

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KIẾN TRÚC TP.HỒ CHÍ MINH
 KHOA XÂY DỰNG
 BỘ MÔN KẾT CẤU CÔNG TRÌNH


BÀI TẬP LỚN KẾT CẤU THÉP 1

THIẾT KẾ HỆ SÀN - DẦM BẰNG THÉP

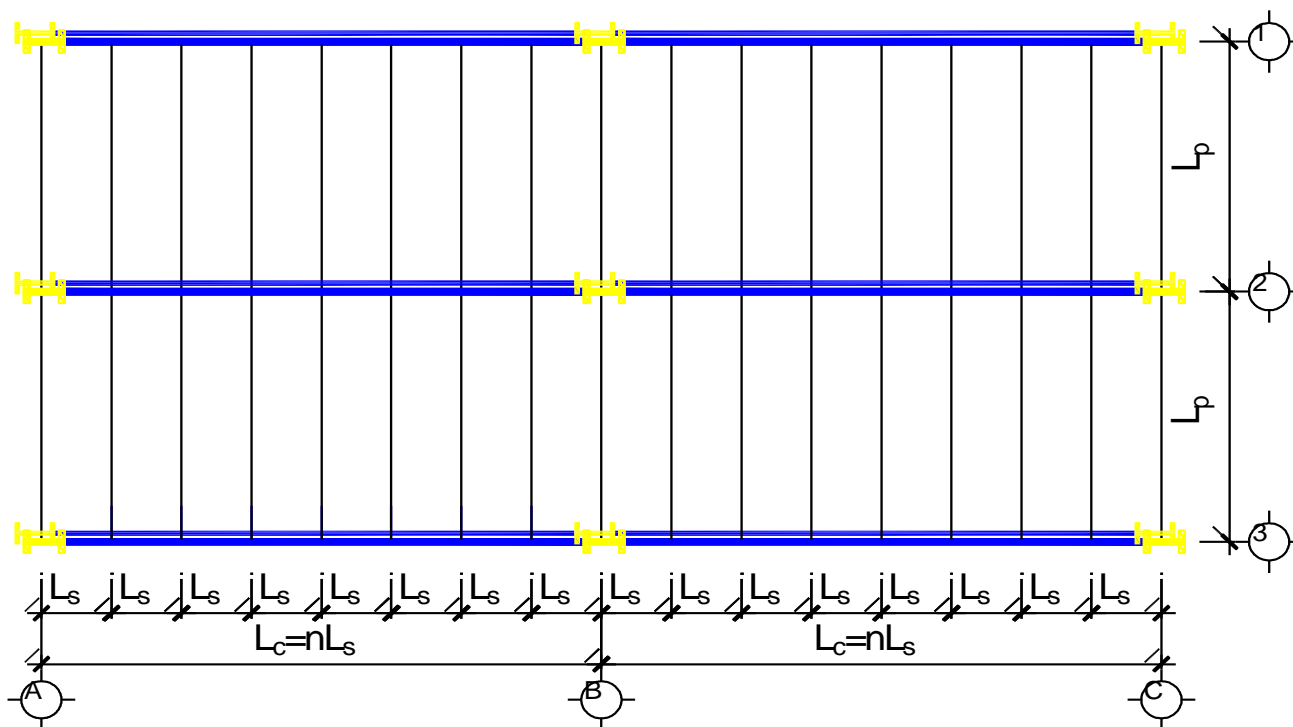
Họ và tên sinh viên : *mr.Luu*

STT: 56

Lớp : XD08A4

BẢNG SỐ LIỆU VÀ KÍCH THƯỚC HOẠT TẢI

Mã số đề bài	Bước dầm phụ L_s (m)	Bước dầm chính L_p (m)	Giá trị n (dùng để tính L_c)	Hoạt tải tiêu chuẩn P_c (kg/m ²)	Hệ số vượt tải của hoạt tải n_p	Ghi chú
36	1.1	6.0	11	1050	1.3	

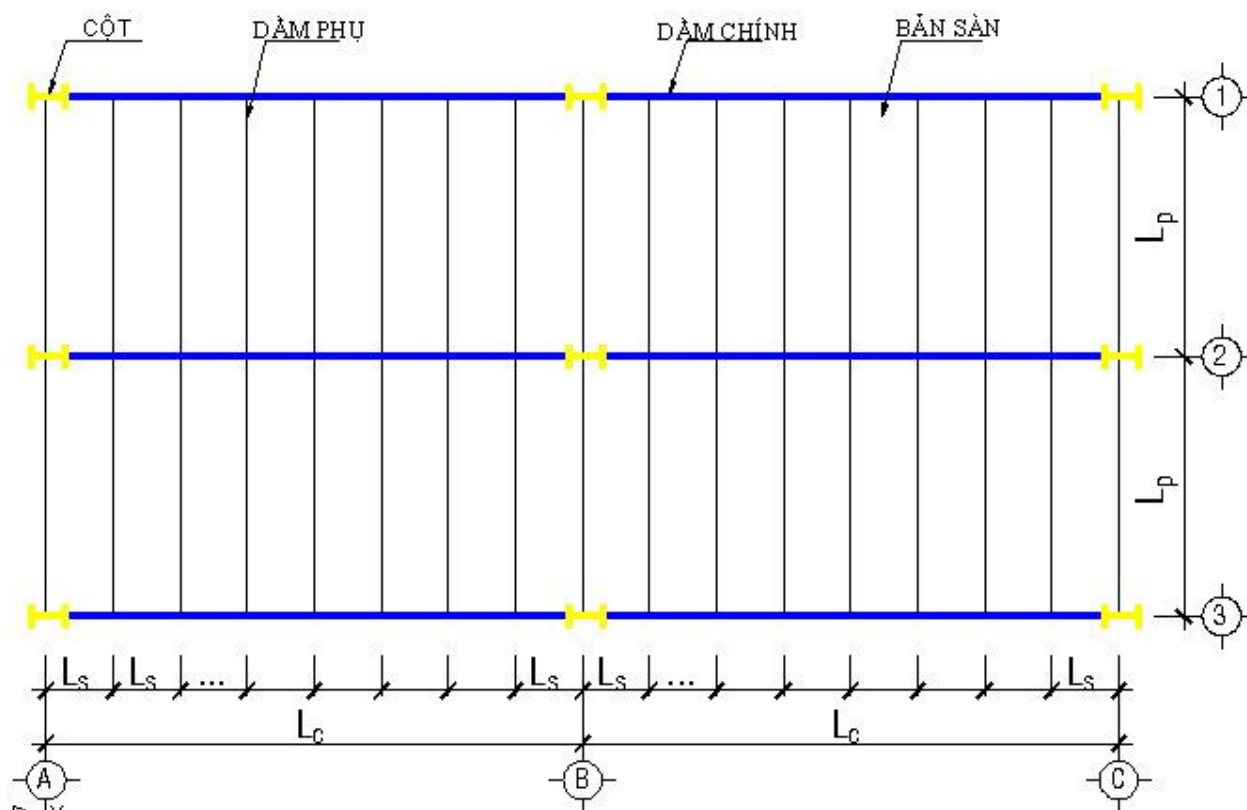


Sơ đồ hệ sàn- dầm- cột

CHƯƠNG 1: CÁC VẤN ĐỀ CHUNG CỦA HỆ KẾT CẤU

1.1.Mô tả các bộ phận của kết cấu

Sử dụng hệ cột-dầm-sàn bằng thép



1.2.Tải trọng tác dụng lên sàn

Tải trọng tác dụng lên sàn có dạng phân bố đều, đơn vị tính kg/cm^2 , được chia làm hai loại:

- *Tải trọng thường xuyên (tĩnh tải)* : là trọng lượng bản thân của dầm thép được tính theo công thức :

+ Tải trọng thường xuyên (*tĩnh tải*) tiêu chuẩn :

$$g^c = \rho \times t$$

$\rho = 7850(kg / m^3) = 7.85 \times 10^{-3}(kg / cm^3)$: trọng lượng riêng của thép

t : chiều dày bản sàn được chọn sơ bộ

+ Tải trọng thường xuyên (*tĩnh tải*) tính toán :

$$g^t = g^c . n_g$$

$n_g = 1.1$: hệ số vượt tải của tĩnh tải

- *Tải trọng tạm thời (hoạt tải):*

- + Tải trọng tạm thời tiêu chuẩn :

$$p^c = 1500(\text{kg} / \text{m}^2)$$

- + Tải trọng tạm thời tính toán :

$$p'' = n_p \cdot p^c$$

$n_p = 1.2$: hệ số vượt tải của hoạt tải

➔ *Tải trọng tác dụng lên sàn :*

- + Tải trọng tiêu chuẩn tác dụng lên sàn:

$$q_s^{tc} = g^c + p^c$$

- + Tải trọng tính toán tác dụng lên sàn:

$$q_s'' = g'' + p''$$

1.3. Các đặc trưng cơ lý của vật liệu sử dụng

Ta có tải trọng tiêu chuẩn là : $p^c = 1500(\text{kg}/\text{m}^2) \Rightarrow t = (8-10) \text{ mm} < 20 \text{ mm}$ theo TCVN 338-2005 ta có :

Vật liệu sử dụng bao gồm các vật liệu sau:

+ Thép : Sử dụng thép bản, thép hình loại CCT34 có:

- $\rho = 7850(\text{kg} / \text{m}^3) = 7.85 \times 10^{-3}(\text{kg} / \text{cm}^3)$: trọng lượng riêng của thép
- $E = 2.1 \times 10^6(\text{kg} / \text{cm}^2)$: mô đun đàn hồi
- $f_y = 2200(\text{kg} / \text{cm}^2)$: cường độ tiêu chuẩn chịu kéo ,nén ,uốn
- $f = 2100(\text{kg} / \text{cm}^2)$: cường độ tính toán chịu kéo ,nén ,uốn
- $f_v = 0.58 \times f = 1218(\text{kg} / \text{cm}^2) = 1200(\text{kg} / \text{cm}^2)$: cường độ chịu cắt
- $f_u = 3400(\text{kg} / \text{cm}^2)$: cường độ kéo đứt tiêu chuẩn
- $f_c = \frac{f_u \times f}{f_y} = \frac{3400 \times 2100}{2200} = 3245.456(\text{kg} / \text{cm}^2)$: cường độ ép mặt
- $\nu = 0.3$: hệ số poisson

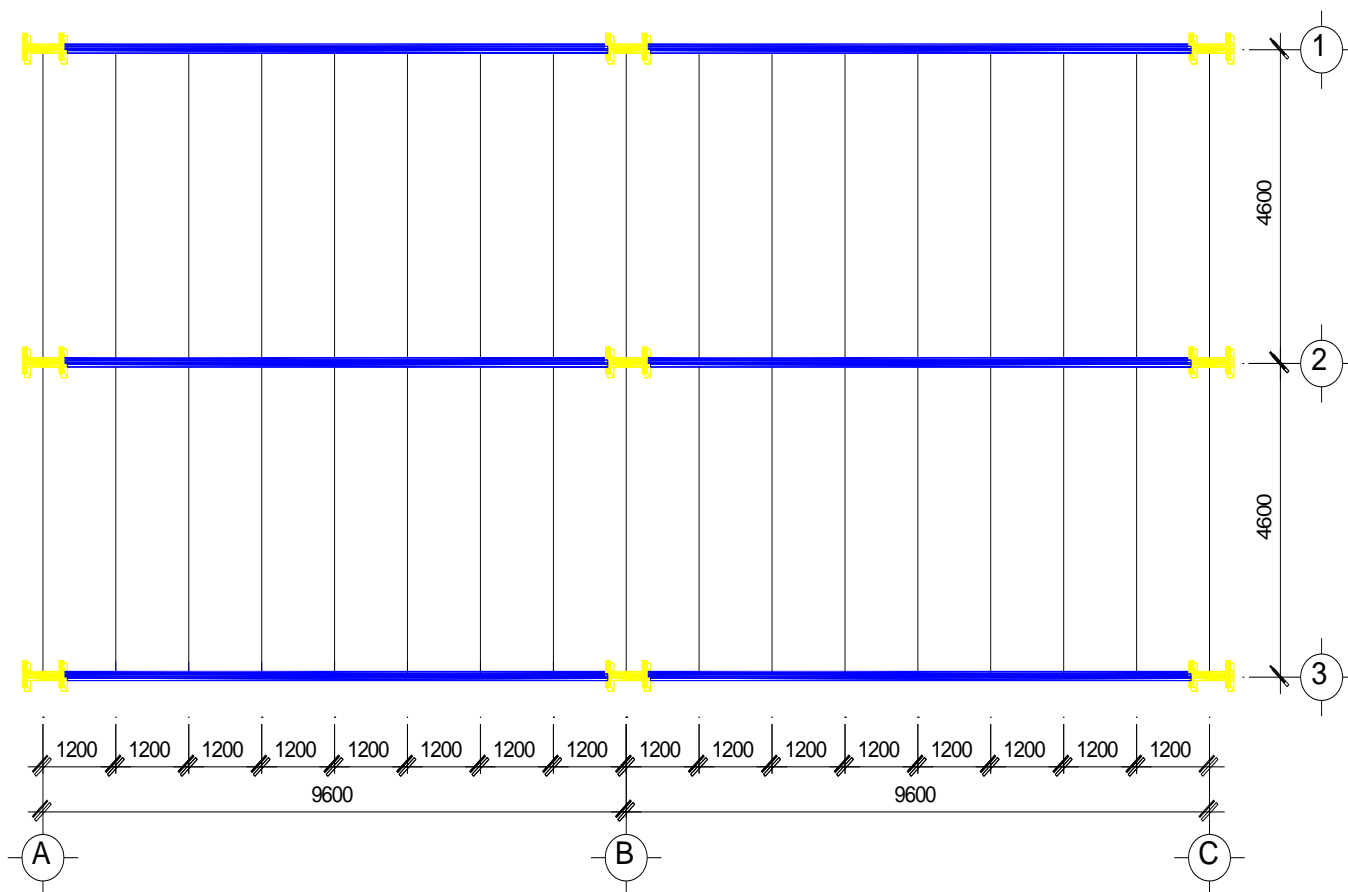
+ Que hàn : Dùng hàn que E42A

- $f_{wf} = 1800(\text{kg} / \text{cm}^2)$: cường độ tính toán theo kim loại mối hàn
- $f_{ws} = 0.45 f_u = 0.45 \times 3400 = 1530(\text{kg} / \text{cm}^2) = 1500(\text{kg} / \text{cm}^2)$: cường độ tính toán theo kim loại ở biên nóng chảy

CHƯƠNG 2 : THIẾT KẾ BẢN SÀN LOẠI DẦM

2.1. Mặt bằng sàn , số liệu:

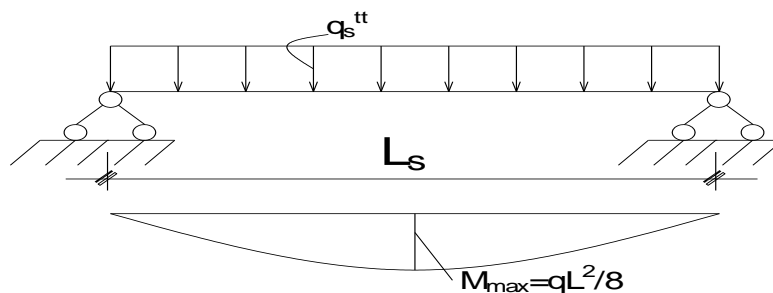
Mã số đề bài	Bước dầm phụ $L_s(m)$	Bước dầm chính $L_p(m)$	Giá trị n (dùng để tính L_c)	Hoạt tải tiêu chuẩn $P_c(kg/m^2)$	Hệ số vượt tải của hoạt tải n_p
53	1.2	4.6	8	1500	1.2



Mặt bằng sàn (TL 1/100)

2.2.Sơ đồ tính bản sàn , cách xác định nội lực

Bản sàn thép được cắt ra một dải rộng 1cm theo phương cạnh ngắn và tính toán như một dầm đơn giản có hai gối tựa là hai dầm phụ (liên kết khớp) chịu tải trọng phân bố đều:



Hình 4:Sơ đồ tính toán bản sàn

Trong đó q_s^{tt} (kg/cm) lực phân bố đều trên dầm bao gồm : *tĩnh tải* tính toán và *hoạt tải* tính toán trên 1cm bề rộng .

2.3.Xác định chiều dày bản sàn

Dùng công thức gần đúng A.L.Teloian để tính chiều dày(δ) bản sàn:

$$\frac{l_s}{t} = \frac{4n_0}{15} \left(1 + \frac{72E_1}{n_0^4 \times p^c} \right)$$

Trong đó :

- $n_0 = \left[\frac{l}{f} \right] = 150$ (với $\left[\frac{f}{l} \right] = \frac{1}{150}$:độ võng cho phép của bản sàn thép)
- $E_1 = \frac{E}{1-\nu^2} = \frac{2.1 \times 10^6}{1-0.3^2} = 2.31 \times 10^6$ (kg / cm²)
- $p^c = 1500$ (kg / m²) = 0.15(kg / cm²)

Vậy ta có :

$$\frac{l_s}{t} = \frac{4 \times 150}{15} \left(1 + \frac{72 \times 2.31 \times 10^6}{150^4 \times 0.15} \right) = 127.609$$

Với $l_s = 120cm \Rightarrow t = \frac{120}{127.609} = 0.94cm = 9.4mm$

Theo bảng tra chọn bề dày cho bản sàn ta có :

$$q^c = 1500(\text{kg}/\text{m}^2) < 2000(\text{kg}/\text{m}^2) \text{ thì chiều dày bản sàn là } t = 8 \div 10 \text{mm}$$

2.3.1. Tính bản sàn

Chọn chiều dày bản $\delta = 10 \text{ mm} = 1 \text{ cm}$

Khoảng cách các dầm phụ : 120 cm

Cắt 1 cm bề rộng sàn

➤ Tải trọng tiêu chuẩn tác dụng lên sàn:

- Tải trọng bản thân (*tĩnh tải*) : $g^c = \rho \times t \times 1 = 7.85 \times 10^{-3} \times 1 \times 1 = 7.85 \times 10^{-3} (\text{kg} / \text{cm})$
- Hoạt tải : $p^c = 1500 \times 1 = 1500 (\text{kg} / \text{m}) = 0.15 (\text{kg} / \text{cm})$

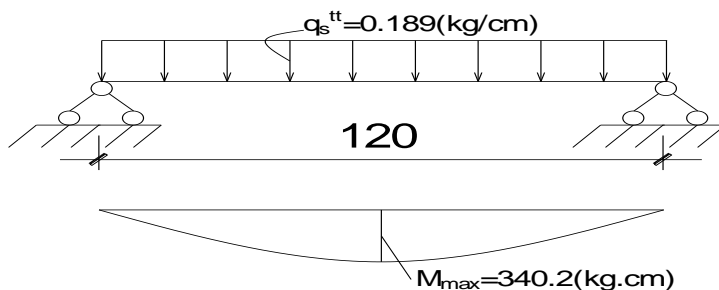
➔ Tải tiêu chuẩn tác dụng lên sàn : $q_s^{tc} = g^c + p^c = 7.85 \times 10^{-3} + 0.15 = 0.158 (\text{kg} / \text{cm})$

➤ Tải trọng tính toán tác dụng lên sàn:

$$q_s^{tt} = g^{tt} + p^{tt} = g^c \cdot n_g + p^c \cdot n_p = 7.85 \times 10^{-3} \times 1.1 + 0.15 \times 1.2 = 0.189 (\text{kg} / \text{cm})$$

2.3.2. Kiểm tra độ võng của bản sàn

Sơ đồ tính bản sàn : cắt dải bản rộng 1 cm



Bản sàn thép được hàn với các dầm ,khi tải trọng tác dụng lên dầm thì liên kết hàn này làm cho bản sàn không biến dạng tự do được và ngăn cản biến dạng xoay của bản tại gối tựa.Vì vậy tại các gối sẽ xuất hiện lực kéo H và momen âm .Lực kéo và momen âm có tác dụng giảm momen ở nhịp cho bản .Để thiên về an toàn ta chỉ xét ảnh hưởng của lực kéo H .

➤ *Kiểm tra độ võng theo công thức :*

$$f = f_0 \frac{1}{1+\alpha} \leq [f] = \frac{1}{150}$$

- Độ võng f_0 ở giữa nhịp của bản sàn có sơ đồ đơn giản chịu tải trọng tiêu chuẩn

$$q_s^{tc} : f_0 = \frac{5}{384} \times \frac{q_s^{tc} \times l_s^4}{E_1 \times J_x}$$

Với :

$$\begin{cases} q_s^{tc} = 0.158(\text{kg} / \text{cm}^2) \\ l_s = 120\text{cm} \\ E_1 = 2.31 \times 10^6 (\text{kg} / \text{cm}^2) \\ J_x = \frac{1 \times 1^3}{12} \text{cm}^4 \end{cases}$$

$$\rightarrow f_0 = \frac{5}{384} \times \frac{0.158 \times 120^4 \times 12}{2.31 \times 10^6 \times 1^3} = 2.216\text{cm}$$

- α : tỉ số giữa lực kéo H và lực tới hạn Ole được xác định theo phương trình :

$$\alpha(1+\alpha)^2 = 3 \times \left(\frac{f_0}{\delta} \right)^2$$

$$\Leftrightarrow \alpha(1+\alpha)^2 = 3 \times \left(\frac{2.216}{1} \right)^2 = 14.732$$

giải phương trình trên ta được $\alpha=1.834$

- Độ võng của bản sàn là :

$$f = f_0 \times \left(\frac{1}{1+\alpha} \right) = 2.216 \times \left(\frac{1}{1+1.834} \right) = 0.782\text{cm}$$

$$\Rightarrow \frac{f}{L} = \frac{0.782}{120} = \frac{1}{153.453} < \left[\frac{f}{L} \right] = \frac{1}{150}$$

Vậy bản sàn đảm bảo điều kiện về độ võng

2.3.3. Kiểm tra điều kiện về độ bền

Bản sàn chịu uốn và chịu kéo đồng thời :

$$\sigma = \frac{H}{A} + \frac{M_{max}}{W} \leq \gamma_c \cdot f$$

A: diện tích tiết diện bản rộng 1cm : $A=1.1=1\text{cm}^2$

W: momen kháng uốn : $W = \frac{1 \times 1^2}{6} = 0.167\text{cm}^3$

H: lực kéo : $H = \alpha \cdot P_{th} = \frac{\alpha \cdot \pi^2 \cdot E \cdot J_x}{l^2} = \frac{1.834 \times 3.14^2 \times 2.1 \times 10^6}{12 \times 120^2} = 219.753(\text{kg})$

- Momen lớn nhất ở giữa nhịp của bản :

$$M_{max} = \frac{q_s'' \times l_s^2}{8} - H \times f = \frac{0.189 \times 120^2}{8} - (219.753 \times 0.782) = 168.353(\text{kg.cm})$$

Độ bền của bản sàn :

$$\sigma = \frac{H}{A} + \frac{M_{max}}{W} = \frac{219.753}{1} + \frac{168.353}{0.167} = 1227.855(\text{kg/cm}^2) < \gamma_c \cdot f = 2100(\text{kg/cm}^2)$$

Vậy sàn thỏa mãn điều kiện bền

2.3.4. Kiểm tra đường hàn liên kết bản sàn với dầm

Đường hàn liên kết bản sàn và dầm chịu lực kéo H ở gối tựa :

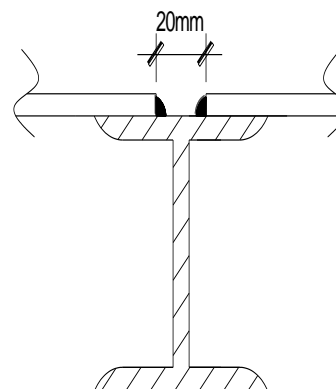
$$h_h = \frac{H}{(\beta \cdot f_w)_{min} \cdot \gamma_c}$$

$$\beta_f \cdot f_{wf} = 0.7 \times 1800 = 1260(\text{kg/cm}^2)$$

$$\beta_s \cdot f_{ws} = 1 \times 1530 = 1530(\text{kg/cm}^2)$$

$$(\beta \cdot f_w)_{min} = \min(\beta_f \cdot f_{wf}; \beta_s \cdot f_{ws}) = 1260(\text{kg/cm}^2)$$

$$h_h = \frac{H}{(\beta \cdot f_w)_{min} \cdot \gamma_c} = \frac{219.753}{1260 \times 1} = 0.174\text{cm}$$



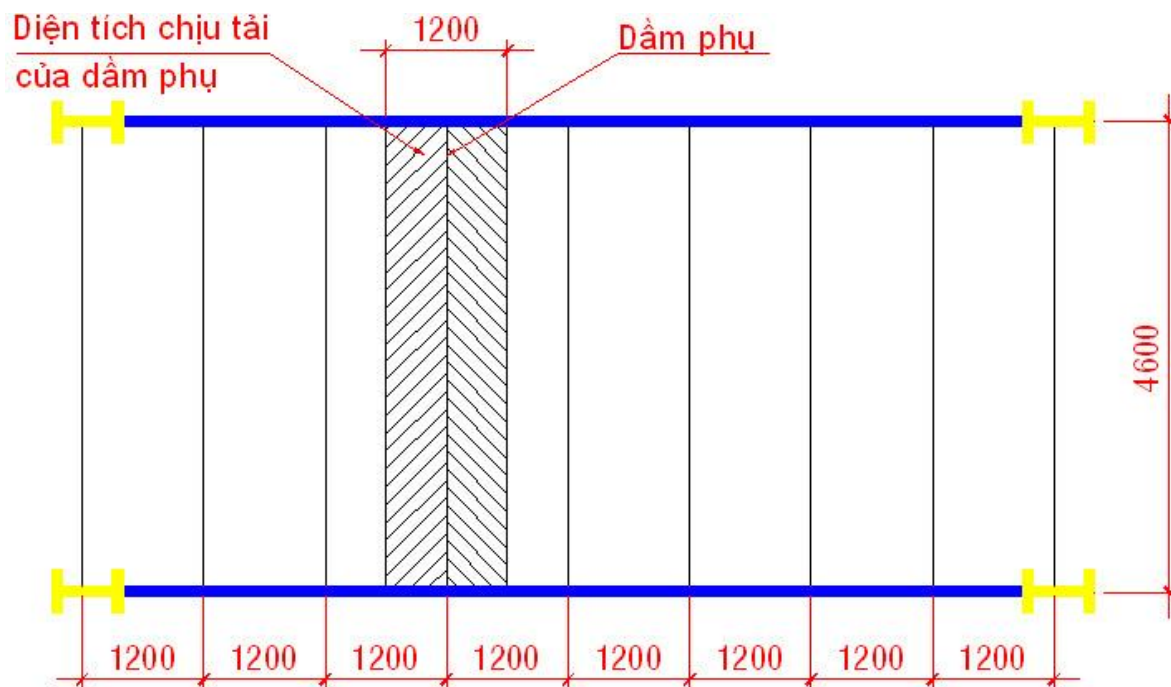
nhưng do yêu cầu cấu tạo $h_{min} \geq 4\text{mm}$: để tránh hiện tượng hàn không được sâu:

chọn $h_h = 5\text{mm}$

CHƯƠNG 3 : TÍNH TOÁN DẦM PHỤ

3.1.Sơ đồ tính toán

Dầm phụ được coi là dầm đơn giản có hai đầu là hai gối tựa .Tải trọng tác dụng lên dầm phụ là tải từ sàn truyền vào dưới dạng phân bố đều



Hình : Sơ đồ tính dầm phụ

3.2.Xác định tải trọng và nội lực

Tải trọng tác dụng lên sàn :

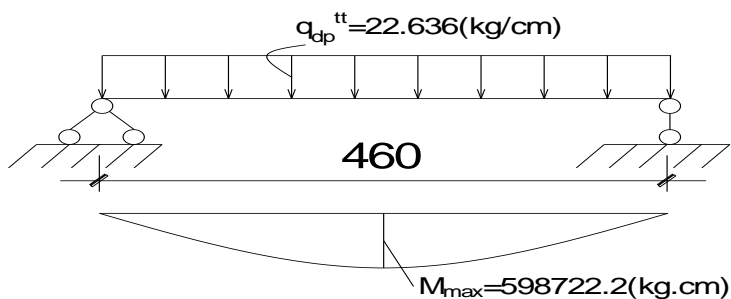
Tải trọng tiêu chuẩn tác dụng lên dầm phụ là:

$$q_{dp}^{tc} = (p^c + t \times \rho) \times l_s = (0.15 + 1 \times 7.85 \times 10^{-3}) \times 120 = 18.942(kg / cm)$$

Tải trọng tính toán tác dụng lên dầm phụ là:

$$q_{dp}^t = (p^c \times n_p + t \cdot \rho \times n_g) \times l_s = (0.15 \times 1.2 + 1 \times 7.85 \times 10^{-3} \times 1.1) \times 120 = 22.636(kg / cm)$$

Sơ đồ tính :



Mômen lớn nhất M_{max} giữa nhịp dầm :

$$M_{max} = \frac{q_{dp}^{tt} \times l_p^2}{8} = \frac{22.636 \times 460^2}{8} = 598722.2 \text{ (kg.cm)}$$

Lực cắt lớn nhất V_{max} tại gối tựa :

$$V_{max} = \frac{q_{dp}^{tt} \times l_p}{2} = \frac{22.636 \times 460}{2} = 5206.28 \text{ (kg)}$$

3.3. Chọn tiết diện dầm phụ

Mô men chống uốn của dầm có kể đến sự phát triển biến dạng dẻo trong tiết diện :

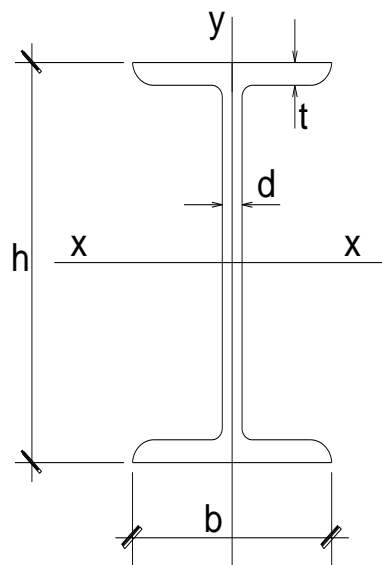
$$W_x = \frac{M_{max}}{1.12 \times \gamma_c \times f} = \frac{598722.2}{1.12 \times 1 \times 2100} = 254.559 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Chọn thép định hình hình I N⁰ 24 có các thông số :

$$h = 240 \text{ mm} ; b = 115 \text{ mm} ; d = 5.6 \text{ mm} ; t = 9.5 \text{ mm}$$

$$W_x = 289 \text{ cm}^3 ; J_x = 3460 \text{ cm}^4 ; S_x = 163 \text{ cm}^3$$

$$\text{Trọng lượng bản thân } 27.3 \text{ (kg/m)} = 0.273 \text{ (kg/cm)}$$



3.4. Kiểm tra dầm phụ theo điều kiện bền

- ✓ Tải trọng tính toán tác dụng lên dầm phụ kể cả trọng lượng bản thân dầm :

$$q_{dp}'' = 22.636 + 1.1 \times 0.273 = 22.936 (\text{kg} / \text{cm})$$

- ✓ Mômen lớn nhất của dầm phụ có kể đến trọng lượng bản thân :

$$M_{max} = \frac{22.936 \times 460^2}{8} = 606657.2 (\text{kg} \cdot \text{cm})$$

- ✓ Lực cắt lớn nhất V_{max} tại gối tựa khi kể đến trọng lượng bản thân:

$$Q_{max} = \frac{q_{dp}'' \times l_p}{2} = \frac{22.936 \times 460}{2} = 5275.28 (\text{kg})$$

- ✓ Kiểm tra ứng suất pháp :

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{1.12 \times W_x} = \frac{606657.2}{1.12 \times 289} = 18742.762 (\text{kg} / \text{cm}^2) < \gamma_c \cdot f = 2100 (\text{kg} / \text{cm}^2)$$

- ✓ Kiểm tra ứng suất tiếp:

$$\tau_{max} = \frac{Q_{max} \cdot S_x}{J_x \cdot \delta} = \frac{5275.28 \times 163}{3460 \times 1} = 248.518 (\text{kg} / \text{cm}^2) < f_v \cdot f_c = 1218 (\text{kg} / \text{cm}^2)$$

Vậy dầm phụ thỏa mãn điều kiện về độ bền

3.5. Kiểm tra dầm phụ theo điều kiện độ cứng

Kiểm tra độ võng của dầm phụ:

- ✓ Tải trọng tiêu chuẩn tác dụng lên dầm phụ kể cả trọng lượng bản thân :

$$q_{dp}^{tc} = 18.942 + 0.273 = 19.215 (\text{kg} / \text{cm})$$

- ✓ Độ võng tương đối của dầm :

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{19.215 \times 460^4}{2.1 \times 10^6 \times 3460} = 1.542 \text{cm} \Rightarrow \frac{f}{L_c} \approx \frac{1}{298.314} < \left[\frac{1}{250} \right]$$

Vậy dầm phụ thỏa mãn điều kiện về độ võng

3.6. Kiểm tra ổn định tổng thể của dầm phụ

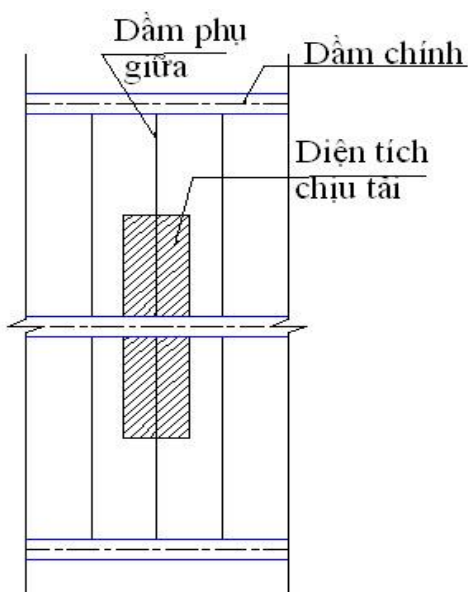
Không cần kiểm tra ổn định tổng thể của dầm phụ vì phía trên dầm phụ có bản sàn thép hàn chặt với cách dầm

CHƯƠNG 4 : TÍNH TOÁN DẦM CHÍNH

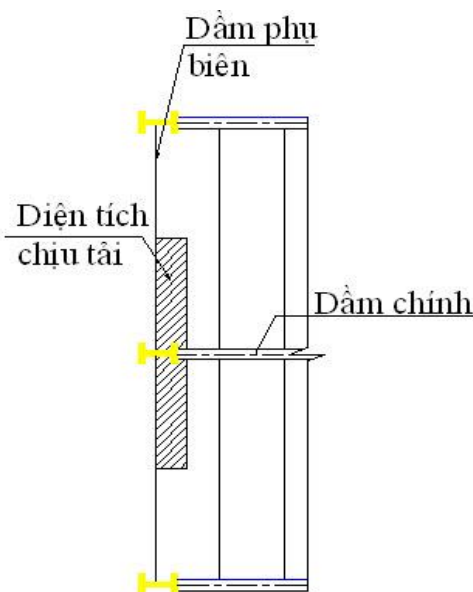
4.1.Sơ đồ tính toán

Dầm chính được đặt lên cột ,sơ đồ tính là dầm đơn giản chịu tải tập trung từ dầm phụ truyền xuống.

Tải trọng tác dụng lên dầm chính là phản lực gối tựa của 2 dầm phụ 2 bên truyền xuống bao gồm 2 loại :



Đối với những dầm phụ ở giữa nhịp



Đối với những dầm phụ ở biên

4.2.Xác định tải trọng , xác định nội lực

✓ **Tải trọng tác dụng lên dầm chính :**

- Tại những điểm giữa nhịp dầm chính :

- Tải tiêu chuẩn : $P_2^{tc} = 2 \times \frac{q_2^{tc} \times 460}{2}$

Với $q_2^{tc} = g^c + P^c + q_{dp}^{bt} = \rho \times t \times 120 + 0.15 \times 120 + 0.237 = 0.942 + 18 + 0.273 = 19.215 (kg / cm)$

→ $P_2^{tc} = 2 \times \frac{q_2^{tc} \times 460}{2} = 19.215 \times 460 = 8838.9 (kg)$

- Tải tính toán : $P_2^t = 2 \times \frac{q_2^t \times 460}{2}$

Với $q_2'' = 1.1 \times g^c + 1.2 \times P^c + 1.1 \times q_{dp}^{bt} = 1.1 \times 0.942 + 1.2 \times 18 + 1.1 \times 0.273 = 22.936 \text{ (kg/cm)}$

→ $P_2'' = 2 \times \frac{q_2'' \times 460}{2} = 22.936 \times 460 = 10550.79 \text{ (kg)}$

• Tại những điểm ở biên dầm chính :

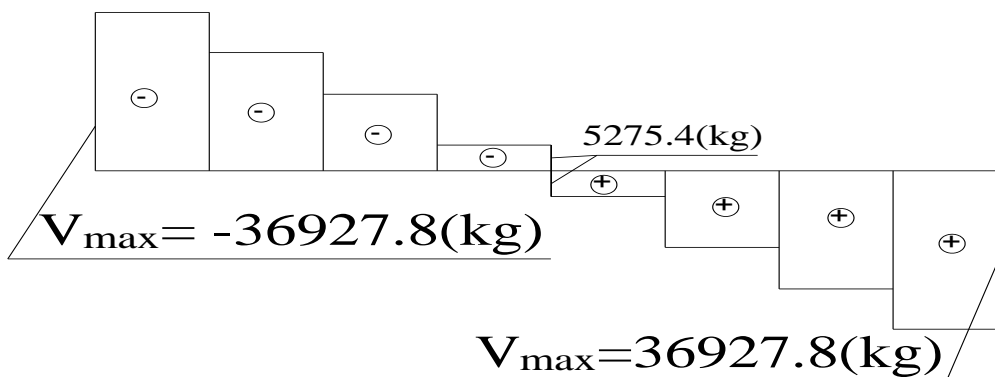
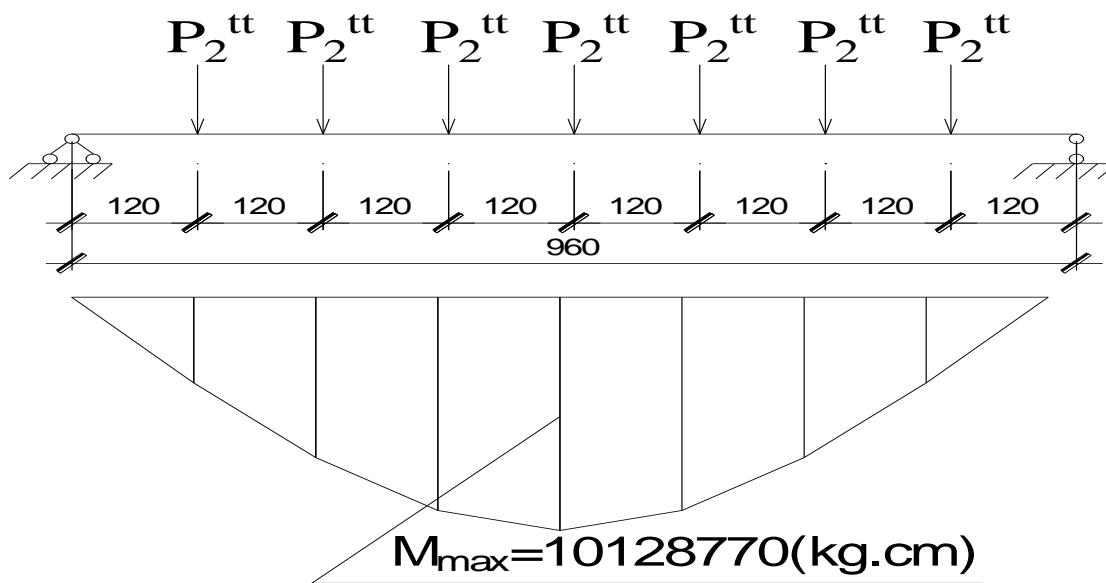
• Tải tiêu chuẩn :

$$P_1^{tc} = 2 \times \frac{q_2^{tc} \times 460}{2} \times \frac{1}{2} = 19.215 \times 460 \times \frac{1}{2} = 4419.45 \text{ (kg)}$$

• Tải tính toán :

$$P_1'' = 2 \times \frac{q_2'' \times 460}{2} \times \frac{1}{2} = 22.936 \times 460 \times \frac{1}{2} = 5275.28 \text{ (kg)}$$

✓ Xác định nội lực lên dầm chính :



4.3.Chọn tiết diện dầm (dầm tổ hợp hàn)

✓ **Chọn chiều cao tiết diện dầm :**

$$\begin{cases} h_{\min} \leq h \leq h_{\max} \\ h \approx h_{kt} \end{cases}$$

- Chiều cao nhỏ nhất của dầm tính gần đúng theo công thức h_{\min} khi đưa các tải tập trung về phân bố đều :

$$h_{\min} = \frac{5}{24} \frac{f}{E} \left[\frac{L}{\Delta} \right] \frac{1}{n_{tb}} L$$

Với n_{tb} : hệ số vượt tải trung bình chọn $n_{tb}=1.15$

$$\rightarrow h_{\min} = \frac{5}{24} \frac{f}{E} \left[\frac{L}{\Delta} \right] \frac{1}{n_{tb}} L = \frac{5}{24} \times \frac{2100}{2.1 \times 10^6} \times 400 \times \frac{1}{1.15} \times 960 = 69.565(cm)$$

- Chiều cao kinh tế của dầm :

$$h_{kt} = k \sqrt{\frac{M_{\max}}{f \cdot t_w}}$$

Chọn $h_w \approx h \approx h_{\min}=70cm$

+ Chiều dày nhỏ nhất của bản bụng t_w được xác định theo điều kiện bản bụng chịu lực cắt lớn nhất :

$$t_w = \frac{3}{2} \frac{V_{\max}}{h_w \cdot f_v \gamma_c} = \frac{3}{2} \times \frac{36927.8}{70 \times 1200} = 0.659cm$$

+ Khi dầm đảm bảo ổn định không dung sườn để gia cường :

$$t_w \geq \frac{h_w}{5.5} \sqrt{\frac{f}{E}} = \frac{70}{5.5} \sqrt{\frac{2100}{2.1 \times 10^6}} = 0.402cm$$

Từ 2 điều kiện trên ta có thể chọn $t_w=0.8cm$

$$h_{kt} = k \sqrt{\frac{M_{\max}}{f \cdot t_w}} = 1.15 \times \sqrt{\frac{10128770}{2100 \times 0.8}} = 89.294$$

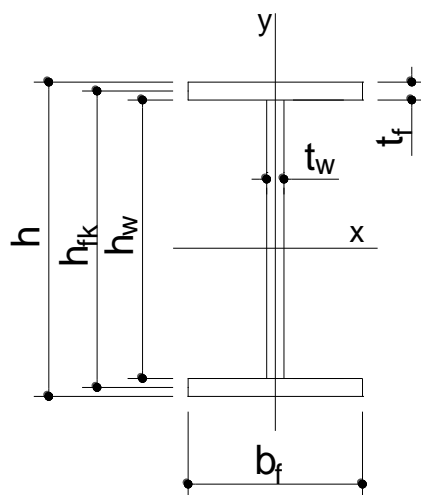
Với $k = 1.15$: dầm tổ hợp hàn

→ Chọn $h_{\min} \leq h$ và càng gần h_{kt} càng tốt vậy chọn :

$h=90cm$; chọn $t_f=2cm$

$\Rightarrow h_w=h-2t_f=90-4=86cm \Rightarrow h_{fk}=h-t_f=90-2=88cm$

→ Chọn $t_w=0.8cm=8mm$



✓ **Xác định kích thước bản cánh:**

+ Diện tích cánh dầm được xác định gần đúng :

$$A_f = b_f t_f = \left(\frac{M_{max}}{\gamma_c \cdot f} \frac{h}{2} - \frac{t_w h_w^3}{12} \right) \frac{2}{h_{fk}^2}$$

Ta có :

$$A_f = \left(\frac{10128770}{1 \times 2100} \times \frac{90}{2} - \frac{0.8 \times 86^3}{12} \right) \times \frac{2}{88^2} = 45.104 \text{ cm}^2$$

Với $t_f = 2 \text{ cm}$ ta sẽ có $b_f = 45.104 / 2 = 22.552 \text{ cm}$ nhưng do tải trọng uốn dung để tính ra tiết diện trên chưa kể đến trọng lượng bản thân, nếu kể đến tiết diện sẽ lớn hơn nên ta chọn $b_f = 28 \text{ cm}$

+ Kiểm tra chiều rộng cánh dầm theo điều kiện về cấu tạo, ổn định tổng thể và cục bộ:

$$\left(\frac{1}{10} h; 180 \right) \leq b_f \leq \left(30 t_f; \sqrt{\frac{E}{f}} t_f \right)$$

$$30 t_f = 60 \text{ cm}$$

Ta có : $\sqrt{\frac{E}{f}} t_f = 63.246 \text{ cm}$

với $b_f = 28 \text{ cm}$ ta có :

$$180 \text{ mm} < 28 \text{ cm} \leq 63.246 \text{ cm} : \text{thỏa}$$

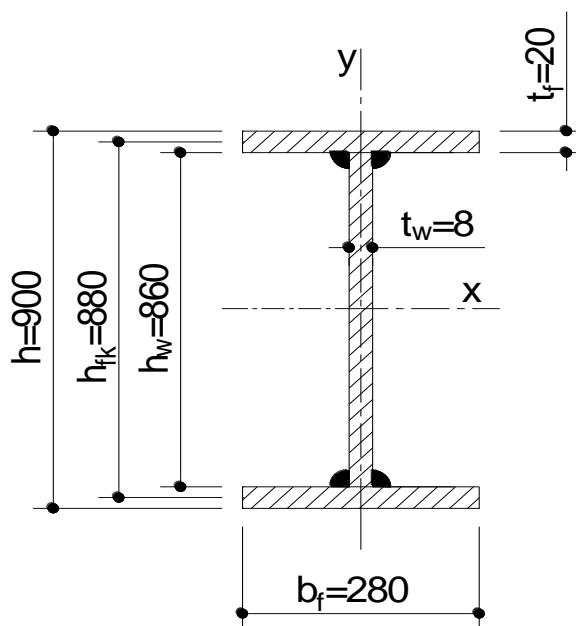
$$t_w \leq t_f \leq 3 t_w \Leftrightarrow 0.8 \text{ cm} \leq 2 \text{ cm} \leq 2.4 \text{ cm} : \text{thỏa}$$

4.4. Kiểm tra độ bền của dầm

Các đặc trưng hình học của tiết diện :

Trọng lượng bản thân =

$$\rho \times A = 7.85 \times 10^{-3} \times 180.8 = 1.419 \text{ (kg / cm)}$$



$$A = A_w + A_f = 86 \times 0.8 + 2 \times 2 \times 28 = 180.8 \text{ cm}^2$$

$$J_x = J_w + J_f = \frac{t_w h_w^3}{12} + 2 \left(\frac{b_f t_f^3}{12} + \frac{h_{fk}^2}{4} \times b_f \times t_f \right)$$

$$= \frac{0.8 \times 86^3}{12} + 2 \left(\frac{28 \times 2^3}{12} + \frac{88^2}{4} \times 28 \times 2 \right) = 259273.067 \text{ cm}^4$$

$$W_x = \frac{2J_x}{h} = \frac{2 \times 259273.067}{90} = 5761.624 \text{ cm}^3$$

$$S_x = S_w + S_f = t_w \frac{h_w^2}{8} + b_f t_f \frac{h_{fk}}{2}$$

$$= 0.8 \times \frac{86^2}{8} + 28 \times 2 \times \frac{88}{2} = 3203.6 \text{ cm}^3$$

✓ **Kiểm tra ứng suất pháp tại tiết diện giữa nhịp :**

Mômen lớn nhất của dầm do trọng lượng bản thân:

$$M_{bt} = n_g \rho \frac{(t_w h_w + 2b_f t_f)}{8} L^2 = 1.1 \times 7.85 \times 10^{-3} \times \frac{180.8}{8} \times 960^2 = 179851.162 \text{ (kg.cm)}$$

Mômen lớn nhất của dầm có kể đến trọng lượng bản thân:

$$M_{max} = 10128770 + 179851.162 = 10308621.16 \text{ (kg.cm)}$$

Ứng suất pháp lớn nhất tại giữa nhịp :

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{10308621.16}{5761.624} = 1789.306 \text{ (kg / cm}^2\text{)} \leq \gamma_c f = 2100 \text{ (kg / cm}^2\text{)}$$

✓ **Kiểm tra ứng suất tiếp tại gối :**

Lực cắt tại gối tựa do tải trọng bản thân dầm:

$$V_{bt} = n_g \rho (t_w h_w + 2b_f t_f) \frac{L}{2} = 1.1 \times 7.85 \times 10^{-3} \times 180.8 \times \frac{960}{2} = 749.38 \text{ (kg)}$$

Lực cắt lớn nhất của dầm có kể đến trọng lượng bản thân:

$$V_{max} = 36927.8 + 749.38 = 37677.18 \text{ (kg)}$$

Ứng suất tiếp lớn nhất tại gối :

$$\tau_{max} = \frac{V_{max} S_x}{J_x t_w} = \frac{37677.18 \times 3203}{259273.067 \times 0.8} = 581.928 \text{ (kg / cm}^2\text{)} \leq \gamma_c f_v = 1200 \text{ (kg / cm}^2\text{)}$$

✓ **Kiểm tra điều kiện bền tại vị trí có M và V cùng lớn (giữa dầm) tại điểm tiếp giáp giữa bụng và cánh:**

Tại vị trí giữa dầm khi đã kể đến trọng lượng bản thân có:

$$M=10308621.16(\text{kg}.\text{cm})$$

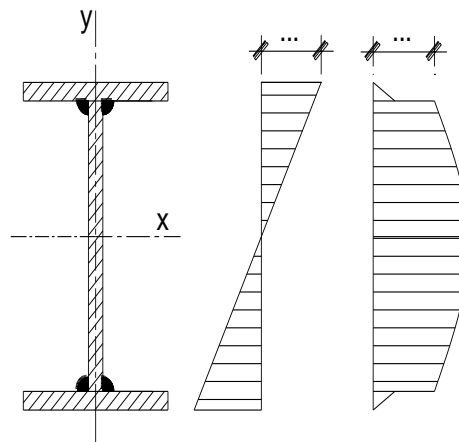
$$V=5275.4 (\text{kg})$$

$$\sigma_1 = \frac{M h_0}{W h} = \frac{M h_w}{W h} = \frac{10308621.16}{5761.624} \times \frac{86}{90} = 1709.667(\text{kg} / \text{cm}^2)$$

$$\tau_1 = \frac{VS_f}{J_x t_w} = \frac{5275.4 \times 2464}{259273.067 \times 0.8} = 62.668(\text{kg} / \text{cm}^2)$$

$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} = \sqrt{1709.667^2 + 3 \times 62.668^2}$$

$$= 1713.109(\text{kg} / \text{cm}^2) < 1.15 f \gamma_c = 2415(\text{kg} / \text{cm}^2)$$



4.5. Kiểm tra độ võng của dầm

Do chọn chiều cao dầm lớn hơn chiều cao h_{\min} theo điều kiện độ võng nên không cần kiểm tra độ võng của dầm

4.6. Thay đổi tiết diện dầm

Ta có chiều dài dầm $L= 9.6\text{m} < 10\text{m}$ nên không cần thay đổi tiết diện nhưng trong phạm vi bài tập lớn này có thể thay đổi tiết diện của dầm

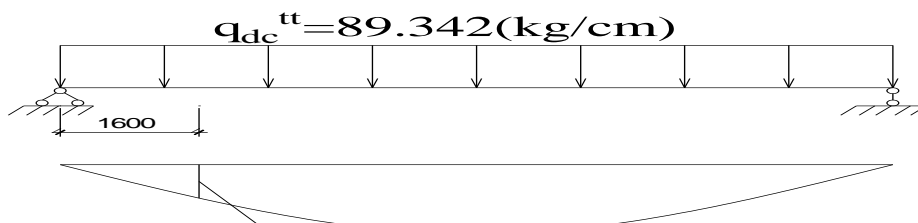
Để đơn giản việc thay đổi tiết diện dầm ta quy các tải tập trung về phân bố đều kể cả trọng lượng bản thân dầm chính :

$$q_{dc}^{tt} = \frac{10550.79 \times 7 + 5275.28 \times 2}{960} + 1.419 = 89.342(\text{kg} / \text{cm})$$

Chọn vị trí thay đổi tiết diện cách gối tựa một đoạn $x = \frac{L}{6} = \frac{960}{6} = 160\text{cm} = 1.6\text{m}$

Ta thay đổi tiết diện tại vị trí $x=1.6\text{ m}$

Giá trị nội lực tại vị trí $x=1.6\text{m}$ như hình vẽ:



Momen chống uốn cần thiết ứng với vị trí $x=160\text{cm}$:

$$W_{yc} = \frac{M_1}{\gamma_c f} = \frac{5717888}{2100} = 2722.804 \text{cm}^3$$

Momen quán tính cần thiết của tiết diện mới

$$J_1 = W_{yc} \times \frac{h}{2} = 2722.804 \times \frac{90}{2} = 122526.171 \text{cm}^4$$

Momen quán tính cần thiết của bản cánh :

$$J_{f1} = J_1 - J_w = 122526.171 - \frac{0.8 \times 86^3}{12} = 122526.171 - 42403.733 = 80122.438 \text{cm}^4$$

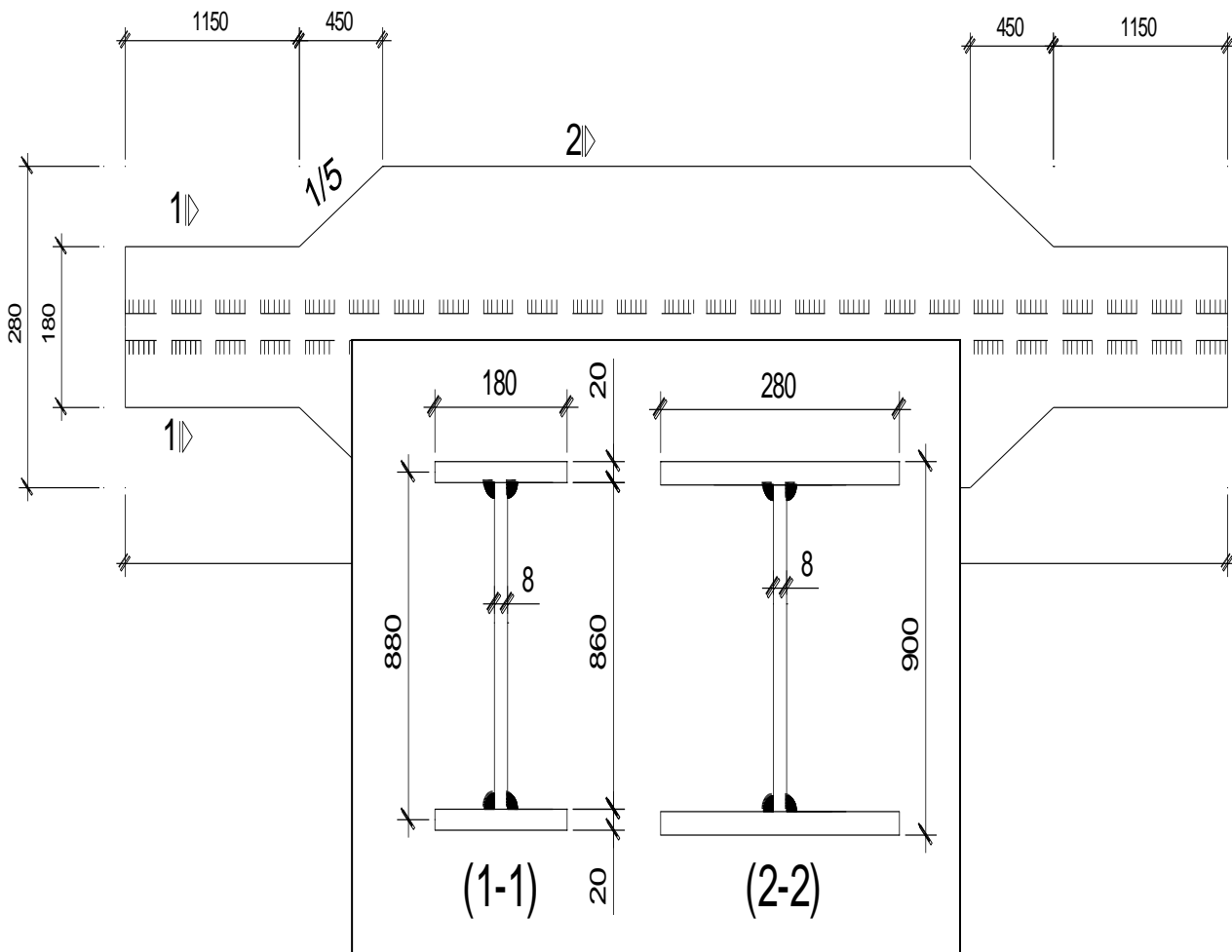
Diện tích cần thiết của một bản cánh :

$$A_1 = b'_f t_f = \frac{2J_{f1}}{h^2} = \frac{2 \times 80122.438}{90^2} = 19.783 \text{cm}^2$$

Chiều rộng cánh sau khi thay đổi

$$b_{f1} = \frac{A_1}{t_f} = \frac{19.783}{2} = 9.892 \text{cm}$$

Nhưng do yêu cầu cấu tạo ta chọn $b_{f1}=18\text{cm}$



Kiểm tra lại tiết diện đã thay đổi (1-1)

Trọng lượng thép giảm :

$$G = 8 \times \frac{115 + 160}{2} \times 5 \times 7.85 \times 10^{-3} \times 2 = 86.35(kg)$$

Đặc trưng hình học của tiết diện mới (1-1)

$$A = A_w + A_{f1} = 86 \times 0.8 + 2 \times 2 \times 18 = 140.8 \text{ cm}^2$$

$$J_{x1} = J_w + J_{f1} = \frac{t_w h_w^3}{12} + 2 \left(\frac{b_{f1} t_f^3}{12} + \frac{h_{fk}^2}{4} \times b_{f1} \times t_f \right)$$

$$= \frac{0.8 \times 86^3}{12} + 2 \left(\frac{18 \times 2^3}{12} + \frac{88^2}{4} \times 18 \times 2 \right) = 181819.733 \text{ cm}^4$$

$$W_{x1} = \frac{2J_{x1}}{h} = \frac{2 \times 181819.733}{90} = 4040.439 \text{ cm}^3$$

$$S_{x1} = S_w + S_{f1} = t_w \frac{h_w^2}{8} + b_{f1} t_f \frac{h_{fk}}{2}$$

$$= 0.8 \times \frac{86^2}{8} + 18 \times 2 \times \frac{88}{2} = 2323.6 \text{ cm}^3$$

Tải trọng tác dụng lên dầm chính khi đã thay đổi tiết diện cánh :

$$q_{dc}'' = 89.342 - \frac{86.35 \times 1.1}{960} = 89.243 (\text{kg} / \text{cm})$$

- Kiểm tra ứng suất pháp :

Momen tại tiết diện thay đổi khi kể đến trọng lượng bản thân lượng thép giảm yếu:

$$M_2 = 5711552 (\text{kg} \cdot \text{cm})$$

$$\sigma_{\max1} = \frac{M_2}{W_{x1}} = \frac{5711552}{4040.439} = 1413.597 (\text{kg} / \text{cm}^2) < \gamma_c f = 2100 (\text{kg} / \text{cm}^2)$$

- Kiểm tra ứng suất tiếp:

Lực cắt tại tiết diện thay đổi khi kể đến trọng lượng bản thân lượng thép giảm yếu

$$- V_2 = 28557.8 (\text{kg})$$

$$\tau_{\max1} = \frac{V_2 S_{x1}}{J_{x1} t_w} = \frac{28557.8 \times 2323.6}{181819.733 \times 0.8} = 456.20 (\text{kg} / \text{cm}^2) < \gamma_c f_v = 1200 (\text{kg} / \text{cm}^2)$$

- Kiểm tra ứng suất tương đương tại chỗ tiếp giáp giữa cánh và bụng:

$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2}$$

$$\begin{cases} \sigma_1 = \sigma_{max1} \times \frac{h_w}{h} = 1413.597 \times \frac{88}{90} = 1382.184(kg / cm^2) \\ \tau_1 = \frac{V_2 S_{f1}}{J_{x1} t_w} = \frac{28557.8 \times 1584}{181819.733 \times 0.8} = 310.992(kg / cm^2) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \sigma_{td} = \sqrt{1382.184^2 + 3 \times 310.992^2} = 1483.435 < 1.15 f \gamma_c = 2415(kg / cm^2)$$

Vậy tiết diện thay đổi thỏa điều kiện bền

4.7. Kiểm tra ổn định của dầm chính

✓ **Kiểm tra ổn định tổng thể**

Dầm không cần kiểm tra ổn định tổng thể khi:

$$\frac{l_0}{b_f} \leq 16$$

Với l_0 : khoảng cách giữa 2 điểm cầu kết không cho cánh cong vênh $l_0 = 120cm$

$$\rightarrow \frac{l_0}{b_f} = \frac{120}{28} = 4.286 < 16$$

Vậy không cần kiểm tra điều kiện ổn định tổng thể

✓ **Kiểm tra ổn định cục bộ của cánh dầm**

$$\text{Ta có : } \frac{b_f}{t_f} = \frac{280}{20} = 14 < \left[\frac{b_f}{t_f} \right] = \sqrt{\frac{E}{f}} = \sqrt{\frac{2.1 \times 10^6}{2100}} = 31.623$$

Vậy bản cánh thỏa điều kiện ổn định cục bộ

✓ **Kiểm tra ổn định cục bộ của bụng dầm**

Ta có:

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_w}{t_w} \sqrt{\frac{f}{E}} = \frac{86}{0.8} \sqrt{\frac{2100}{2.1 \times 10^6}} = 3.4$$

$$\text{Ta có : } \bar{\lambda}_w = 3.4 > [\bar{\lambda}_w] = 3.2$$

Vậy dầm bị mất ổn định cục bộ ở bản bụng vậy cần đặt các sườn ngang vào bản bụng

+ Khoảng cách giữa hai sườn ngang : $a \leq 2h_w = 2 \times 86 = 172cm$

Chọn $a = 160cm$ bố trí 5 sườn mỗi bên \Rightarrow số sườn của dầm chính là 10 sườn

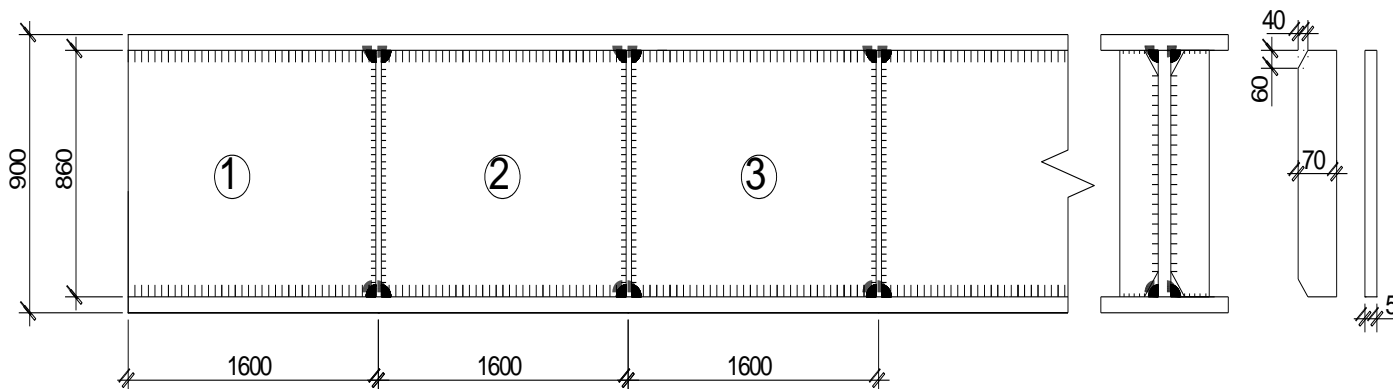
$$\text{+ Bề rộng sườn : } b_s = \frac{h_w}{30} + 40 = \frac{860}{30} + 40 = 68.667mm$$

Chọn $b_s = 7cm$

+Chiều dày sườn : $t_s \geq 2b_s \sqrt{\frac{f}{E}} = 2 \times 7 \times \sqrt{\frac{2100}{2.1 \times 10^6}} = 0.443cm$

Chọn $t_s=5mm$

Chọn $h_f=4mm$ theo cấu tạo

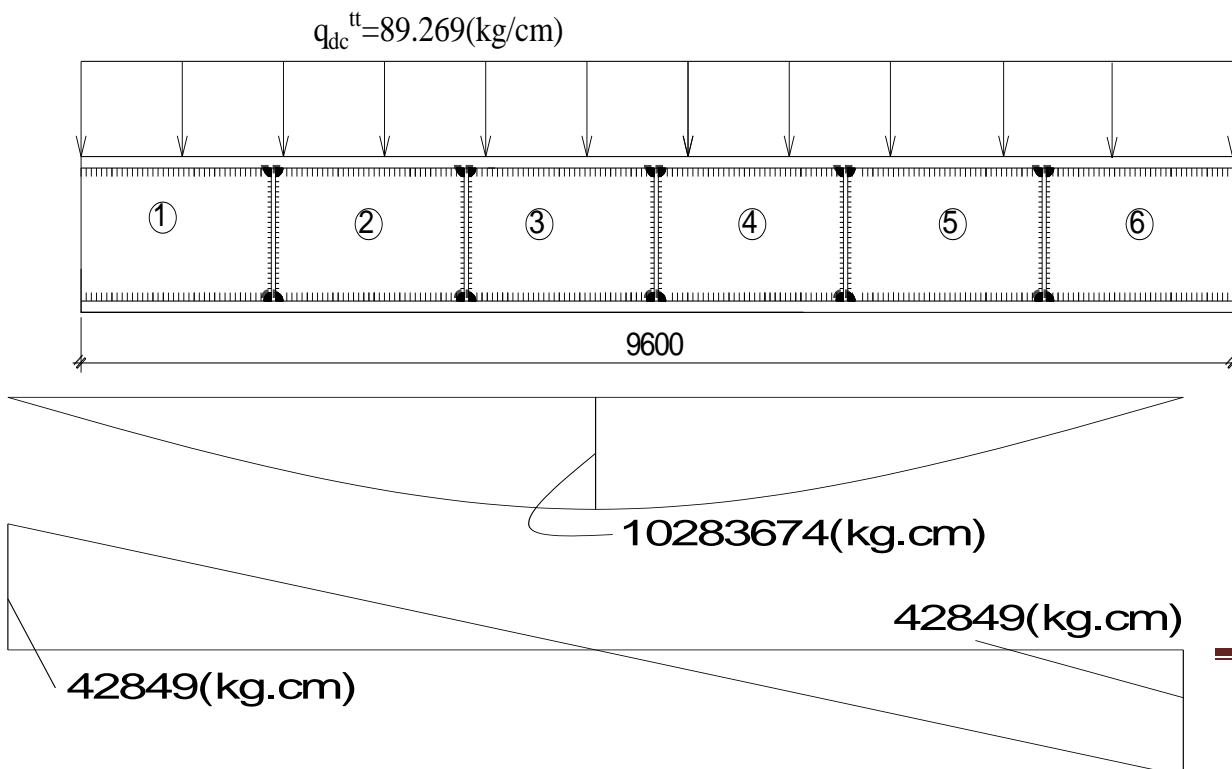


Trọng lượng của sườn gia cố :

$$G_s = 10 \times V_s \times \rho = 10 \times \left(7 \times 86 - 2 \times \frac{6 \times 4}{2} \right) \times 0.5 \times 7.85 \times 10^{-3} = 22.687(kg)$$

Tải trọng tác dụng lên dầm chính khi đưa về tải phân bố đều bao gồm (hoạt tải+trọng lượng bản thân trước khi giảm yếu+trọng lượng sườn gia cố-trọng lượng thép giảm yếu) :

$$q_{dc}^{tt} = 89.342 + \frac{22.687 \times 1.1}{960} - \frac{86.35 \times 1.1}{960} = 89.269(kg / cm)$$



Kiểm tra lại ổn định cục bộ của bản bụng sau khi đặt sườn đứng :

Ứng suất tiếp tới hạn:

$$\tau_{cr} = 10.3 \left(1 + \frac{0.76}{\mu^2} \right) \frac{f_v}{\bar{\lambda}_{ow}^2}$$

$$\left\{ \begin{aligned} \mu &= \frac{a}{h_w} = \frac{160}{86} = 1.86 \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} \bar{\lambda}_{ow} &= \frac{d}{t_w} \sqrt{\frac{f}{E}} = \frac{80}{0.8} \times \sqrt{\frac{2100}{2.1 \times 10^6}} = 3.162 \end{aligned} \right.$$

$$\Rightarrow \tau_{cr} = 10.3 \left(1 + \frac{0.76}{1.86^2} \right) \times \frac{1200}{3.162^2} = 1741.338 (\text{kg} / \text{cm}^2)$$

Ứng suất pháp tới hạn

$$\sigma_{cr} = \frac{c_{cr} f}{\lambda_w^2}$$

Trong đó c_{cr} tra bảng dựa vào $\delta = \beta \frac{b_f}{h_w} \left(\frac{t_f}{t_w} \right)^3 = 0.8 \times \frac{28}{86} \left(\frac{2}{0.8} \right)^3 = 4.07$

($\beta=0.8$: hệ số tra bảng)

nên $c_{cr}=34.6$

$$\rightarrow \sigma_{cr} = \frac{c_{cr} f}{\lambda_w^2} = \frac{34.6 \times 2100}{3.4^2} = 6285.467 (\text{kg} / \text{cm}^2)$$

✓ Kiểm tra ô 1 và 6 :(chịu ứng suất tiếp lớn nhất)

Đặc trưng hình học tại ô 1 và 6 :

$$J_{x1} = 81819.733 \text{cm}^4$$

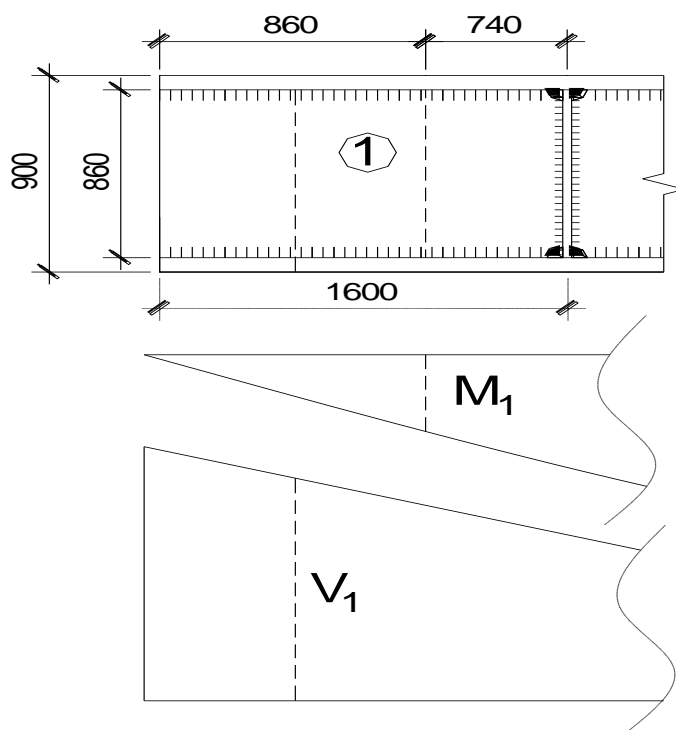
$$W_{x1} = \frac{2J_{x1}}{h} = \frac{2 \times 81819.733}{90} = 4040.439 \text{cm}^3$$

Ứng suất :

$$\sigma = \frac{M_1}{W} \frac{h_w}{h} = \frac{4499158}{4040.439} \times \frac{86}{90} = 1064.042 (\text{kg} / \text{cm}^2)$$

$$\tau = \frac{V_1}{h_w t_w} = \frac{36243.2}{86 \times 0.8} = 526.791 (\text{kg} / \text{cm}^2)$$

Kiểm tra:



$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{1064.042}{6285.467}\right)^2 + \left(\frac{526.791}{1741.338}\right)^2} = 0.426 < 1$$

Thỏa

- ✓ Kiểm tra ô 3 và 4 (ô có ứng suất pháp lớn nhất):

Ứng suất:

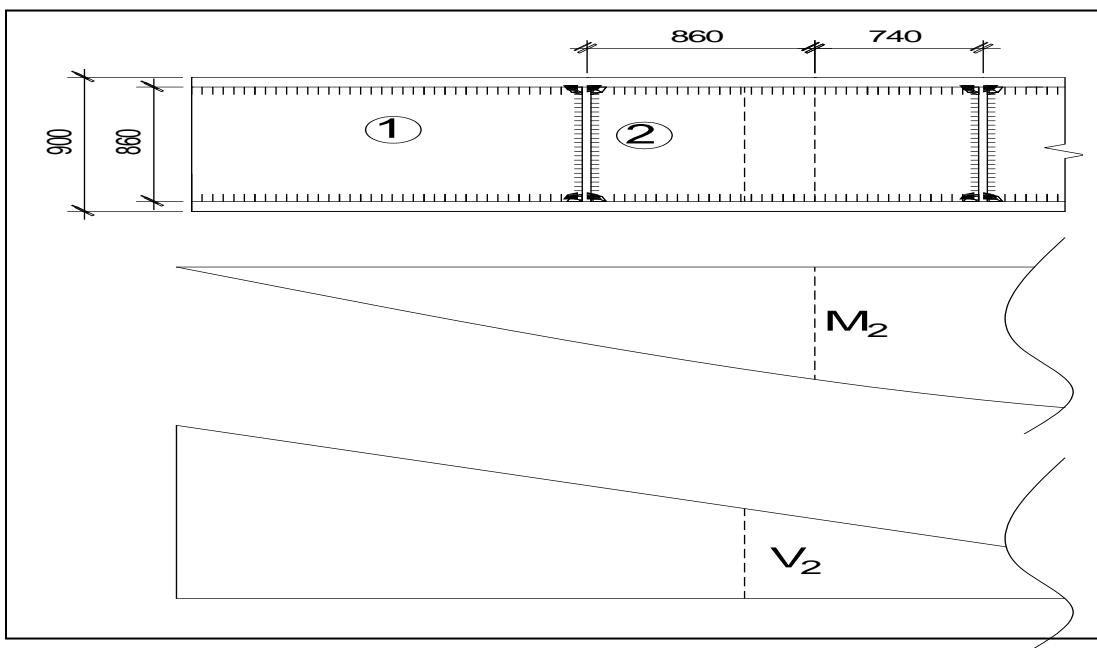
$$\sigma = \frac{M_{max}}{W} \frac{h_w}{h} = \frac{10283674}{5761.624} \times \frac{86}{90} = 1705.53 (kg/cm^2)$$

$$\tau = 0$$

Kiểm tra :

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2} = \frac{1705.53}{6285.467} = 0.3 < 1$$

Kiểm tra ô 2 và 5 (ô có ứng suất pháp và ứng suất tiếp):



Ứng suất :

$$\sigma = \frac{M_2}{W} \frac{h_w}{h} = \frac{6923704}{5761.624} \times \frac{86}{90} = 1148.285(\text{kg} / \text{cm}^2)$$

$$\tau = \frac{V_2}{h_w t_w} = \frac{25531}{86 \times 0.8} = 371.089(\text{kg} / \text{cm}^2)$$

Kiểm tra:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{1148.285}{6285.467}\right)^2 + \left(\frac{371.089}{1741.338}\right)^2} = 0.28 < 1$$

Thỏa

Tóm lại dầm thỏa điều kiện ổn định cục bộ

4.8.Cấu tạo và tính toán các liên kết dầm chính

✓ Liên kết cách dầm với bụng dầm:

