\times 10^6 Nmm = 929,759kN$$

Kết quả tính toán khả năng chịu lực ghi trong bảng mọi tiết diện độ tính toán theo trường hợp tiết diện đặt cốt thép đơn (với tiết diện chịu mômen dương thay b = b_f)

$$\xi = \frac{R_s A_s}{R_b b\ h_0};\ \zeta = 1 - 0,5\xi;\ M_{td} = R_s A_s \zeta h_o$$

Bảng :Khả năng chịu lực của các tiết diện

Nhịp		A_s(mm^2)	a^{tt}	ho	ξ	ζ	M_{td}(KNm)
Nhịp biên	2ϕ30+2ϕ30+2ϕ25	3809	59.8	890.2	0.041	0.979	929.76
Cạnh nhịp biên	Cắt 2ϕ25 còn 2ϕ30+2ϕ30	2827	45.0	905.0	0.030	0.985	705.63
Cạnh nhịp biên	Uốn 2ϕ30 còn 2ϕ30	1414	45.0	905.0	0.015	0.992	355.52
Gối B	2ϕ30 +2ϕ30 +4ϕ28	5290	72.5	877.5	0.496	0.752	977.21
Cạnh gối B	Cắt 4ϕ28 còn 2ϕ30 +2ϕ30	2827	45.0	905.0	0.257	0.871	624.30
Cạnh gối B	Uốn 2ϕ30 còn 2ϕ30	1414	45.0	905.0	0.129	0.936	335.19
Nhịp giữa	2ϕ28 +2ϕ28	2463	44.0	906.0	0.026	0.987	616.59
Cạnh nhịp giữa	Cắt 2ϕ28 còn 2ϕ28	1232	44.0	906.0	0.013	0.993	310.35
Gối C	2ϕ30+2ϕ28+2ϕ25	3627	60.2	889.8	0.336	0.832	751.94
Cạnh gối C	Cắt 2ϕ25còn 2ϕ30+2ϕ28	2645	44.5	905.5	0.241	0.880	589.97

Cạnh gối C	Cắt 2ϕ28 còn 2ϕ30	1414	45.0	905.0	0.129	0.936	335.19

b. Xác định mặt cắt lý thuyết của thanh

-Cốt thép số 5 (đầu bên trái gối 2): sau khi cắt cốt thép số 5, tiết diện gối B còn lại 2ϕ30 +2ϕ30(khả năng chịu lực tiết diện là 624,30kNm). Biểu đồ vật liệu cắt biểu đồ bao mômen ở điểm H, đây là mặt cắt lý thuyết của cốt thép số 4. Bằng quan hệ hình học dễ dàng tính được khoảng cách từ điểm H đến trục gối B là :1127mm

- Xác định đoạn kéo dài W_4^t

+Q là độ dốc biểu đồ bao momen:

$$Q = \frac{1002,5 + 4,557}{3} = 335,685kN$$

+ Tại vị trí cắt không có cốt xiên $Q_{s,inc}$=0

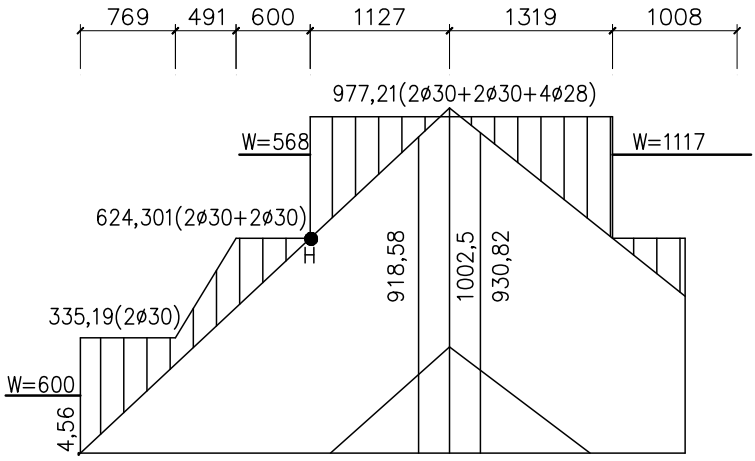
+ Khu vực này bố trí cốt đai $\phi 10, s = 70mm, q_{sw} = 392,5kN/m$

$$W_4^t = \frac{Q - Q_{s,inc}}{2q_{sw}} + 5\phi = \frac{335,685}{2 \times 392,5} \times 10^3 + 5 \times 28 = 568mm > 20\phi = 560mm$$

Khoảng cách từ mặt cắt thực tế thanh số 4 (bên trái) đến trục gối B:

$$Z = 1127 + 568 = 1695mm$$

Làm tròn thành 1700mm



Hình vẽ xác định mặt cắt lý thuyết thanh thép số 5

Tiến hành tương tự cho các cốt thép khác ,kết quả ghi trong bảng sau.

Bảng : mặt cắt lý thuyết của các cốt thép

Cốt thép	Mặt cắt lý thuyết(mm)	W(mm)	Z(mm)
Cốt thép số 3 (trái)	Cách phải trục gối A: 2431	$W_3^t = 1114$	Cách phải trục gối A: 1310
Cốt thép số 3 (phải)	Cách trái trục gối B: 3736	$W_3^p = 500$	Cách trái trục gối B: 3190
Cốt thép số 4(trái)	Cách trái trục gối B: 2986	$W_4^t = 600$	Cách trái trục gối B: 3590
Cốt thép số 4(phải)	Cách phải trục gối B: 2327	$W_4^p = 1127$	Cách phải trục gối B: 3460
Cốt thép số 5(trái)	Cách trái trục gối B: 1127	$W_5^t = 568$	Cách trái trục gối B: 1700
Cốt thép số 5(phải)	Cách phải trục gối B: 1319	$W_5^p = 1117$	Cách phải trục gối B: 2440
Cốt thép số 7 (trái)	Cách phải trục gối B: 2282	$W_7^t = 1064$	Cách phải trục gối B: 1210
Cốt thép số 7(phải)	Cách trái trục gối C: 1754	$W_7^p = 873$	Cách tráitrục gối C: 880
Cốt thép số 9(trái)	Cách trái trục gối C: 883	$W_9^t = 964$	Cách trái trục gối C: 1850
Cốt thép số 10(trái)	Cách trái trục gối C: 1918	$W_{10}^t = 979$	Cách trái trục gối C: 2900

8. Kiểm tra về uốn cốt thép

Cốt thép số 2 được sử dụng kết hợp vừa chịu mômen dương ở nhịp biên, vừa chịu momen âm tại gối 2, nó được uốn tại bên trái gối 2 .

Nếu coi cốt thép số 2 được uốn từ gối trên xuống, điểm bắt đầu uốn cách tiết diện trước 600mm > $\frac{h_o}{2} = \frac{877,5}{2} = 439mm$, điểm kết thúc uốn nằm ngoài tiết diện sau.

9. Kiểm tra và neo cốt thép

Cốt thép ở phía dưới sau khi được uốn, cắt, số còn lại khi kéo vào gối đều phải đảm bảo lớn hơn 1/3 diện tích cốt thép ở giữa nhịp:

+Nhịp biên 2ϕ30 + 2ϕ30+2ϕ25, sau khi cắt uốn còn 2ϕ30, diện tích còn 37,1% khi vào gối.

+Nhịp giữa 2ϕ28 + 2ϕ28 , sau khi cắt 2ϕ28 còn 2ϕ28,diện tích còn 50% khi vào gối.

❖ Điều kiện tại gối :

$$Q_{b(c=h_o)} = \frac{\varphi_{b4} R_{bt} b h_o^2}{c} = \frac{1,5 \times 0,75 \times 400 \times 877,5^2}{1775} = 195,213kN$$

Tại gối A : $Q_A = 290,097 > 195,213kN$

Như vậy : $l_a = 15\phi = 15 \times 30 = 450mm$

10. Cốt thép cấu tạo

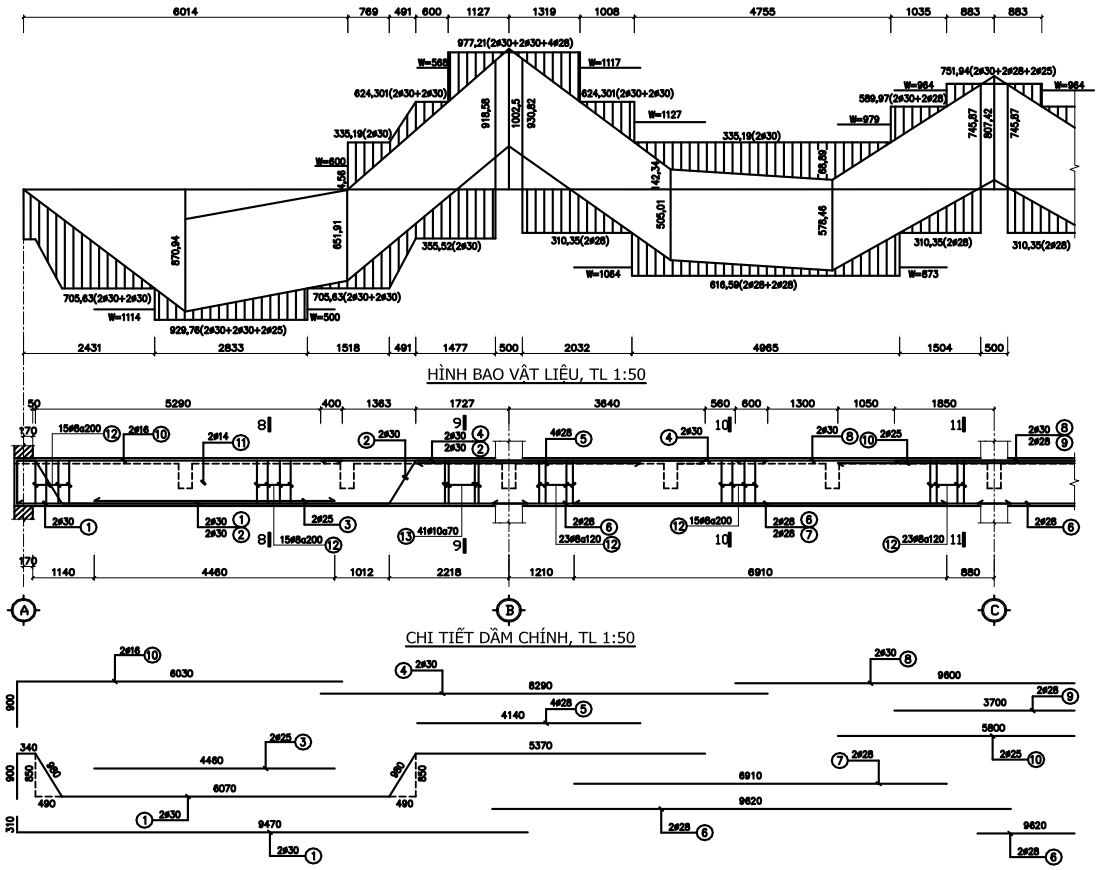
Cốt thép số 10 (2ϕ16) : Cốt thép này được sử dụng làm cốt dọc cấu tạo ở nhịp biên, trong đoạn không có momen âm.

Diện tích cốt thép là 402 mm^2 không nhỏ hơn:

$$0,1\%bh_o = 0,1\% \times 400 \times 877,5 = 351mm^2$$

-Cốt thép số 11 (4ϕ14), thép này được sử dụng làm cốt thép phụ đặt thêm ở mặt bên trên suốt chiều dài dầm, do dầm cao hơn 700mm. Đảm bảo để khoảng cách giữa các cột không nhỏ hơn 400mm. Diện tích cốt thép là 616mm^2 , không nhỏ hơn:

$$0,1\%bh_o = 0,1\% \times 400 \times 877,5 = 351mm^2$$



Bố trí cốt thép và hình bao vật liệu dầm chính