



VIETCONS
ALWAYS BESIDE YOUR SUCCESS

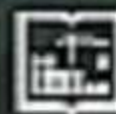
TS. ĐOÀN TUYẾT NGỌC

TRUNG TÂM ĐÀO TẠO XÂY DỰNG VIETCONS
CHƯƠNG TRÌNH MỖI NGÀY MỘT CUỐN SÁCH

THIẾT KẾ HỆ DẠM SÀN THÉP



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG



TRƯỜNG ĐẠI HỌC KIẾN TRÚC HÀ NỘI
TS. ĐOÀN TUYẾT NGỌC



VIETCONS
ALWAYS BESIDE YOUR SUCCESS

THIẾT KẾ HỆ DẦM SÀN THÉP

(Tái bản)

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2010

LỜI NÓI ĐẦU

Để phục vụ cho nhu cầu học tập và thiết kế mạng dầm sàn thép trong công trình xây dựng nhà dân dụng và công nghiệp, năm 1986 trường Đại học Kiến trúc Hà Nội đã xuất bản cuốn sách hướng dẫn Thiết kế hệ dầm sàn thép.

Hiện nay, với sự phát triển của ngành xây dựng theo xu hướng đổi mới hội nhập với sự phát triển của quốc tế, ở nước ta quy phạm tiêu chuẩn về kết cấu thép đã có sự thay đổi. Quy phạm TCXDVN 5575 : 1991 Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế được thay thế bằng TCXDVN 338 : 2005 Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế. Cập nhật sự thay đổi đó nhằm đảm bảo sự phù hợp với thực tế xây dựng của hệ dầm sàn thép trong nhà cao tầng, cuốn sách hướng dẫn Thiết kế hệ dầm sàn thép được viết lại với nội dung đổi mới và đầy đủ hơn, sử dụng các quy phạm mới nhất hiện đang được ban hành. Cuốn sách này giúp cho các kỹ sư, các sinh viên ngành xây dựng hiểu rõ cấu tạo và tính toán hệ dầm sàn bằng thép và hệ dầm sàn liên hợp.

Tác giả mong nhận được sự góp ý của độc giả và các bạn đồng nghiệp.

Tác giả

CÁC KÝ HIỆU CHÍNH SỬ DỤNG TRONG SÁCH

A. Các đặc trưng hình học

A	diện tích tiết diện nguyên
A_f	diện tích tiết diện bản cánh
A_w	diện tích tiết diện bản bụng
h	chiều cao tiết diện dầm
h_{\min}	chiều cao nhỏ nhất của dầm
h_{\max}	chiều cao lớn nhất của dầm
h_{kt}	chiều cao kinh tế của dầm
h_w	chiều cao tiết diện bản bụng
h_{fk}	khoảng cách giữa trục của các cánh dầm
h_f	chiều cao của đường hàn góc
t_s	chiều dày bản sàn
t_w	chiều dày bản bụng dầm
t_f	chiều dày bản cánh dầm
b_f	chiều rộng bản cánh dầm
b_o	chiều rộng phần hẫng của bản cánh
b_s	chiều rộng của sườn đứng
I_x	mômen quán tính của tiết diện dầm đối với trục x-x
W_x	mômen chống uốn của tiết diện dầm đối với trục x-x
S_x	mô men tĩnh của một nửa tiết diện dầm đối với trục x-x
L	chiều dài nhịp dầm
L_z	chiều dài chịu tải quy ước
a	khoảng cách giữa các sườn
$\left[\frac{\Delta}{l} \right]$	độ võng cho phép

B. Ngoại lực và nội lực

q	tải trọng phân bố đều
P	lực tập trung
M_x	mômen uốn đối với trục x-x

V	lực cắt
g	tải trọng bản thân

C. Cường độ và ứng suất

E	môđun đàn hồi
f_y	cường độ tiêu chuẩn lấy theo giới hạn chảy của thép
f	cường độ tính toán của thép chịu kéo, nén, uốn lấy theo giới hạn chảy
f_v	cường độ tính toán chịu cắt của thép
f_c	cường độ tính toán của thép khi ép mặt theo mặt phẳng tì đầu (có gia công phẳng)
f_w	cường độ tính toán của mối hàn đối đầu chịu nén, kéo, uốn theo giới hạn chảy
f_{wt}	cường độ tính toán của mối hàn đối đầu khi chịu kéo
f_{wf}	cường độ tính toán của đường hàn góc (chịu cắt quy ước) theo kim loại mối hàn
f_{ws}	cường độ tính toán của đường hàn góc (chịu cắt quy ước) theo kim loại ở biên nóng chảy
σ	ứng suất pháp
σ_c	ứng suất pháp cục bộ
$\sigma_{cr}; \sigma_{c,cr}$	các ứng suất pháp tới hạn và ứng suất cục bộ tới hạn
τ	ứng suất tiếp
τ_{cr}	ứng suất tiếp tới hạn.

D. Kí hiệu các thông số

γ_c	hệ số điều kiện làm việc của kết cấu
γ_Q	hệ số độ tin cậy của hoạt tải
γ_g	hệ số độ tin cậy của tĩnh tải
φ	hệ số khi tính ổn định sườn đầu dầm
φ_b	hệ số giảm khả năng chịu lực của dầm khi xét đến điều kiện ổn định tổng thể
β_f, β_s	các hệ số để tính toán đường hàn góc theo kim loại đường hàn và ở biên nóng chảy của thép cơ bản

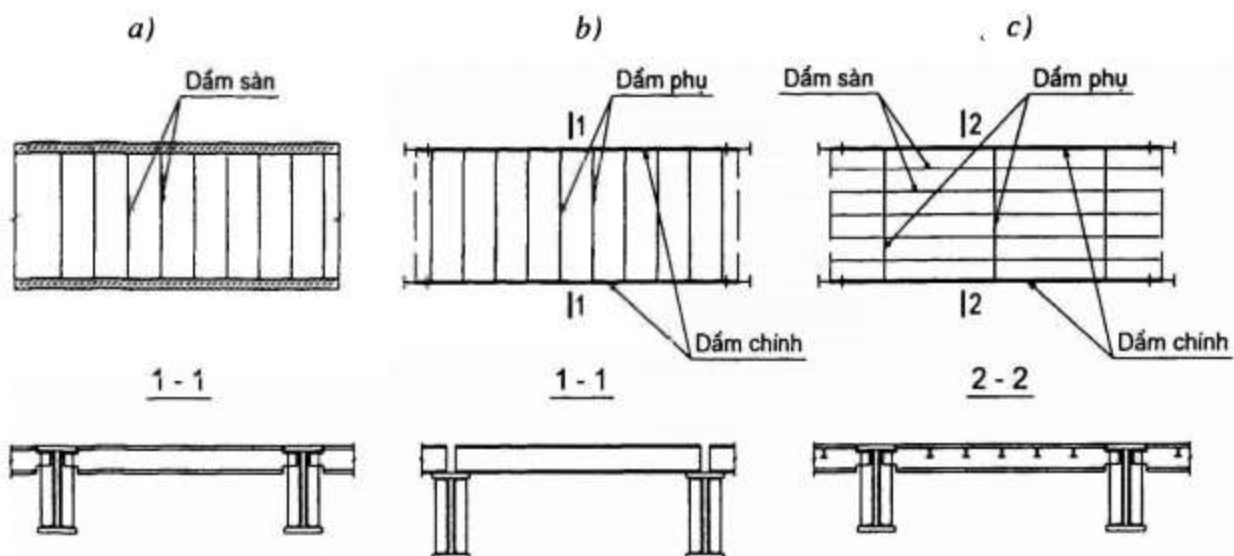


KHÁI NIỆM CHUNG VỀ HỆ DẦM SÀN THÉP - HỆ DẦM SÀN LIÊN HỢP

Dầm là một cấu kiện cơ bản trong kết cấu xây dựng, được sử dụng rộng rãi trong kết cấu của sàn nhà công nghiệp, dân dụng; trong kết cấu dầm mái nhà, dầm cầu, dầm cầu trục... Tùy theo nhịp và tải trọng tác dụng, dầm là thép hình hoặc dầm thép tổ hợp (hàn, bu lông hoặc đinh tán), tiết diện đối xứng hoặc không. Theo sơ đồ kết cấu dầm có thể là dầm đơn giản, liên tục hoặc dầm con sơn.

Tùy theo kích thước nhà, có thể có nhiều cách bố trí mạng lưới dầm đỡ sàn. Trong thực tế thường dùng ba mạng lưới dầm: Hệ dầm đơn giản, hệ dầm phổ thông, hệ dầm phức tạp.

Bản sàn đặt trên hệ dầm có thể là tấm sàn thép hoặc bằng bê tông cốt thép (hệ dầm sàn liên hợp). Chiều dày, bước và nhịp của hệ bản sàn tùy thuộc vào tải trọng tác dụng.



Hình 1.1. Hệ mạng dầm

a) Hệ dầm đơn giản; b) Hệ dầm phổ thông; c) Hệ dầm phức tạp

Hệ dầm đơn giản (hình 1-1a) dùng cho sàn nhà có tải trọng nhỏ. Kết cấu chỉ gồm 1 loại dầm (dầm sàn), bố trí song song với phương cạnh ngắn của sàn.

Hệ dầm phổ thông (hình 1-1b) dùng khi tải trọng và nhịp dầm không quá lớn. Kết cấu gồm hai hệ thống dầm đặt vuông góc với nhau. Dầm chính song song với phương cạnh dài sàn, tựa lên cột hoặc tường, dầm phụ đặt vuông góc với dầm chính.

Hệ dầm phức tạp (hình 1-1c) dùng khi tải trọng rất lớn. Kết cấu gồm 3 hệ thống dầm: Dầm chính, dầm phụ và dầm bản sàn. Các dầm trong hệ được liên kết bằng các phương án: Liên kết chồng, liên kết bằng mặt và liên kết thấp.

Liên kết chồng bố trí cấu tạo đơn giản, tuy nhiên chiều cao kiến trúc lớn, tính ổn định thấp.

Liên kết bằng mặt giảm được chiều cao nhà, tăng độ ổn định, tuy nhiên lắp đặt phức tạp.

Liên kết thấp có ưu điểm như liên kết bằng mặt dùng trong hệ dầm phức tạp.

Chương II

TÍNH TOÁN BẢN SÀN

2.1. CHỌN CHIỀU DÀY BẢN SÀN

Bản sàn đặt trên hệ dầm có thể bằng bê tông cốt thép hoặc bằng thép.

2.1.1. Bản sàn bằng bê tông cốt thép

Nhịp sàn bê tông cốt thép thường chọn từ (2÷3,5) m. Chiều dày và nhịp của bản sàn xác định phụ thuộc vào tải trọng tác dụng lên sàn. Thường chọn theo bảng 2-1.

Bảng 2.1. Chiều dày sàn bê tông cốt thép và tải trọng

Nhịp tính toán (m)	Chiều dày t sàn bê tông cốt thép khi p (kN/m ²), mm			
	15 ÷ 20	20 ÷ 25	25 ÷ 30	30 ÷ 35
1,5 ÷ 2,0	100	120	120	140
2,0 ÷ 2,5	120	120	140	160
2,5 ÷ 3,5	140	140	160	180

Bản sàn bê tông cốt thép liên kết vào dầm thép bằng các chốt thép, chốt được hàn với dầm thép. Khoảng cách và đường kính chốt được xác định theo lực cắt (điều kiện chống trượt).

2.1.2. Bản sàn bằng thép

Bản sàn thép được liên kết với dầm bằng các đường hàn góc. Sơ đồ tính của bản sàn là dầm siêu tĩnh bậc một. Chiều dày và nhịp của bản sàn được chọn theo điều kiện độ bền và độ cứng.

Sơ bộ chọn chiều dày bản sàn theo tải trọng tác dụng (bảng 2-2).

Bảng 2-2. Chiều dày bản sàn thép và tải trọng

Tải trọng tác dụng, p (kN/m ²)	Chiều dày bản sàn thép, t _s (mm)
≤ 10	6 ÷ 8
≤ 20	8 ÷ 10
≤ 30	10 ÷ 12
>30	12 ÷ 14

Nhịp của sàn (l_s) được xác định theo công thức gần đúng hoặc tra đồ thị:

$$\frac{l_s}{t_s} = \frac{4n_0}{15} \left(1 + \frac{72E_1}{n_0^4 p^{tc}}\right) \quad (2-1)$$

trong đó: $n_0 = \left[\frac{l}{\Delta}\right]$ - nghịch đảo của độ võng cho phép của bản sàn.

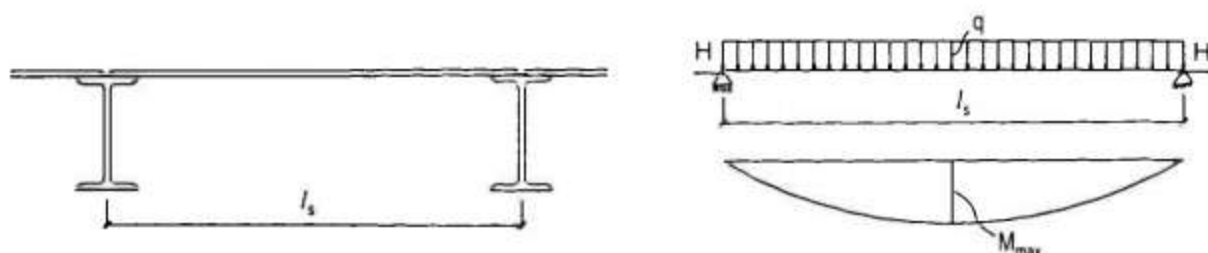
$$E_1 = \frac{E}{1 - \nu^2}$$

ν - hệ số Poát xông.

Khi lựa chọn nhịp của bản sàn cần lưu ý sao cho nhịp của dầm chia hết cho nhịp của bản sàn.

2.2. TÍNH TOÁN BẢN SÀN THÉP

Cắt 1 dải bản có bề rộng bằng đơn vị theo chiều cạnh ngắn của nhịp sàn. Do được hàn với dầm bằng các đường hàn góc, dưới tác dụng của tải trọng, sàn bị ngăn cản biến dạng, tại gối tựa sẽ phát sinh ra lực kéo H (hiệu ứng màng) và mô men âm. Bỏ qua ảnh hưởng của mô men âm, sơ đồ tính nội lực của sàn được thể hiện trên hình vẽ 2-1.



Hình 2.1. Sơ đồ tính bản sàn thép

$$q_s^{tc} = (p^{tc} + t_s \rho) l \quad (2-2)$$

$$q_s^{tt} = (p^{tc} \gamma_p + t_s \rho \gamma_g) l \quad (2-3)$$

trong đó:

p^{tc} - tải trọng tác dụng lên sàn;

ρ - trọng lượng riêng của thép;

γ_g, γ_p - hệ số vượt tải của tĩnh tải và hoạt tải.

Mô men lớn nhất ở giữa nhịp:

$$M_{max} = \frac{q_s^{tt} l_s^2}{8} - H \Delta = M_0 \frac{1}{1 + \alpha} \quad (2-4)$$

Lực kéo H:

$$H = \gamma_p \frac{\pi^2}{4} \left[\frac{\Delta}{l} \right]^2 E_1 t_s. \quad (2-5)$$

Độ võng:

$$\Delta = \Delta_0 \frac{1}{1 + \alpha}, \quad (2-6)$$

với:

$$\Delta_0 = \frac{5}{384} \frac{q_s^{tc} l_s^4}{E_1 I_x},$$

trong đó: Δ - độ võng lớn nhất của bản sàn do tĩnh tải và hoạt tải sàn gây ra;

Δ_0 - độ võng của bản sàn có sơ đồ là dầm đơn giản cùng nhịp.

Hệ số α tỷ số giữa lực kéo H và lực tới hạn Euler P_{th} được xác định theo phương trình sau:

$$\alpha(1 + \alpha)^2 = 3 \left(\frac{\Delta_0}{t_s} \right)^2. \quad (2-7)$$

2.2.1. Kiểm tra sàn theo điều kiện độ bền

$$\sigma \equiv \frac{H}{A_s} + \frac{M_{\max}}{W_s} \leq f_{yc}, \quad (2-8)$$

trong đó:

$$W_s = \frac{t_s^2}{6}; \quad A_s = t_s.$$

2.2.2. Kiểm tra sàn theo điều kiện độ võng

$$\Delta = \Delta_0 \frac{1}{1 + \alpha} \leq [\Delta] \quad (2-9)$$

2.2.3. Chiều cao đường hàn liên kết giữa sàn và dầm chịu lực kéo H

$$h_f = \frac{H}{(\beta f_w)_{\min} \gamma_c} \quad (2-10)$$

trong đó:

$$(\beta f_w)_{\min} = \min (\beta_f f_{wf}; \beta_s f_{ws});$$

β_f, β_s - các hệ số để tính toán đường hàn góc theo kim loại đường hàn và ở biên nóng chảy của thép cơ bản;

f_{wf}, f_{ws} - cường độ tính toán chịu cắt quy ước của thép đường hàn và thép cơ bản trên biên nóng chảy.

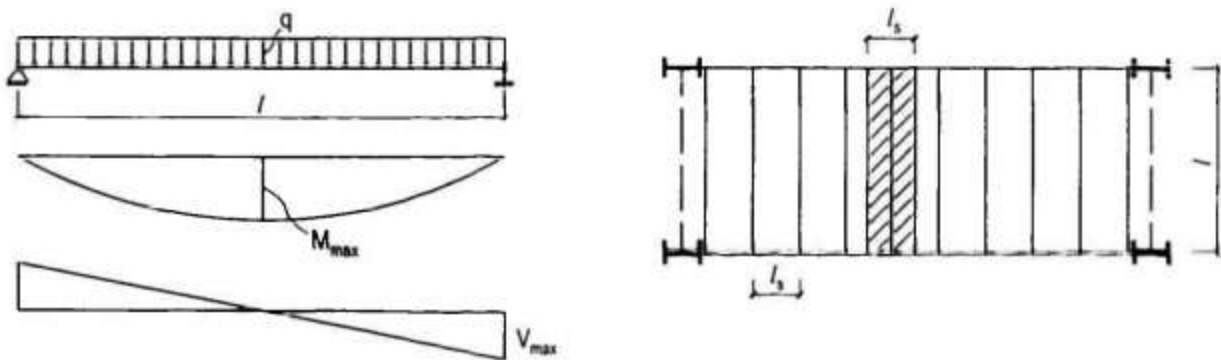
Chương III

TÍNH TOÁN DẦM PHỤ

Dầm phụ thường chọn là thép định hình cán nóng tiết diện chữ I. Dầm được bắt bu lông vào cột, dầm chính hoặc đặt lên tường.

3.1. SƠ ĐỒ KẾT CẤU VÀ TẢI TRỌNG TÁC DỤNG LÊN DẦM PHỤ

Dầm phụ được coi là dầm đơn giản. Tải trọng tác dụng lên dầm phụ là tải từ sàn truyền vào là q phân bố đều (hình 3-1).



Hình 3-1. Sơ đồ tính dầm phụ

$$q_{dp}^{tc} = (p^{tc} + t_s \rho) l_s \quad (3-1)$$

$$q_{dp}^{tt} = (p^{tc} \gamma_p + t_s \rho \gamma_g) l_s \quad (3-2)$$

Mô men lớn nhất M_{max} ở giữa nhịp:

$$M_{max} = \frac{q_{dp}^{tt} l^2}{8}.$$

Lực cắt V_{max} tại gối tựa:

$$V_{max} = \frac{q_{dp}^{tt} l}{2}.$$

3.2. CHỌN TIẾT DIỆN DẦM PHỤ

Xác định mô men chống uốn của dầm theo yêu cầu độ bền:

$$W_{yc} \geq \frac{M_{max}}{f_{\gamma_c}} \quad (3-3)$$

Nếu kể đến sự làm việc trong giai đoạn đàn hồi dẻo của thép, mô đun chống uốn của dầm tính thêm hệ số phát triển biến dạng dẻo:

$$W_{yc} \geq \frac{M_{max}}{1,12f_{\gamma_c}} \quad (3-4)$$

Từ W_{yc} tra bảng thép hình chữ I và chọn tiết diện có $W_x > W_{yc}$.

3.3. KIỂM TRA TIẾT DIỆN DẦM PHỤ

3.3.1. Kiểm tra tiết diện dầm phụ theo điều kiện độ bền

- Kiểm tra ứng suất pháp:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} + M_{bt}}{W_x} \leq f_{\gamma_c} \quad (3-5)$$

Hoặc:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} + M_{bt}}{1,12W_x} \leq f_{\gamma_c}$$

- Kiểm tra ứng suất tiếp:

$$\tau = \frac{(V_{max} + V_{bt})S_x}{I_x t_w} \leq f_v \gamma_c \quad (3-6)$$

trong đó:

S_x, I_x, t_w - mô men tĩnh, mô men quán tính đối với trục x và chiều dày bản bụng dầm;

M_{bt}, V_{bt} - mô men và lực cắt do trọng lượng bản thân dầm phụ (g_{bt}) gây ra:

$$M_{bt} = \frac{g_{bt} \gamma_g l^2}{8}; \quad V_{bt} = \frac{g_{bt} \gamma_g l}{2}$$

Nếu tại nơi kiểm tra có giảm yếu bởi các lỗ đinh do liên kết, khi tính toán phải kể đến sự giảm yếu đó.

Khi phía trên dầm có tải trọng đặt tập trung P, phía dưới dầm không đặt sườn gia cường, cần kiểm tra ứng suất cục bộ gây ra đối với bản bụng của dầm:

$$\sigma_c = \frac{P}{t_w l_z} \leq f_{\gamma_c} \quad (3-7)$$

trong đó: l_z - chiều dài chịu tải quy ước, tính theo công thức:

$$l_z = b_f^{dt} + 2t_f$$

với: b_f^{dt} - bề rộng cánh dầm đặt phía trên;

t_f - chiều dày bản cánh dầm.

3.3.2. Kiểm tra độ võng dầm

$$\frac{\Delta}{l} = \frac{5}{384} \frac{(q_{tc} + g_{tc}) l^3}{EI_x} \leq \left[\frac{\Delta}{l} \right], \quad (3-8)$$

với: $\left[\frac{\Delta}{l} \right] = \frac{1}{250}$ - độ võng cho phép của dầm phụ.

3.3.3. Kiểm tra ổn định tổng thể

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{\varphi_d W_c} \leq f_{yc} \quad (3-9)$$

trong đó:
$$\varphi_d = \psi \frac{I_y}{I_x} \left(\frac{h}{l} \right)^2 \frac{E}{f} \quad (3-10)$$

φ_d - hệ số khi xét đến ổn định tổng thể của dầm;

W_c - mô đun chống uốn của tiết diện nguyên cho thớ biên của cánh chịu nén;

I_x, I_y - mô men quán tính của tiết diện dầm I theo hai phương x và y;

h - chiều cao của dầm;

l - nhịp dầm;

ψ - hệ số tra bảng (phụ lục X), phụ thuộc vào thông số α ;

$$\alpha = 1,54 \frac{I_{xoan}}{I_y} \left(\frac{l}{h} \right)^2, \quad (3-11)$$

I_{xoan} - mômen quán tính khi xoắn.

Không cần kiểm tra ổn định tổng thể của dầm khi có một trong hai điều kiện sau:

- Cánh chịu nén của dầm được liên kết chặt với bản sàn thép hoặc bản sàn bê tông cốt thép.

- Dầm có tỷ số $\frac{l_0}{b_f}$ thỏa mãn biểu thức:

$$\frac{l_0}{b_f} \leq \left[0,41 + 0,0032 \frac{b_f}{t_f} + \left(0,73 - 0,016 \frac{b_f}{t_f} \right) \frac{b_f}{h_{fk}} \right] \sqrt{\frac{E}{f}} \quad (3-12)$$

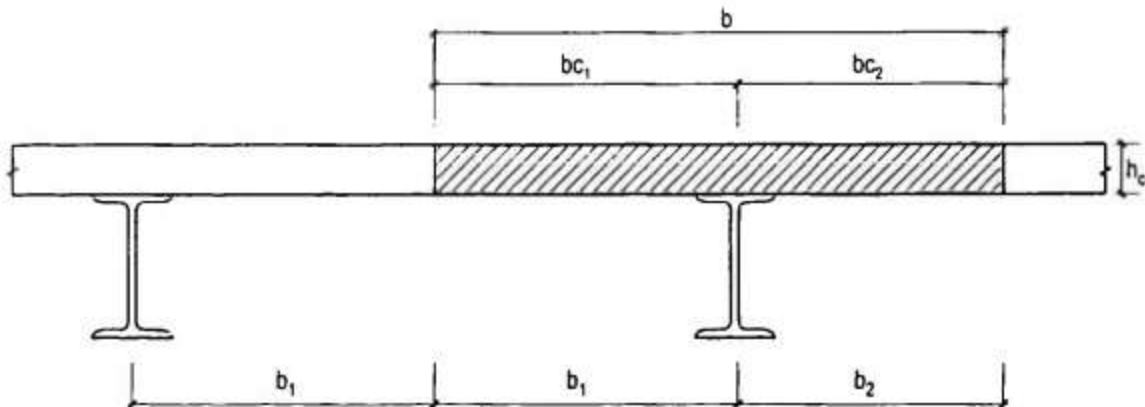
b_f, t_f - bề rộng, chiều dày của cánh dầm;

h_{fk} - khoảng cách giữa trục các cánh dầm.

3.3.4. Khi phía trên dầm phụ có bản sàn bê tông cốt thép (hệ dầm sàn liên hợp)

Nếu hệ dầm phía trên liên kết chặt chẽ với bản sàn bê tông cốt thép có thể kể tới sự làm việc liên hợp của hệ như sau:

Khi chịu uốn, một phần sàn bê tông sẽ tham gia cùng làm việc với dầm thép tạo thành tiết diện làm việc dạng chữ T (hình 3-2). Trên bề rộng tham gia làm việc của bản bê tông cốt thép, ứng suất pháp coi như phân bố đều.



Hình 3-2. Chiều rộng tham gia làm việc của tấm sàn cùng với dầm

Bề rộng tham gia làm việc của sàn bê tông được xác định tùy thuộc vào bước dầm, nhịp dầm, chiều dày bản bê tông, tải trọng và điều kiện liên kết của bản, có thể tham khảo theo quy phạm của một số nước (phụ lục XI).

Khi tính đến sự làm việc liên hợp của hệ dầm sàn cần dựa trên một số giả thuyết sau:

1. Sau khi uốn tiết diện vẫn phẳng, cho phép áp dụng các giả thiết của sức bền vật liệu;
2. Toàn bộ thép đạt tới giới hạn chịu lực;
3. Bỏ qua sự làm việc của phần bê tông chịu kéo, phần bê tông chịu nén đạt tới cường độ tính toán;
4. Bản bê tông không trượt trên dầm thép, liên kết giữa dầm thép và bê tông đủ để chịu lực trượt. Sự phá hoại do trượt chỉ xảy ra sau khi phá hoại về bền;
5. Bỏ qua sự làm việc của cốt thép trong bản bê tông.

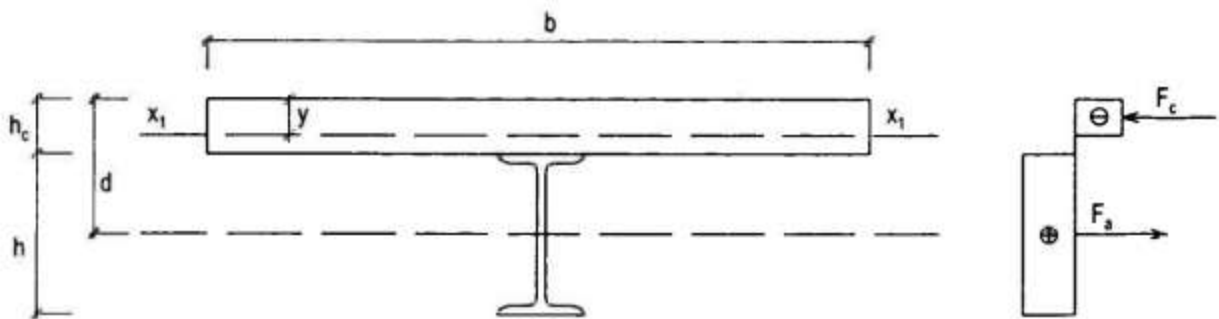
3.3.4.1. Tính dầm theo điều kiện bền

Khi trục trung hoà đi qua phần bản bê tông trục $x_1 - x_1$ (hình 3-3).

Khi chịu mô men dầm thép chịu kéo, một phần bản bê tông chịu nén (y):

$$F_c = byf_{ck} / \gamma_c; \quad (3-13)$$

$$F_a = fA.$$



Hình 3-3. Sự làm việc của tiết diện liên hợp khi trục trung hoà đi qua bản sàn bê tông.

Khả năng chịu uốn của tiết diện:

$$M_{\max} \leq F_a (d - y/2). \quad (3-14)$$

Vị trí trục trung hoà:

$$y = \frac{fA}{bf_{ck}/\gamma_c} \leq h_c, \quad (3-15)$$

f_{ck} - cường độ chịu nén của bê tông;

γ_c - hệ số an toàn của vật liệu bê tông: $\gamma_c = 1,5$;

A - diện tích dầm thép;

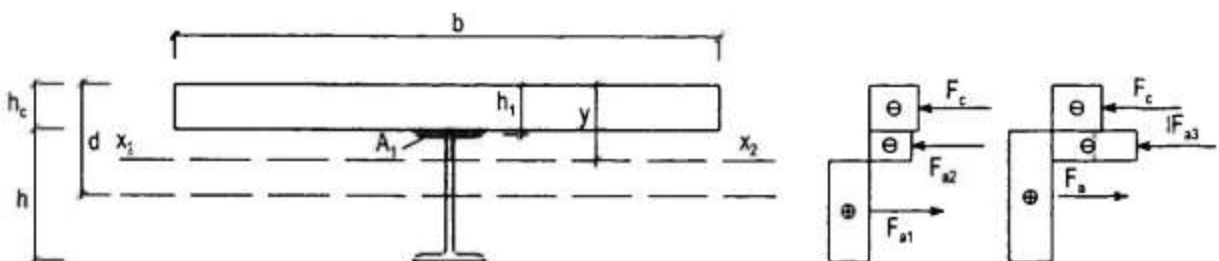
d - khoảng cách từ trọng tâm dầm thép đến mặt trên của sàn;

F_c - lực nén tác dụng vào bản bê tông;

F_a - lực kéo tác dụng vào dầm thép;

Khi $y > h_c$, trục trung hoà sẽ không ở phần bê tông mà ở phần dầm thép.

Khi trục trung hoà đi qua phần dầm thép trục $x_2 - x_2$ (hình 3- 4):



Hình 3-4. Sự làm việc của tiết diện liên hợp khi trục trung hoà đi qua dầm thép.

Khi chịu mô men một phần tiết diện dầm thép chịu nén, biểu đồ ứng suất trong tiết diện liên hợp được thể hiện ở hình 3-4. Để thuận tiện cho tính toán, có thể quy đổi phần tiết diện thép chịu kéo lên hết tiết diện dầm, còn phần tiết diện thép chịu nén sẽ tăng lên 2 lần, ta có:

$$F_c = \frac{bh_c f_{ck}}{\gamma_c}; \quad (3-16)$$

$$F_a = Af;$$

$$F_{a3} = 2A_1 f.$$

Khả năng chịu uốn của tiết diện:

$$M_{max} \leq Af \left(\frac{d-h_c}{2} \right) - 2.A_1 f \left(\frac{h_1-h_c}{2} \right); \quad (3-17)$$

Diện tích A_1 của phần dầm thép chịu nén được xác định từ phương trình cân bằng, ta có:

$$A_1 = \frac{Af - bh_c f_{ck} / \gamma_c}{2f}, \quad (3-18)$$

h_1 - khoảng cách từ trọng tâm của phần tiết diện thép chịu nén A_1 đến mép trên của bản bê tông.

3.3.4.2. Tính cấu kiện liên hợp theo điều kiện biến dạng

Đặt:
$$m = \frac{E_a}{E_{bt}}$$

- Khi trục trung hoà đi qua phần bản bê tông tức là khi:

$$mA(d-h_c) \leq \frac{bh_c^2}{2} \quad (3-19)$$

Chiều cao vùng nén y xác định từ phương trình:

$$mA(d-y) = \frac{1}{2}by^2 \quad (3-20)$$

Mô men quán tính của tiết diện liên hợp:

$$I = \frac{by^3}{3m} + I_a + A(d-y)^2. \quad (3-21)$$

- Khi trục trung hoà đi qua dầm thép ($y > h_c$)

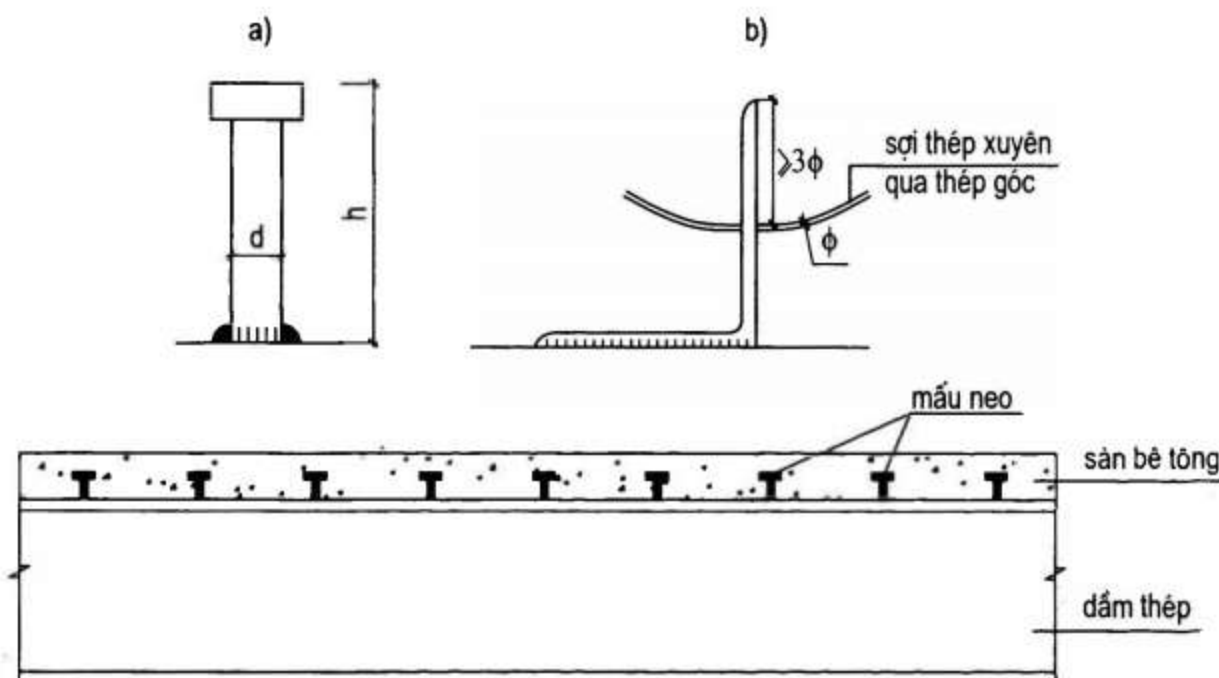
$$I = \frac{bh_c^3}{12m} + \frac{bh_c}{m} \left(\frac{y-h_c}{2} \right)^2 + I_a + A(d-y)^2. \quad (3-22)$$

- Độ võng của dầm:

$$\frac{\Delta}{l} = \frac{5}{384} \frac{q_{tc} l^3}{EI} \leq \left[\frac{\Delta}{l} \right] \quad (3-23)$$

3.3.4.3. Tính liên kết của sàn liên hợp với dầm phụ

Sàn bê tông được liên kết với dầm thép thông qua các chốt thép (mấu neo). Chốt thép có nhiều loại khác nhau được hàn chặt vào dầm thép (hình 3-5).



Hình 3-5. Liên kết giữa dầm thép và sàn bê tông.
a) Liên kết dạng mấu neo; b) Liên kết dạng thép góc hàn.

Số lượng mấu neo được tính toán trên cơ sở chịu lực cắt. Theo tiêu chuẩn Eurocode 4, lực cắt dọc lấy theo khả năng chịu lực của dầm thép hoặc theo khả năng chịu nén của bê tông:

$$V = \min (Af ; 0,85bh_c f_{ck} / \gamma_c) \quad (3-24)$$

Sức bền tính toán của mấu neo (hình 3-5a) được lấy 1 trong 2 khả năng sau:

$$\min (P_c^1 ; P_c^2).$$

Theo khả năng phá hoại của neo:

$$P_c^1 = 0,8f_u \frac{\pi d^2}{4} / \gamma_v. \quad (3-25)$$

Theo khả năng phá hoại của bê tông bao quanh neo thép:

$$P_c^2 = 0,29\alpha d^2 \sqrt{\frac{f_{ck} E_{cm}}{\gamma_v}}. \quad (3-26)$$

trong đó:

d - đường kính của neo;

f_u - sức bền kéo đứt của thép làm neo;

f_{ck} - cường độ chịu nén của bê tông;

E_{cm} - mô đun đàn hồi của bê tông;

α - hệ số điều chỉnh;

$\alpha = 1$ khi $h/d > 4$;

$\alpha = 0,2[(h + d) + 1]$ khi $3 \leq h/d \leq 4$;

h - chiều cao của neo;

γ_v - hệ số an toàn, $\gamma_v = 1,25$.

Số lượng neo thép bố trí trên chiều dài dầm:

$$n = \frac{V}{\min(P_c^1; P_c^2)} \quad (3-27)$$

Khoảng cách các neo thép lấy đều nhau trên dầm.

Chương IV

TÍNH TOÁN DẦM CHÍNH

4.1. SƠ ĐỒ KẾT CẤU - TẢI TRỌNG TÁC DỤNG LÊN DẦM CHÍNH

Dầm chính được đặt lên trên cột hoặc gối lên tường, sơ đồ kết cấu là dầm đơn giản.

Tải trọng tác dụng lên dầm chính bao gồm: trọng lượng bản sàn, dầm phụ và hoạt tải.

Lực tập trung do phản lực dầm phụ truyền xuống (hình 4-1).

$$V = (q_{dp}^{II} + g_{dp} \gamma_g) l \quad (4-1)$$

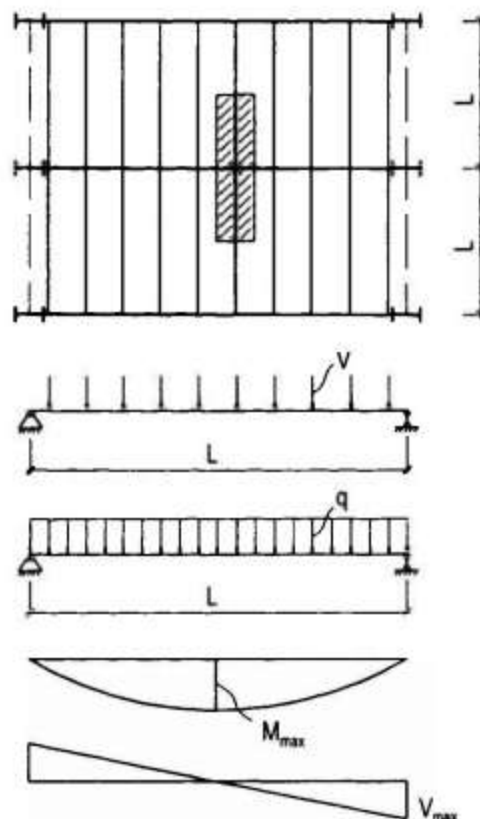
Nếu các dầm phụ đặt gần nhau, có thể xem tải trọng tác dụng lên dầm chính là phân bố đều. Tải trọng tập trung được thay thế bằng tải trọng tương đương phân bố đều, lúc đó:

$$\begin{aligned} q_{dc}^{tc} &= \frac{n(q_{dp}^{tc} + g_{dp}) l}{L}; \\ q_{dc}^{II} &= \frac{n(q_{dp}^{II} + g_{dp} \gamma_g) l}{L} \end{aligned} \quad (4-2)$$

Với n là số lượng dầm phụ đặt trên dầm chính.

Mômen và lực cắt lớn nhất trong dầm:

$$\begin{aligned} M_{max} &= \frac{q_{dc}^{II} L^2}{8}; \\ V_{max} &= \frac{q_{dc}^{II} L}{2}. \end{aligned}$$



Hình 4-1. Sơ đồ tải trọng tác dụng lên dầm chính

4.2. CHỌN CHIỀU CAO DẦM: h (hình 4-2)

Chiều cao của tiết diện dầm phải đảm bảo các yêu cầu về sử dụng và kinh tế.

$$\begin{aligned} h_{min} &\leq h \leq h_{max} \\ h &\approx h_{kt} \end{aligned} \quad (4-3)$$

h_{min} - chiều cao của tiết diện dầm đảm bảo cho dầm có đủ độ cứng trong quá trình sử dụng, không vượt quá độ võng cho phép.

Với tải trọng phân bố đều, h_{\min} được xác định theo công thức sau:

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

trong đó:

$$\frac{l}{n_{tb}} = \frac{q_{dc}^{tc} + g_{dc}}{q_{dc}^{tt} + g_{dc} \gamma_g}.$$

h_{\max} - chiều cao của tiết diện dầm xác định từ điều kiện kiến trúc.

h_{kt} - chiều cao của tiết diện dầm ứng với số lượng thép làm dầm ít nhất:

$$h_{kt} = k \sqrt{\frac{M_{\max}}{f_{t_w}}} \quad (4-5)$$

trong đó:

k - hệ số phụ thuộc vào cấu tạo dầm; $k = 1,2 \div 1,15$ đối với dầm tổ hợp hàn;
 $k = 1,25 \div 1,20$ đối với dầm tổ hợp bu lông (đinh tán);

t_w - chiều dày bản bụng dầm, sơ bộ chọn $t_w \geq 8\text{mm}$.

Khi dầm có chiều cao $< 2\text{ m}$, chiều dày bụng dầm có thể sơ bộ chọn theo công thức kinh nghiệm:

$$t_w = 7 + \frac{3h}{1000} \quad (\text{mm}). \quad (4-6)$$

Nếu xét tới ảnh hưởng của độ mảnh bản bụng dầm $\lambda_w = \frac{h_w}{t_w}$ thì h_{kt} tính theo công thức sau:

$$h_{kt} = \sqrt{\frac{3\lambda_w W_{yc}}{2}}, \quad (4-7)$$

trong đó:

$$W_{yc} = \frac{M_{\max}}{f_{y_c}}.$$

Với dầm có chiều cao: $h \leq 1\text{ m}$ $t_w = 8 \div 10\text{ mm}$ $\lambda_w = 100 \div 125$

$h < (1 \div 1,5)\text{ m}$ $t_w = 10 \div 12\text{ mm}$ $\lambda_w = 125 \div 150$

$h < (1,5 \div 2)\text{ m}$ $t_w = 12 \div 14\text{ mm}$ $\lambda_w = 145 \div 165$

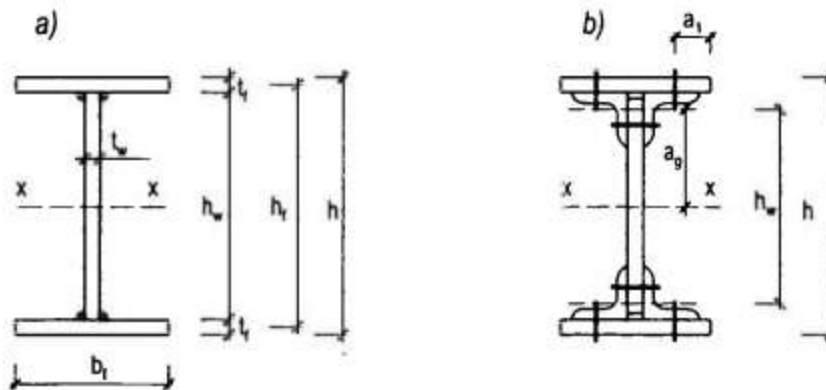
Chiều cao h nên chọn theo bội số 100 mm, có thể lấy sai khác khoảng từ 10 ÷ 20% vẫn đảm bảo yêu cầu về kinh tế.

4.3. KIỂM TRA CHIỀU DÀY BẢN BỤNG DẦM

Chiều dày bản bụng dầm t_w được chọn từ việc xác định chiều cao h dầm; t_w càng nhỏ thì dầm càng nhẹ. Tuy nhiên t_w cần đảm bảo điều kiện chịu lực cắt lớn nhất:

$$t_w \geq \frac{3}{2} \frac{V_{\max}}{h f_v} \quad (4-8)$$

trong đó: f_v - cường độ chịu cắt của thép.



Hình 4-2. Tiết diện dầm tổ hợp
a) Dầm hàn; b) Dầm bu lông hoặc đinh tán;

4.4. TÍNH BẢN CÁNH DẦM: b_f, t_f

Diện tích cánh dầm tổ hợp hàn đối xứng xác định theo công thức gần đúng:

$$A_f = b_f t_f \approx \left(\frac{M_{\max}}{\gamma_c f} \frac{h}{2} - \frac{t_w h_w^3}{12} \right) \frac{2}{h_w^2} \quad (4-9)$$

Chiều rộng cánh dầm hàn được xác định dựa trên các điều kiện về cấu tạo, về ổn định tổng thể và cục bộ như sau:

$$\left(\frac{1}{10} h; 180 \right) \leq b_f = \left(\frac{1}{2} \div \frac{1}{5} \right) h \leq \left(30 t_f \cdot \sqrt{\frac{E}{f}} t_f \right) \quad (4-10)$$

$$t_w \leq t_f \leq 3 \cdot t_w$$

Với: t_f - chọn từ 12 ÷ 24 cm.

Diện tích tiết diện cánh dầm liên kết bu lông (hoặc đinh tán)

Cánh dầm liên kết bu lông có 2 thép góc, có thể có thêm 1 đến 2 thép bản đáy. Khi tính bản cánh, chọn trước 2 thép góc, cần thỏa mãn các điều kiện sau:

$$b_g = \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{12} \right) h;$$

$$t_g = t_w; \quad t_g = \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{12} \right) b_g.$$

Xác định tiết diện bản dầm:

$$I_d = I - I_w - I_g$$

$$\frac{2n_l b_d t_d h_d^2}{4} = W_x \frac{h}{2} - \frac{h_w^3 t_w}{12} - 4 \left(I_g^0 + a_g^2 A_g \right) \quad (4-11)$$

n_l - số lượng bản dầm ở một cánh dầm;

b_d, t_d - bề rộng và bề dày thép bản dầm;

h_d - khoảng cách trọng tâm các bản dầm ở cánh dầm;

I_g^0 - mô men quán tính của một thép góc lấy đối với một trục của nó;

A_g - diện tích một thép góc;

a_g - khoảng cách từ trọng tâm thép góc đến trục trung hoà của tiết diện;

Từ (4-11) xác định được diện tích cần thiết $b_d t_d$ của tiết diện bản dầm cho mỗi cánh dầm.

Chiều rộng cần thiết của bản dầm:

$$b_d > 2b_g + t_w$$

Phần dầm ra a_l của bản dầm, tính từ tâm đỉnh tán ngoài cùng đến mép bản chọn như sau:

$$a_l \leq 15t_d \text{ khi cánh dầm có 1 bản dầm;}$$

$$a_l \leq 8t_d \text{ khi cánh dầm có 2 bản dầm.}$$

4.5. THAY ĐỔI TIẾT DIỆN DẦM THEO CHIỀU DÀI

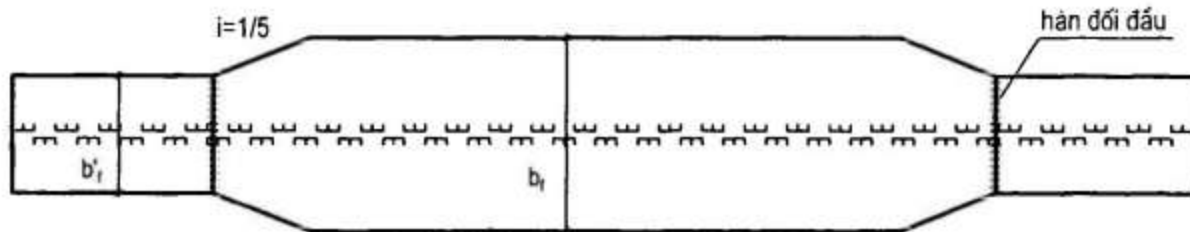
Kích thước của tiết diện dầm thường chọn theo giá trị lớn nhất của mô men M_{max} . Với dầm đơn giản chịu tải trọng phân bố đều, theo chiều dài nhịp giá trị mô men thay đổi. Để giảm nhẹ trọng lượng dầm và tiết kiệm vật liệu, nên thay đổi tiết diện dầm. Do tốn công chế tạo nên chỉ thay đổi tiết diện dầm khi nhịp $L \geq 10m$. Thường chọn cách thay đổi bề rộng bản cánh là cách đơn giản và hiệu quả nhất.

Điểm để thay đổi cách gối tựa một khoảng $x = (L/5 \div L/6)$. Tại đó xác định mô men M_x . Từ M_x chọn lại tiết diện bản cánh (như phần 4.4)

Tại nơi thay đổi, bản cánh được hàn bằng đường hàn đối đầu do vậy thay cường độ của thép (f) bằng cường độ của đường hàn đối đầu khi chịu kéo f_{wt} (nếu $f > f_{wt}$) và tính diện tích bản cánh thu hẹp theo công thức:

$$A'_f = \left(\frac{M_x}{f_{wt}} \frac{h}{2} - \frac{t_w h_w^3}{12} \right) \frac{2}{h_{fk}^2} \quad (4-12)$$

Bề rộng bản cánh thu hẹp b'_f vẫn phải thỏa mãn các điều kiện cấu tạo, ổn định tổng thể và ổn định cục bộ.



Hình 4-3. Thay đổi tiết diện cánh dầm hàn

4.6. KIỂM TRA TIẾT DIỆN DẦM

4.6.1. Kiểm tra ứng suất pháp tại tiết diện giữa nhịp

Với dầm đơn giản tải trọng phân bố đều, tại giữa nhịp có mô men uốn lớn nhất, kiểm tra ứng suất pháp theo công thức sau:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max} + M_{bt}}{W_n} \leq f_{yc} \quad (4-13)$$

M_{bt} - mô men do trọng lượng bản thân dầm gây ra:

$$M_{bt} = \gamma_g \rho \frac{(t_w h_w + 2b_f t_f) L^2}{8};$$

W_n - mô men chống uốn của tiết diện thực (nếu có lỗ thu hẹp).

4.6.2. Kiểm tra ứng suất cắt tại gối tựa

$$\tau = \frac{(V_{\max} + V_{bt}) S'_x}{I'_x t_w} \leq f_{vc} \quad (4-14)$$

V_{bt} - lực cắt do trọng lượng bản thân dầm gây ra:

$$V_{bt} = \gamma_g \rho (t_w h_w + 2b_f t_f) \frac{L}{2}$$

S'_x - mô men tĩnh của nửa tiết diện dầm đối với trục trung hoà;

$$S'_x = b'_f t_f \frac{h_{fk}}{2} + \frac{A_w}{2} \frac{h_w}{4};$$

$$I'_x = \frac{t_w h_w^3}{12} + b'_f t_f \frac{h_{fk}^2}{2}.$$

4.6.3. Kiểm tra ứng suất pháp trong đường hàn đối đầu nối cánh

$$\sigma'_x = \frac{M_x + M_{bt}}{W'_x} \leq f_{wt} \gamma_c; \quad (4-15)$$

$$W'_x = \frac{I'_x}{h}.$$

4.6.4. Kiểm tra ứng suất cục bộ tại nơi có lực tập trung (nếu dầm phụ đặt chồng)

$$\sigma_c = \frac{P}{t_w l_z} \leq f \gamma_c, \quad (4-16)$$

P - lực tập trung đặt tại cánh trên dầm chính: $P = 2V_{dp}$

l_z - chiều dài chịu tải quy ước của bản bụng dầm: $l_z = b_f^{dp} + 2t_f$.

4.6.5. Kiểm tra ứng suất tương đương tại nơi thay đổi tiết diện dầm

$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} \leq 1,15f \gamma_c \quad (4-17)$$

$$\sigma_1 = \frac{(M_x + M_{xbl}) h_w}{W'_x h};$$

$$\tau_1 = \frac{(V_x + V_{xbl}) S'_x}{I'_x t_w}$$

Nếu tại nơi thay đổi tiết diện dầm có lực tập trung thì kiểm tra ứng suất tương đương theo công thức:

$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_c^2 - \sigma_c \sigma_1 + 3\tau_1^2} \leq 1,15f \gamma_c \quad (4-18)$$

4.7. KIỂM TRA ỔN ĐỊNH DẦM

4.7.1. Kiểm tra ổn định tổng thể

Kiểm tra ổn định tổng thể của dầm được thực hiện theo công thức (3-9).

Không cần kiểm tra ổn định tổng thể của dầm nếu kiểm tra tỷ số l_0/b_f thỏa mãn biểu thức (3-12).

4.7.2. Kiểm tra ổn định cục bộ

4.7.2.1. Kiểm tra ổn định cục bộ bản cánh dầm

Cánh của dầm tổ hợp là các bản thép mỏng, khi chịu ứng suất nén có thể bị mất ổn định cục bộ. Để đảm bảo bản cánh không bị mất ổn định, chiều dày và chiều rộng bản cánh phải thoả mãn các tỷ số sau:

$$\frac{b_0}{t_f} \leq 0,5 \sqrt{\frac{E}{f}} \quad (4-19)$$

Khi chọn tiết diện bản cánh đã đảm bảo điều kiện (4-19).

4.7.2.2. Kiểm tra ổn định cục bộ của bản bụng dầm

Bản bụng dầm tổ hợp có thể mất ổn định do tác dụng của ứng suất pháp, ứng suất tiếp hoặc đồng thời cả ứng suất pháp và tiếp.

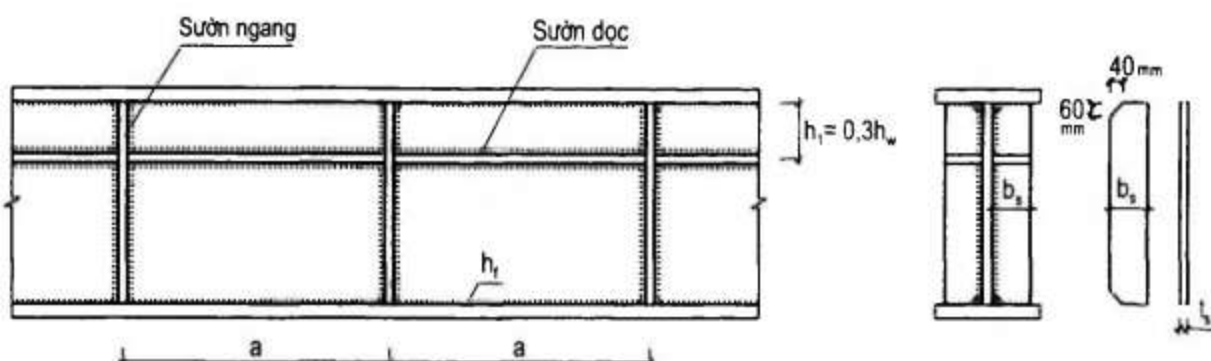
- Mất ổn định cục bộ của bụng dầm dưới tác dụng của ứng suất tiếp:

Độ mảnh bản bụng dầm:

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_w}{t_w} \sqrt{\frac{f}{E}} \quad (4-20)$$

Nếu $\bar{\lambda}_w \leq [\lambda_w] = 3,2$ (dầm chịu tải trọng tĩnh) thì bụng dầm ổn định dưới tác dụng của ứng suất tiếp.

Nếu $\bar{\lambda}_w > 3,2$ thì bản bụng bị mất ổn định, bản bụng phải được tăng cường bằng các sườn ngang (hình 4-4).



Hình 4-4. Dầm được tăng cường bằng các sườn cứng ngang và dọc.

Khoảng cách giữa các sườn ngang: $a \geq 2h_w$

$$\text{Kích thước sườn: } b_s \geq \frac{h_w}{30} + 40\text{mm} \quad (4-21)$$

$$t_s \geq 2b_s \sqrt{f/E}$$

- Mất ổn định cục bộ của bụng dầm dưới tác dụng của ứng suất pháp:

Khi $\bar{\lambda}_w > 5,5$ thì bản bụng dầm bị mất ổn định dưới tác dụng của ứng suất pháp.

Bản bụng được gia cường bằng các cặp sườn dọc. Sườn dọc được đặt cách mép chịu nén của bản bụng một đoạn: $h_1 = 0,3h_w$

- Mất ổn định cục bộ của bụng dầm dưới tác dụng đồng thời của cả ứng suất pháp và ứng suất tiếp:

Khi bụng dầm được tăng cường bởi các cặp sườn cứng ngang, bụng dầm vẫn có thể bị mất ổn định dưới tác dụng đồng thời của cả ứng suất pháp và ứng suất tiếp.

Nếu trên dầm không có lực tập trung tác dụng trên cánh nén của dầm và $3,5 \leq \bar{\lambda}_w \leq 6$, kiểm tra các ô bản bụng dầm theo công thức sau:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2} \leq \gamma_c, \quad (4-22)$$

Với

$$\sigma = \frac{M}{W_x} \frac{h_w}{h}; \quad \tau = \frac{V}{h_w t_w};$$

$$\sigma_{cr} = \frac{C_{cr} f}{\bar{\lambda}_w^2}; \quad \tau_{cr} = 10,3 \left(1 + \frac{0,76}{\mu^2}\right) \frac{f_v}{\bar{\lambda}_{ow}^2} \quad (4-23)$$

$$\bar{\lambda}_{ow} = \frac{d}{t_w} \sqrt{\frac{f}{E}}; \quad \delta = \beta \frac{b_f}{h_w} \left(\frac{t_f}{t_w}\right)^3; \quad \beta = 0,8 \text{ đối với dầm tổ hợp hàn.}$$

σ, τ - ứng suất pháp và ứng suất tiếp tại ô kiểm tra.

M, V - giá trị trung bình của mô men và lực cắt tại phạm vi ô bản.

Nếu ô có $a \leq h_w$, M và V lấy ở điểm giữa ô.

Nếu ô có $a > h_w$, M và V lấy tại tiết diện giữa của phần ô bản có ứng suất pháp lớn hơn và có chiều dài bằng h_w

σ_{cr}, τ_{cr} - ứng suất pháp và ứng suất tiếp tới hạn.

C_{cr} - hệ số tính ứng suất tới hạn phụ thuộc vào δ , tra bảng 4-1.

Bảng 4-1. Hệ số C_{cr}

δ	$\leq 0,8$	1,0	2,0	4,0	6,0	10,0	≥ 30
C_{cr}	30	31,5	33,3	34,6	34,8	35,1	35,5

Đối với dầm bu lông cường độ cao: $C_{cr} = 3,52$.

μ - tỷ số cạnh dài và cạnh ngắn của ô bụng dầm.

$\overline{\lambda}_{ow}$ - độ mảnh quy ước của ô bụng dầm

d - cạnh bé của ô bụng.

Khi có lực tập trung cục bộ tác dụng phía trên cánh nén của dầm cần kiểm tra ô bụng dầm theo công thức sau:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}} + \frac{\sigma_c}{\sigma_{c,cr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2} \leq \gamma_c \quad (4-24)$$

σ, τ, τ_{cr} - tính theo (4-23);

σ_c - tính theo (4-16);

$\sigma_{cr}, \sigma_{c,cr}$ được tính như sau:

- Khi $a/h_w \leq 0,8$ thì σ_{cr} tính theo (4-23);

$$\text{và } \sigma_{c,cr} = \frac{C_1 f}{\lambda_a^2}; \quad \overline{\lambda}_a = \frac{a}{t_w} \sqrt{\frac{f}{E}} \quad (4-25)$$

Bảng 4-2. Giá trị của C_1 đối với dầm hàn

δ	Giá trị của C_1 đối với dầm hàn khi a/h_w bằng								
	$\leq 0,5$	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	≤ 2
≤ 1	11,5	12,4	14,8	18,0	22,1	27,1	32,6	38,9	45,6
2	12,0	13,0	16,1	20,4	25,7	32,1	39,2	46,5	55,7
4	12,3	13,3	16,6	21,6	28,1	36,3	45,2	54,9	65,1
6	12,4	13,5	16,8	22,1	29,1	38,3	48,7	59,4	70,4
10	12,4	13,6	16,9	22,5	30,0	39,7	51,0	63,3	76,5
≥ 30	12,5	13,7	17,0	22,9	31,0	41,6	53,8	68,2	83,6

Giá trị của C_1 đối với dầm bu lông cường độ cao:

a/h	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
C_1	13,7	15,9	20,8	28,4	38,75	51,0	64,2	79,8	94,9

- Khi $a/h_w > 0,8$ và σ_c/σ lớn hơn các giá trị ở bảng 4- 4 thì tính σ_{cr} theo công thức sau:

$$\sigma_{cr} = \frac{C_2 f}{\lambda_w^2}; \quad (4-26)$$

C_2 - lấy theo bảng 4-3.

$\sigma_{c,cr}$ tính theo (4-25) nếu $a/h_w > 2$ thì lấy $a = 2h_w$.

Bảng 4-3. Hệ số C_2

a/h_w	$\leq 0,8$	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	≥ 2
C_2	Theo bảng 3 $C_2 = C_{cr}$	37,0	39,2	45,2	52,8	62,0	72,6	84,7

Bảng 4-4. Giá trị giới hạn của σ_c/σ

Loại dầm	δ	Giá trị tới hạn của σ_c/σ khi a/h_w bằng							
		0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	≥ 2
Hàn	≤ 1	0	0,146	0,183	0,267	0,359	0,445	0,54	0,618
	2	0	0,109	0,169	0,277	0,406	0,543	0,652	0,799
	4	0	0,072	0,129	0,281	0,479	0,711	0,930	0,132
	6	0	0,066	0,127	0,288	0,536	0,874	1,192	1,468
	10	0	0,059	0,122	0,296	0,574	1,002	1,539	2,154
	≥ 30	0	0,047	0,112	0,300	0,633	1,283	2,249	3,939
Bu lông cường độ cao	-	0	0,121	0,184	0,378	0,643	1,131	1,614	2,347

- Khi $a/h_w > 0,8$ và σ_c/σ không lớn hơn các giá trị ở bảng 4- 4 thì lấy σ_{cr} và $\sigma_{c,cr}$ như sau:

σ_{cr} lấy theo (4-23).

$\sigma_{c,cr}$ lấy theo (4-25) nhưng thay $a = a/2$.

4.8. TÍNH SƯỜN ĐẦU DẦM

Dầm thép có thể đặt lên trên cột thép, cột bê tông hoặc tường gạch.

Khi đặt lên cột thép, ở đầu dầm có phản lực lớn, để chịu phản lực gối tựa ở đầu dầm thường đặt sườn. Có 2 kiểu bố trí: sườn đặt ở ngay đầu dầm và sườn đặt ở bên trong dầm. (hình 4.5).

Sườn đặt sát cánh dưới dầm hoặc nhô khỏi cánh dầm 1 đoạn $a \leq 1,5t_s$.

Tiết diện sườn đầu dầm được xác định theo điều kiện ép mặt, điều kiện ổn định.

Điều kiện ép mặt:

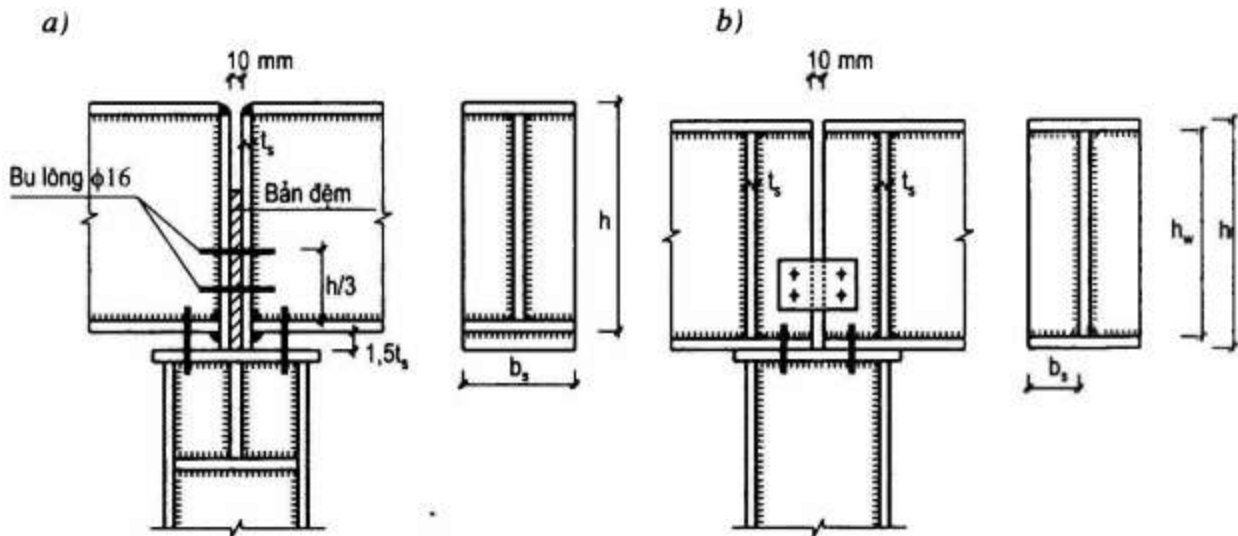
$$\sigma_{em} = \frac{V_{\max}}{A_{em}} \leq f_c \gamma_c \quad (4-27)$$

A_{em} - diện tích ép mặt của sườn.

$A_{em} = b_s t_s$ khi sườn đặt bên ngoài.

$A_{em} = 2(b_s - 4\text{cm})t_s$ khi sườn đặt bên trong.

f_c - cường độ ép mặt theo mặt phẳng tỳ đầu.



Hình 4.5. Bố trí sườn đầu dầm.

a) Sườn đầu dầm đặt bên ngoài; b) Sườn đầu dầm đặt bên trong

Chiều rộng b_s thường chọn bằng bề rộng bản cánh và cần đảm bảo điều kiện ổn định cục bộ:

$$b_s \leq 0,5t_s \sqrt{\frac{E}{f}} \quad (4-28)$$

$$t_w \leq t_s = A_s / b_s$$

Điều kiện ổn định tổng thể :

$$\sigma = \frac{V_{\max}}{\varphi A} \leq f\gamma_c \quad (4-29)$$

$$A = A_s + A_{qu}$$

$$A_{qu} = 2,0,65t_w^2 \sqrt{\frac{E}{f}} \quad \text{với sườn đầu dầm đặt bên trong.} \quad (4-30)$$

$$A_{qu} = 0,65t_w^2 \sqrt{\frac{E}{f}} \quad \text{với sườn đầu dầm đặt bên ngoài.}$$

φ - hệ số uốn dọc được xác định dựa vào độ mảnh sườn λ .

$$I_s = \frac{(b_s^3 t_s)}{12} + \frac{0,65 t_w^4 \sqrt{E/f}}{12} \quad \text{với sườn đặt bên ngoài.} \quad (4-31)$$

$$I_s = 2 \cdot \left(\frac{(b_s^3 t_s)}{12} + \frac{0,65 t_w^4 \sqrt{E/f}}{12} \right) \quad \text{với sườn đặt bên trong.}$$

$$r_s = \sqrt{\frac{I_s}{A}}; \quad \lambda = \frac{h_w}{r_s}$$

4.9. TÍNH LIÊN KẾT CÁNH VÀ BỤNG DẦM

Đường hàn liên kết cánh và bụng dầm chịu lực trượt do V gây ra.

Nếu liên kết giữa cánh và bụng dầm bằng đường hàn thì chiều cao đường hàn được tính theo công thức sau:

$$h_f \geq \frac{VS_c}{I_x 2(\beta f_w)_{\min} \gamma_c} \quad \text{hoặc} \quad h_f \geq \frac{1}{2(\beta f_w)_{\min} \gamma_c} \sqrt{\left(\frac{VS_c}{I_x} \right)^2 + \left(\frac{P}{I_z} \right)^2} \quad \text{khi có lực tập trung} \quad (4-32)$$

Nếu liên kết giữa cánh và bụng bằng bu lông (đinh tán) thì bước của bu lông và đinh tán:

$$a \leq \frac{|N_d|_{\min} I_x}{VS_c} \quad (4-33)$$

a - bước của bu lông (đinh tán) liên kết thép góc với bản bụng dầm;

$|N_d|_{\min}$ - khả năng chịu lực nhỏ nhất của 1 bu lông (đinh tán) theo 2 điều kiện ép mặt và cắt;

S_c - mômen tĩnh của 1 cánh dầm (bản dầm + thép góc).

Bước bu lông của thép góc và bản dầm cũng lấy bằng a.

4.10. NỐI DẦM

Khi dầm có chiều dài lớn, thép trong thực tế không đủ chiều dài hoặc do trọng lượng của dầm vượt quá khả năng của phương tiện vận chuyển, cầu lắp thì khi thiết kế chế tạo dầm phải có mối nối.

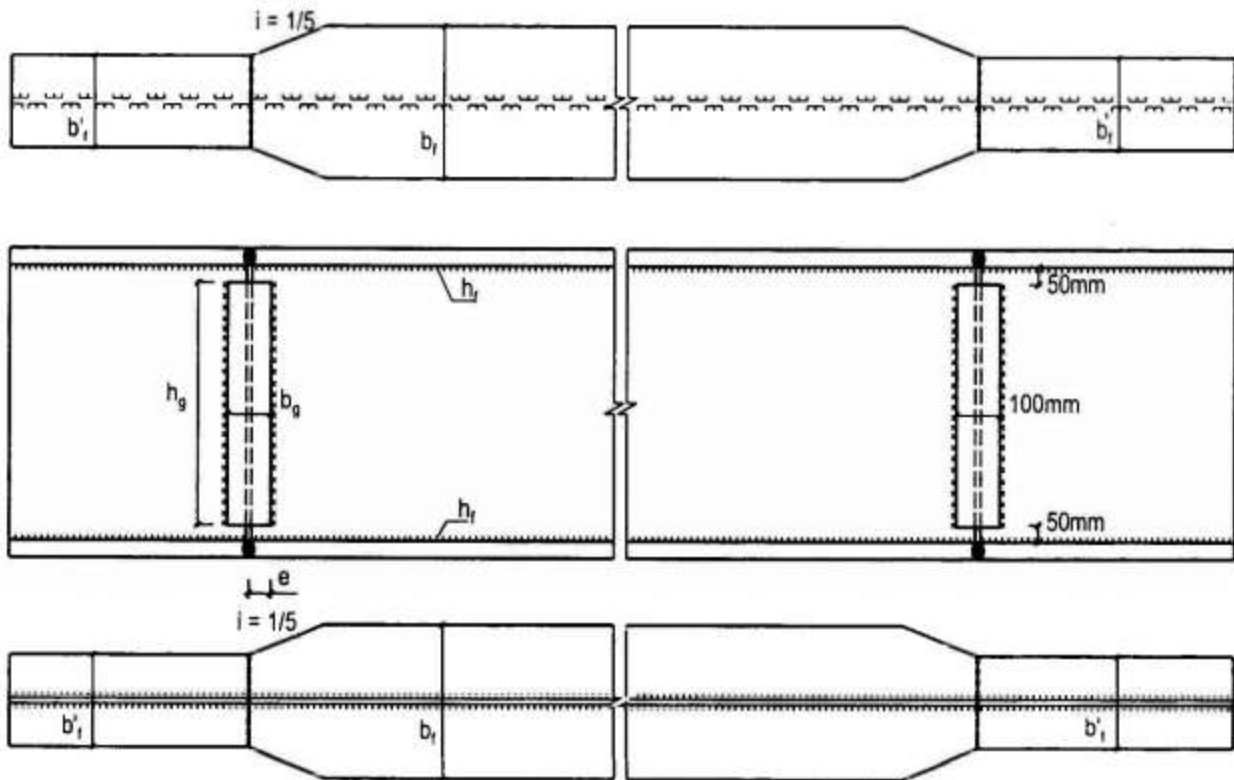
Có nhiều cách nối, tốt nhất mối nối nên thực hiện trên cùng 1 tiết diện để thuận tiện cho vận chuyển và khuyếch đại. Do dầm có thay đổi tiết diện do vậy có thể nối ngay tại nơi thay đổi tiết diện (hình 4-6).

Bản cánh nối bằng đường hàn nối đầu; bản bụng nối bằng bản nối thép.

Bản cánh trong quá trình tính toán đã được thiết kế theo điều kiện của đường hàn đối đầu (phần 4.5). Để thiên về an toàn khi tính nối bản bụng cho bản bụng chịu M_b và toàn bộ lực cắt Q tại điểm nối:

$$M_b = M \cdot \frac{I_w}{I}$$

Do đường hàn ở bản ghép đặt lệch tâm so với điểm nối, vì vậy ngoài M_b , tại đường hàn còn có thêm độ lệch tâm: $M_e = Q \cdot e$.



Hình 4-6. Nối dầm tổ hợp hàn

Chọn bản ghép: $2A_{bg} \geq A_w$.

Chiều dài bản ghép h_g bằng chiều cao bản bụng trừ 10 cm.

Ứng suất trong đường hàn góc phải thoả mãn công thức sau:

$$\sqrt{\left(\frac{M + M_e}{W_f}\right)^2 + \left(\frac{V}{A_f}\right)^2} \leq (\beta f_w)_{\min} \gamma_c$$

$$W_f = \frac{2(h_{bg} - 1)^2 h_f}{6}$$

$$A_f = 2(h_{bg} - 1)h_f$$

h_f - chiều cao đường hàn.

Mỗi nối được thực hiện tại hiện trường. Để tránh ứng suất và biến hình hàn nên hàn bản bụng sau đó hàn mối nối cánh.

Chương V

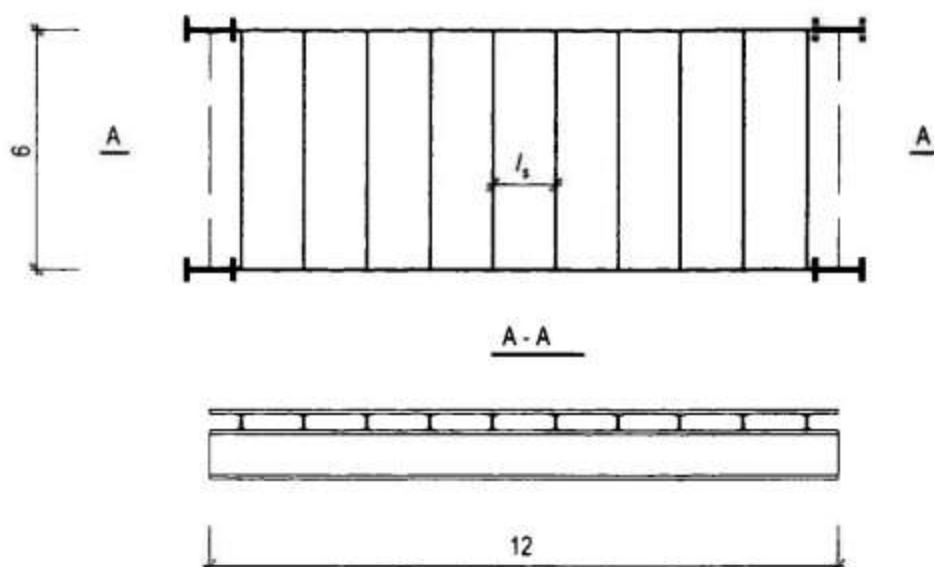
VÍ DỤ TÍNH TOÁN

Thiết kế mạng dầm thép có kích thước lưới cột (6×12)m, bản sàn bằng thép tựa lên dầm phụ và dầm chính chịu tải trọng phân bố đều $p^k = 20\text{kN/m}^2$. Vật liệu là thép có số hiệu CCT34, mô đun đàn hồi $E = 2,1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$. Hàn tay que hàn N42. Trọng lượng riêng của thép $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$. Hệ số vượt tải cho phép của tĩnh tải $\gamma_g = 1,05$; hoạt tải $\gamma_p = 1,2$. Độ võng cho phép của bản sàn $\left[\frac{\Delta}{l}\right]_{bs} = \frac{1}{150}$; của dầm phụ $\left[\frac{\Delta}{l}\right]_{dp} = \frac{1}{250}$; của

dầm chính $\left[\frac{\Delta}{l}\right]_{dc} = \frac{1}{400}$.

5.1. CHỌN PHƯƠNG ÁN BỐ TRÍ HỆ DẦM SÀN

Dùng cách bố trí phổ thông, dầm phụ đặt trên dầm chính trực tiếp đỡ bản sàn (hình 5-1).



Hình 5-1. Phương án bố trí hệ dầm sàn

5.2. TÍNH BẢN SÀN

Căn cứ vào hoạt tải đã cho $p^k = 20\text{kN/m}^2$ chọn sơ bộ chiều dày bản sàn $t_s = 10 \text{ mm}$. Xác định nhịp bản sàn theo công thức (2-1):

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

$$E_1 = \frac{E}{1-\nu^2} = \frac{2,1 \cdot 10^5}{1-0,3^2} = 2,307 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{l_s}{t_s} = \frac{4 \cdot 150}{15} \left(1 + \frac{72 \cdot 2,307 \cdot 10^5}{150^4 \cdot 0,02} \right) = 105,6$$

$$\frac{l_s}{t_s} = \frac{l_s}{10} = 105,6$$

$$l_s = 1056. \text{ Chọn } l_s = 1000 \text{ mm.}$$

Cắt 1 dải sàn bề rộng 1m theo phương cạnh ngắn. Tải trọng tác dụng trên sàn có kể đến trọng lượng bản thân của sàn:

$$q_s^{tc} = (p^{tc} + t_s \rho) l = (20 + 0,01 \cdot 78,5) \cdot 1 = 20,785 \text{ kN/m}$$

$$q_s^{tt} = (p^{tc} \gamma_p + t_s \rho \gamma_g) l = (20 \cdot 1,2 + 0,01 \cdot 78,5 \cdot 1,05) \cdot 1 = 24,824 \text{ kN/m}$$

Độ võng của bản sàn có sơ đồ là dầm đơn giản: Δ_0

$$\Delta_0 = \frac{5}{384} \frac{q_s^{tc} l_s^4}{E_1 I_x} = \frac{5}{384} \cdot \frac{20,785 \cdot 1^4}{2,307 \cdot 10^8 \cdot 0,01^3} = 0,014 \text{ m}$$

trong đó:
$$I_x = \frac{1,0 \cdot 0,01^3}{12}$$

Xác định hệ số α qua phương trình Ole:

$$\alpha(1+\alpha)^2 = 3 \left(\frac{\Delta_0}{t_s} \right)^2$$

$$\alpha(1+\alpha)^2 = 3 \left(\frac{0,014}{0,01} \right)^2$$

$$\alpha = 1,207$$

Độ võng lớn nhất của bản sàn:

$$\Delta = \Delta_0 \frac{1}{1+\alpha} = \frac{0,014}{1+1,207} = 0,00634 \text{ m}$$

Mô men lớn nhất của bản sàn:

$$M_{\max} = M_0 \frac{1}{1+\alpha} = \frac{3,103}{1+1,207} = 1,406 \text{ kN.m}$$

trong đó:
$$M_o = \frac{q_s'' l_s^2}{8} = \frac{24,824.l^2}{8} = 3,103 \text{ kN.m}$$

Lực kéo H tại gối tựa:

$$H = \gamma_p \frac{\pi^2}{4} \left[\frac{\Delta}{l} \right]^2 E_t t_s = 1,2 \cdot \frac{3,14^2}{4} \cdot \left(\frac{1}{150} \right)^2 \cdot 2,307 \cdot 10^5 \cdot 10 = 303,28 \text{ N}$$

Kiểm tra độ bền của bản sàn:

$$W_s = \frac{100 t_s^2}{6} = \frac{100 \cdot 1^2}{6} = 16,666 \text{ cm}^3$$

$$A_s = 100 t_s = 100 \cdot 1 = 100 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{H}{A_s} + \frac{M_{\max}}{W_s} = \frac{303,28}{10^4} + \frac{1,406 \times 10^5}{16,666 \times 10^3} = 8,466 \text{ N/mm}^2 \leq f_{\gamma_c} = 210 \text{ N/mm}^2$$

Kiểm tra độ võng của bản sàn

$$\frac{\Delta}{l} = \frac{0,00634}{1} \leq \left[\frac{\Delta}{l} \right] = \frac{1}{150} = 0,00666$$

Chiều cao đường hàn liên kết giữa sàn và dầm phụ:

$$h_l = \frac{H}{(\beta f_w)_{\min} \gamma_c} = \frac{303,28}{0,7 \cdot 180} = 2,4 \text{ mm}$$

trong đó:

$$\beta_f f_{wf} = 0,7 \cdot 180 = 126 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta_s f_{ws} = 1,0 \cdot 155 = 155 \text{ N/mm}^2$$

$$(\beta f_w)_{\min} = \min (\beta_f f_{wf}; \beta_s f_{ws}) = 126 \text{ N/mm}^2$$

Theo yêu cầu cấu tạo chọn $h_f = 5 \text{ mm}$.

5.3. TÍNH DẦM PHỤ

5.3.1. Tải trọng tác dụng lên dầm phụ

$$q_{dp}^{lc} = (p^{lc} + t_s \rho) l_s = (20 + 0,01 \cdot 78,5) \cdot 1 = 20,785 \text{ kN/m}$$

$$q_{dp}'' = (p^{lc} \gamma_p + t_s \rho \gamma_g) l_s = (20 \cdot 1,2 + 0,01 \cdot 78,5 \cdot 1,05) \cdot 1 = 24,824 \text{ kN/m}$$

Mô men lớn nhất M_{\max} ở giữa dầm:

$$M_{\max} = \frac{q_{dp}'' l^2}{8} = \frac{24,824 \cdot 6^2}{8} = 111,708 \text{ kN.m}$$

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

$$V_{\max} = \frac{q_{dp}^n l}{2} = \frac{24,824.6}{2} = 74,472 \text{ kN}$$

5.3.2. Chọn tiết diện dầm phụ

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

$$W_x \geq \frac{M_{\max}}{1,12 f_{yc}} = \frac{111,708.10^2}{1,12.21} = 474,95 \text{ cm}^3$$

Chọn thép định hình I N30a có các thông số:

$$W_x = 518 \text{ cm}^3; J_x = 7780 \text{ cm}^4; S_x = 292 \text{ cm}^3; g = 39,2 \text{ kg/m}; d = 6,5 \text{ mm}.$$

5.3.3. Kiểm tra tiết diện dầm phụ

Mô men và lực cắt do trọng lượng bản thân dầm:

$$M_{bt} = \frac{g_{bt} \gamma_g l^2}{8} = \frac{1,05.39,2.6^2}{8} = 185,22 \text{ kg.m} \approx 185,22 \text{ kN.cm}$$

$$V_{bt} = \frac{g_{bt} \gamma_g l}{2} = \frac{1,05.39,2.6}{2} = 123,48 \text{ kg} = 1,235 \text{ kN}$$

5.3.3.1. Kiểm tra tiết diện dầm phụ theo điều kiện độ bền

- Kiểm tra ứng suất pháp:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max} + M_{bt}}{1,12 W_x} = \frac{111,708.10^6 + 185,22.10^4}{1,12.518.10^3} = 195,7 \text{ N/mm}^2 \leq f_{yc} = 210 \text{ N/mm}^2$$

- Kiểm tra ứng suất tiếp:

$$\tau = \frac{(V_{\max} + V_{bt}) S_x}{I_x t_w} = \frac{(74,472.10^3 + 1,235.10^3)}{7780.10^4.6,5} = 43,7 \text{ N/mm}^2 \leq f_v \gamma_c = 125 \text{ N/mm}^2$$

5.3.3.2. Kiểm tra độ võng dầm

$$\begin{aligned} \frac{\Delta}{l} &= \frac{5}{384} \frac{(q_{lc} + g_{lc}) l^3}{EI_x} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(2078,5.10^{-2} + 0,392.10^{-2}) \cdot 600^3}{2,1.10^4 \cdot 7780} \\ &= 0,0037 \leq \left[\frac{\Delta}{l} \right]_{dp} = 0,004 \end{aligned}$$

5.3.3.3. Kiểm tra ổn định tổng thể

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

5.4. TÍNH DẦM CHÍNH

5.4.1. Tải trọng tác dụng lên dầm chính

Lực tập trung do phản lực dầm phụ đặt trên dầm chính.

$$2.V_{dp}^{tc} = (q_{dp}^{tc} + g_{dp}^{tc})l = (20,785 + 0,392) \cdot 6 = 127,062 \text{ kN}$$

$$2.V_{dp}^{tt} = (q_{dp}^{tt} + g_{dp}^{tt})l = (24,824 + 0,392 \cdot 1,05) \cdot 6 = 151,414 \text{ kN}$$

Vì các dầm phụ đặt cách nhau 1m nên tải trọng do dầm phụ truyền xuống dầm chính là phân bố đều.

$$q_{dc}^{tc} = 127,062 \text{ kN/m}$$

$$q_{dc}^{tt} = 151,414 \text{ kN/m}$$

Mô men và lực cắt lớn nhất

$$M_{max} = \frac{q_{dc}^{tt} L^2}{8} = \frac{151,414 \cdot 12^2}{8} = 2725,452 \text{ kN.m}$$

$$V_{max} = \frac{q_{dc}^{tt} L}{2} = \frac{151,414 \cdot 12}{2} = 908,484 \text{ kN}$$

5.4.2. Chọn chiều cao dầm

$$h_{min} \leq h \leq h_{max}$$

$$h \approx h_{kt}$$

$$h_{min} = \frac{5}{24} \frac{f}{E} \left[\frac{1}{\Delta} \right] \frac{1}{n_{tb}} L = \frac{5}{24} \cdot \frac{21}{2,1 \cdot 10^4} \cdot 400 \cdot \frac{127,062}{151,414} \cdot 12 \cdot 10^2 = 83,92 \text{ cm}$$

$$h_{kt} = k \sqrt{\frac{M_{max}}{f_{tw}}} = 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2725,452 \cdot 10^2}{21 \cdot 1}} = 131 \text{ cm}$$

Chọn $h = 130 \text{ cm}$; $t_w = 1 \text{ cm}$.

Sơ bộ chọn $t_f = 2 \text{ cm}$; $h_w = 130 - 4 = 126 \text{ cm}$

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{126}{1} = 126$$

5.4.3. Kiểm tra chiều dày bản bụng dầm

$$t_w \geq \frac{3}{2} \frac{V_{max}}{hf_v} = \frac{3}{2} \cdot \frac{908,484}{126 \cdot 12} = 0,901 \text{ cm}$$

$$t_w = 1 \text{ cm} > 0,901 \text{ cm}$$

5.4.4. Tính bản cánh dầm

$$A_f = b_f t_f = \left(\frac{M_{\max}}{\gamma_c f} \frac{h}{2} - \frac{t_w h_w^3}{12} \right) \frac{2}{h_{fk}^2} = \left(\frac{272545,2 \cdot 130}{2 \cdot 21 \cdot 1} - \frac{1 \cdot 126^3}{12} \right) \cdot \frac{2}{128^2} = 82,63 \text{ cm}^2$$

Chọn: $b_f = 44 \text{ cm}$; $t_f = 2 \text{ cm}$.

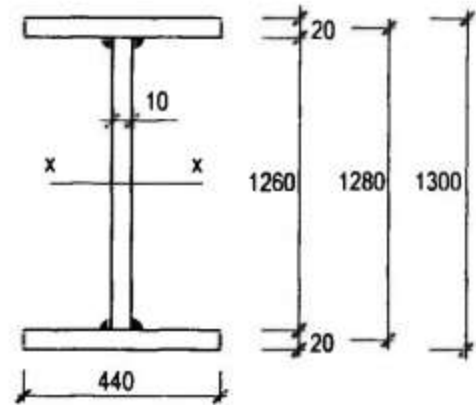
Thỏa mãn các điều kiện:

$$+) b_f = 44 \text{ cm} > 180 \text{ mm}$$

$$+) \frac{b_f}{t_f} = \frac{44}{2} = 22 < \sqrt{\frac{E}{f}} = 31,6$$

$$+) b_f = 44 \text{ cm} \in \left(\frac{1}{2} \div \frac{1}{5} \right) h$$

$$+) t_w < t_f < 3t_w$$



Hình 5-2. Tiết diện dầm

5.4.5. Thay đổi tiết diện dầm theo chiều dài

Điểm để thay đổi kích thước bản cánh dầm cách gối tựa một khoảng $x = L/6 = 2 \text{ m}$.
Mô men tại vị trí thay đổi:

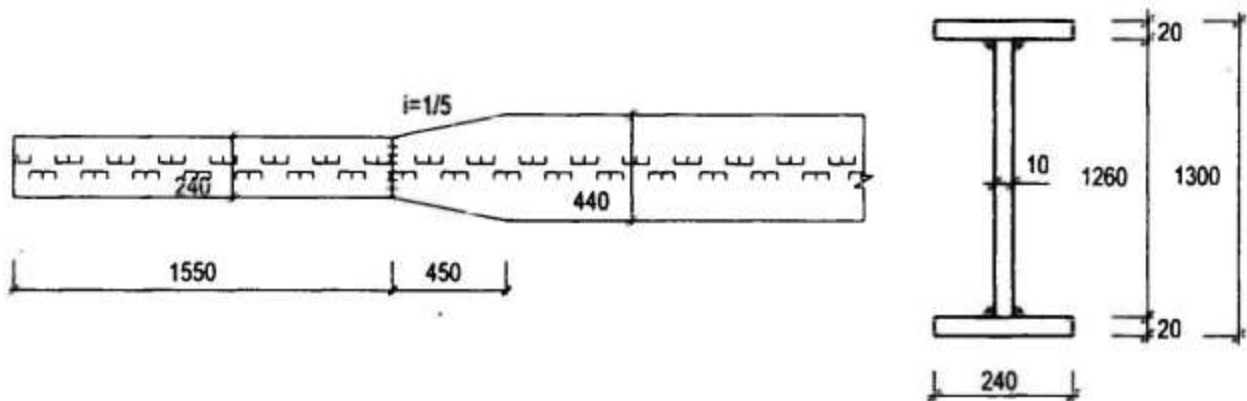
$$M_x = \frac{qx(1-x)}{2} = \frac{151,414 \cdot 2 \cdot (12-2)}{2} = 1514,14 \text{ kN.m}$$

Diện tích tiết diện bản cánh cần thiết tại vị trí thay đổi:

$$A'_f = b'_f t_f = \left(\frac{M_x}{f_{wt}} \frac{h}{2} - \frac{t_w h_w^3}{12} \right) \frac{2}{h_{fk}^2} = \left(\frac{151414 \cdot 130}{18 \cdot 2} - \frac{1 \cdot 126^3}{12} \right) \cdot \frac{2}{128^2} = 46,396 \text{ cm}^2$$

f_{wt} - cường độ của đường hàn đối đầu khi chịu kéo.

Chọn: $b'_f = 24 \text{ cm}$.



Hình 5-3. Thay đổi tiết diện cánh dầm

5.4.6. Kiểm tra tiết diện dầm

Mô men do trọng lượng bản thân dầm:

$$M_{bt} = \gamma_g \rho \frac{(t_w h_w + 2b_f t_f) L^2}{8} = 1,05.78,5. \frac{(0,01.1,26 + 2.0,44.0,02).12^2}{8} = 44,806 \text{ kN.m}$$

$$I_x = \frac{1.126^3}{12} + 2.2.44.64^2 = 887594 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 13655,292 \text{ cm}^3.$$

Kiểm tra ứng suất pháp tại tiết diện giữa nhịp:

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= \frac{M_{\max} + M_{bt}}{W_x} = \frac{2725,452.10^6 + 44,806.10^6}{13655,292.10^3} = \\ &= 202,87 \text{ N/mm}^2 \leq f_{yc} = 210 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Kiểm tra ứng suất tiếp tại gối tựa:

$$\tau = \frac{(V_{\max} + V_{bt}) S'_x}{I'_x t_w} \leq f_{vy} \gamma_c$$

$$V_{bt} = \gamma_g \rho (t_w h_w + 2b_f t_f) \cdot \frac{L}{2} = 1,05.78,5. (0,01.1,26 + 2.0,44.0,02) \frac{12}{2} = 14,94 \text{ kN}$$

$$S'_x = b'_f t_f \frac{h_{fk}}{2} + \frac{A_w}{2} \frac{h_w}{4} = 24.2. \frac{128}{2} + \frac{1.126}{2} \cdot \frac{126}{4} = 5056,5 \text{ cm}^3$$

$$I'_x = \frac{t_w h_w^3}{12} + 2b'_f t_f \frac{h_{fk}^2}{4} = \frac{1.126^3}{12} + 2.2.24. \frac{128^2}{4} = 559914 \text{ cm}^4$$

$$W'_x = 8614,062 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{(V_{\max} + V_{bt}) S'_x}{J'_x t_w} = \frac{(908,484 + 14,94).10^3.5056,5.10^3}{559914.10^4.10} = \\ &= 83,38 \text{ N/mm}^2 \leq f_{vy} \gamma_c = 120 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Kiểm tra ứng suất pháp trong đường hàn đối đầu nối cánh:

$$g_{dc}'' = (0,01.1,26 + 0,02.0,44.2).78,5.1,05 = 2,49 \text{ kN/m}$$

$$M'_{bt} = \frac{g_{dc}'' x (L - x)}{2} = \frac{2,49.2.(12 - 2)}{2} = 24,9 \text{ kN.m}$$

$$\sigma'_x = \frac{M_x + M'_{bt}}{W'_x} = \frac{1514,14.10^6 + 24,9.10^6}{8614,062.10^3} = 178,66 \text{ N/mm}^2 \leq f_{wt} \gamma_c = 180 \text{ N/mm}^2$$

Kiểm tra ứng suất cục bộ tại nơi đặt dầm phụ:

$$\sigma_c = \frac{P}{t_w l_z} \leq f_{\gamma_c}$$

$$P = 2(V_{\max}^{dp} + V_{bt}^{dp}) = (74,472 + 1,235).2 = 151,414 \text{ kN}$$

$$l_z = b_f^{dp} + 2t_f = 14,5 + 2.2 = 18,5 \text{ cm}$$

$$\sigma_c = \frac{P}{t_w l_z} = \frac{151,414.10^3}{10.185} = 81,85 \text{ N/mm}^2 \leq f_{\gamma_c} = 210 \text{ N/mm}^2$$

Kiểm tra ứng suất tương đương tại nơi thay đổi tiết diện dầm:

$$\sigma_1 = \frac{(M_x + M'_{bt})h_w}{W'_x h} = \frac{(1514,14.10^6 + 24,9.10^6).1260}{8614,062.10^3.1300} = 173,17 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_1 = \frac{(V_x + V_{bt})S'_x}{I'_x t_w} = \frac{(605,656.10^3 + 9,96.10^3).5056,5.10^3}{559914.10^4.10} = 55,59 \text{ N/mm}^2$$

trong đó: $V_x = q_{dc}'' \left(\frac{1}{2} - x \right) = 151,414. \left(\frac{12}{2} - 2 \right) = 605,656 \text{ kN}$

$$V_{bt} = g_{dc}'' \left(\frac{1}{2} - x \right) = 2,49. \left(\frac{12}{2} - 2 \right) = 9,96 \text{ kN}$$

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

$$\sigma_{td} = \sqrt{173,17^2 + 81,85^2 - 173,17.81,85 + 3.55,59^2}$$

$$\sigma_{td} = 178,28 \text{ N/mm}^2 \leq 1,15f_{\gamma_c} = 241,5 \text{ N/mm}^2$$

5.4.7. Kiểm tra ổn định dầm

5.4.7.1. Kiểm tra ổn định tổng thể

Kiểm tra tỷ số l_o/b_f :

$$\frac{l_o}{b_f} \leq 1 \left[0,41 + 0,0032 \frac{b_f}{t_f} + \left(0,73 - 0,016 \frac{b_f}{t_f} \right) \frac{b_f}{h_{fk}} \right] \sqrt{\frac{E}{f}}$$

$$\frac{100}{44} \leq 1 \left[0,41 + 0,0032. \frac{44}{2} + \left(0,73 - 0,016. \frac{44}{2} \right) \frac{44}{128} \right] \sqrt{\frac{2.1.10^4}{21}}$$

$$2,27 \leq 19,3$$

l_o - khoảng cách giữa các dầm phụ, bằng 1m.

Dầm đảm bảo ổn định tổng thể.

5.4.7.2. Kiểm tra ổn định cục bộ

- Kiểm tra ổn định cục bộ bản cánh:

Khi chọn tiết diện bản cánh đã chọn để đảm bảo về ổn định cục bộ.

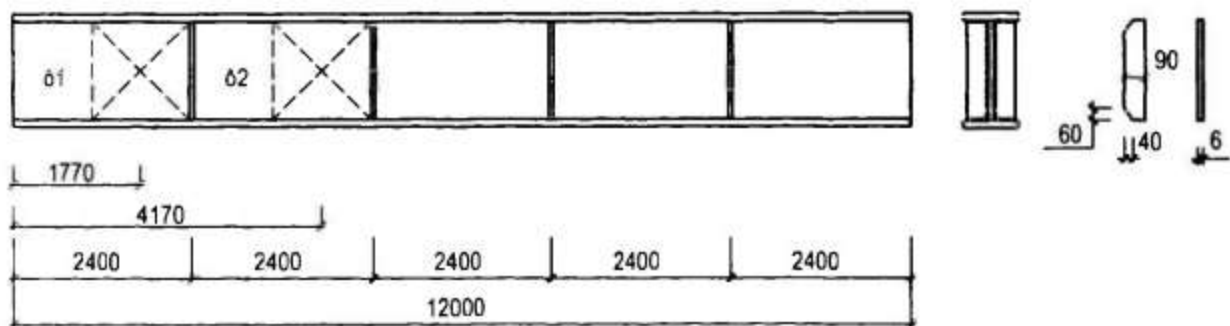
- Kiểm tra ổn định cục bộ của bản bụng:

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_w}{t_w} \sqrt{\frac{f}{E}} = \frac{126}{1} \cdot \sqrt{\frac{21}{2,1 \cdot 10^4}} = 3,98 > [\bar{\lambda}_w] = 3,2$$

Bản bụng phải đặt các sườn ngang và kiểm tra ổn định.

Khoảng cách lớn nhất của các sườn ngang: $a = 2h_w = 2 \cdot 126 = 252 \text{ cm}$.

Chọn $a = 240 \text{ cm}$; bố trí 4 sườn (hình 5-4):



Hình 5-4. Bố trí sườn ổn định trong dầm

Bề rộng và chiều dày sườn:

$$b_s = \frac{h_w}{30} + 40 = \frac{1260}{30} + 40 = 82 \text{ mm}. \text{ Chọn } b_s = 9 \text{ cm}.$$

$$t_s \geq 2b_s \sqrt{f/E} = 2,9 \sqrt{21/2,1 \cdot 10^4} = 0,569 \text{ cm}. \text{ Chọn } t_s = 6 \text{ mm}.$$

Các sườn được hàn vào bụng và cánh dầm bằng đường hàn theo cấu tạo.

- Kiểm tra ứng suất trong các ô

- Kiểm tra ô bụng 1:

Điểm kiểm tra cách đầu dầm: $x_1 = 177 \text{ cm}$.

$$M_1 = \frac{qx_1(l-x_1)}{2} = \frac{(151,414 + 2,49) \cdot 1,77 \cdot (12 - 1,77)}{2} = 1393,378 \text{ kN.m}$$

$$V_1 = q \left(\frac{l}{2} - x_1 \right) = (151,414 + 2,49) \left(\frac{12}{2} - 1,77 \right) = 651,014 \text{ kN}$$

$$\sigma = \frac{M_1}{I} \frac{h_w}{2} = \frac{1393,378 \cdot 10^6}{559914 \cdot 10^4} \cdot 630 = 156,78 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = \frac{V_l}{h_w t_w} = \frac{651,014.10^3}{1260.10} = 51,67 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_c = 81,85 \text{ N/mm}^2$$

Ứng suất pháp tới hạn σ_{cr} :

$$\frac{a}{h_w} = \frac{2,4}{1,26} = 1,9 > 0,8 ; \quad \frac{\sigma_c}{\sigma} = \frac{81,85}{156,78} = 0,52$$

$$\delta = \beta \frac{b_f}{h_w} \left(\frac{t_f}{t_w} \right)^3 = 0,8 \cdot \frac{44}{126} \cdot \left(\frac{2}{1} \right)^3 = 2,235$$

$$C_{cr} = 33,45 ; \quad \sigma_{cr} = \frac{C_{cr} f}{\bar{\lambda}_w^2} = \frac{33,45 \cdot 210}{3,98^2} = 443,45 \text{ N/mm}^2$$

Ứng suất cục bộ giới hạn $\sigma_{c,cr}$:

$$\bar{\lambda}_a = \frac{a}{2t_w} \sqrt{\frac{f}{E}} = \frac{240}{2 \cdot 1} \cdot \sqrt{\frac{21}{2,1 \cdot 10^4}} = 3,79$$

$$\frac{a}{2h_w} = \frac{240}{2 \cdot 126} = 0,95 \text{ và } \delta = 2,235 \rightarrow C_1 = 19,445.$$

$$\sigma_{c,cr} = \frac{C_1 f}{\bar{\lambda}_a^2} = \frac{19,445 \cdot 210}{3,79^2} = 284,28 \text{ N/mm}^2$$

Ứng suất tiếp tới hạn τ_{cr} :

$$\bar{\lambda}_{ow} = \frac{d}{t_w} \sqrt{\frac{f}{E}} = \frac{126}{1} \cdot \sqrt{\frac{21}{2,1 \cdot 10^4}} = 3,98$$

$$\mu = \frac{a}{h_w} = \frac{240}{126} = 1,905$$

$$\tau_{cr} = 10,3 \left(1 + \frac{0,76}{\mu^2} \right) \frac{f_v}{\bar{\lambda}_{ow}^2} = 10,3 \cdot \left(1 + \frac{0,76}{1,905^2} \right) \cdot \frac{120}{3,98^2} = 94,37 \text{ N/mm}^2$$

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}} + \frac{\sigma_c}{\sigma_{c,cr}} \right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}} \right)^2} = \sqrt{\left(\frac{156,78}{443,45} + \frac{81,85}{284,28} \right)^2 + \left(\frac{51,67}{94,37} \right)^2} = 0,843 < 1$$

Ô bụng 1 đảm bảo ổn định.

Kiểm tra ô bụng 2:

Điểm kiểm tra cách đầu dầm: $x_2 = 417 \text{ cm}$.

$$M_2 = \frac{qx_2(l-x_2)}{2} = \frac{(151,414 + 2,49) \cdot 4,17 \cdot (12 - 4,17)}{2} = 2512,567 \text{ kN.m}$$

$$V_2 = q\left(\frac{l}{2} - x_2\right) = (151,414 + 2,49)\left(\frac{12}{2} - 4,17\right) = 281,644 \text{ kN}$$

$$\sigma = \frac{M_2}{I} \frac{h_w}{2} = \frac{2512,467 \cdot 10^6}{887594 \cdot 10^4} \cdot 630 = 178,33 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = \frac{V_2}{h_w t_w} = \frac{281,644 \cdot 10^3}{1260 \cdot 10} = 22,35 \text{ N/mm}^2$$

Ứng suất pháp tới hạn σ_{cr} :

$$\frac{a}{h_w} = \frac{2,4}{1,26} = 1,9 ; \quad \frac{\sigma_c}{\sigma} = \frac{81,85}{178,33} = 0,459$$

$$\delta = \beta \frac{b_f}{h_w} \left(\frac{t_f}{t_w}\right)^3 = 0,8 \cdot \frac{44}{126} \cdot \left(\frac{2}{1}\right)^3 = 2,235$$

→ trị số giới hạn $\frac{\sigma_c}{\sigma} = 0,746$; so sánh $\frac{\sigma_c}{\sigma} = 0,449 < \text{trị số giới hạn } \frac{\sigma_c}{\sigma} = 0,746$

$$\sigma_{cr} = \frac{C_{cr} f}{\lambda_w^2} = \frac{33,45 \cdot 210}{3,98^2} = 443,45 \text{ N/mm}^2$$

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}} + \frac{\sigma_c}{\sigma_{c,cr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{178,33}{443,45} + \frac{81,85}{284,28}\right)^2 + \left(\frac{22,35}{94,37}\right)^2} = 0,729 < 1$$

Ô bụng 2 đảm bảo ổn định.

5.4.8. Tính liên kết giữa cánh và bụng dầm

$$h_f \geq \frac{1}{2(\beta f_v)_{\min} \gamma_c} \sqrt{\left(\frac{VS}{I}\right)^2 + \left(\frac{P}{I_z}\right)^2}$$

$$h_f \geq \frac{1}{2 \cdot 12,6 \cdot 1} \sqrt{\left(\frac{923,424 \cdot 5056,5}{559914}\right)^2 + 8,185^2}$$

$$h_f \geq 0,464 \text{ cm}$$

trong đó: $\beta f_{wf} = 0,7.18 = 12,60 \text{ kN/cm}^2$;

$$\beta f_{ws} = 1.0.45.34,50 = 15,52 \text{ kN/cm}^2$$

$$(\beta f_w)_{\min} = 12,60 \text{ kN/cm}^2.$$

Chọn h_f theo điều kiện cấu tạo $h_f = 7 \text{ mm}$ hàn suốt chiều dài dầm.

5.4.9. Tính mối nối dầm

Nối dầm tại nơi thay đổi tiết diện bản cánh để thuận tiện cho việc di chuyển, lắp ghép.

Bản cánh nối bằng đường hàn đối đầu, bản bụng nối bằng bản ghép và dùng đường hàn góc.

Nội lực tại mối nối: $M_l = 1539,04 \text{ kN.m}$

$$V_l = 615,616 \text{ kN.}$$

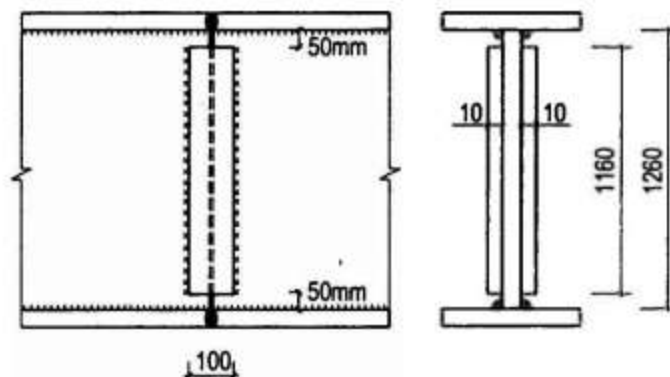
Mối nối coi như chịu toàn bộ lực cắt và phần mô men của bản bụng:

$$M_b = \frac{I_w}{I} M = \frac{166698}{559914} \cdot 153904 = 45820,41 \text{ kN.cm}$$

trong đó: $I_w = 166698 \text{ cm}^4$;

$$I = 559914 \text{ cm}^4.$$

Chọn bản ghép có tiết diện $(116 \times 1) \text{ cm}$; bề rộng 10 cm .



Kiểm tra tiết diện bản ghép: $2A_{bg} = 2.116.1 > A_w = 126.1$

Mối hàn đặt lệch tâm so với vị trí tính nội lực. Do vậy có mô men lệch tâm M_e :

$$M_e = 615,616.5 = 3078,08 \text{ kNcm}$$

Chọn chiều cao đường hàn: $h_f = 10 \text{ mm}$;

$$h_f > h_{\min} = 5 \text{ mm};$$

$$h_f \leq 1,2t = 1,2.1 = 12 \text{ mm}.$$

$$W_f = 2(116 - 1)^2 1/6 = 4408,33 \text{ cm}^3$$

$$A_f = 2(116 - 1)1 = 230 \text{ cm}^2$$

Kiểm tra ứng suất trong đường hàn:

$$\sigma_{td} = \sqrt{\left(\frac{M}{W_f}\right)^2 + \left(\frac{V_i}{A_f}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{45820,41 \cdot 10^4 + 3078,08 \cdot 10^4}{4408,33 \cdot 10^3}\right)^2 + \left(\frac{615,616 \cdot 10^3}{230 \cdot 10^2}\right)^2}$$

$$\sigma_{td} = 114,11 \text{ N/mm}^2 < (\beta f_w)_{\min} = 126 \text{ N/mm}^2$$

5.4.10. Tính sườn đầu dầm

Sườn đầu dầm chịu phản lực gối tựa:

$$V = 908,484 + 14,94 = 923,424 \text{ kN}$$

Dùng phương án sườn đặt ở đầu dầm, dầm đặt phía trên gối khớp với cột.

Bề rộng của sườn đầu dầm chọn bằng bề rộng của bản cánh:

$$b_s = b'_f = 24 \text{ cm.}$$

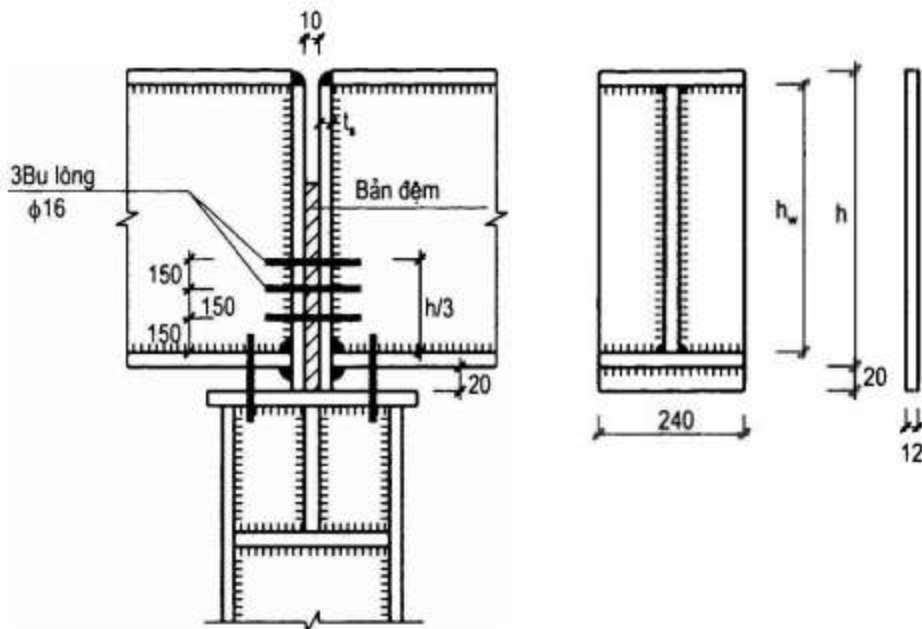
Tiết diện của sườn đầu dầm đảm bảo về điều kiện ép mặt:

$$t_s = \frac{V_u}{b_s f_c \gamma_c} = \frac{923,424}{24 \cdot 32,380 \cdot 1} = 1,188 \text{ cm}$$

trong đó:

$$f_c = \frac{f_u}{1,05} = 32,380 \text{ kN/cm}^2.$$

Chọn sườn gối có kích thước $b_s t_s = (24 \times 1,2) \text{ cm}$.



Kiểm tra sườn theo điều kiện ổn định cục bộ:

$$\frac{b_s}{t_s} \leq 0,5 \sqrt{\frac{E}{f}}$$

$$\frac{(24-1)}{1,2.2} = 9,58 \leq 0,5 \sqrt{\frac{2,1.10^4}{21}} = 15,8$$

Kiểm tra sườn theo điều kiện ổn định tổng thể:

$$A_{qu} = 0,65 t_w^2 \sqrt{\frac{E}{f}} = 0,65.1^2 \sqrt{\frac{2,1.10^4}{21}} = 20,55 \text{ cm}^2$$

$$A = A_s + A_{qu} = 1,2.24 + 20,55 = 49,35 \text{ cm}^2$$

$$I_s = \frac{b_s^3 t_s}{12} + \frac{0,65 t_w^4 \sqrt{E/f}}{12} = \frac{24^3.1,2}{12} + \frac{0,65.1^4 \cdot \sqrt{2,1.10^4/21}}{12} = 1384,113 \text{ cm}^3$$

$$i_s = \sqrt{\frac{I_s}{A}} = \sqrt{\frac{1384,113}{49,35}} = 5,296 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{h_w}{i_s} = \frac{126}{5,296} = 23,79 \rightarrow \varphi = 0,956$$

$$\sigma = \frac{V_{max}}{\varphi A} = \frac{923,424.10^3}{0,956.49,35.10^2} = 195,73 \text{ N/mm}^2 \leq f_{\gamma_c} = 210 \text{ N/mm}^2$$

PHỤ LỤC

Bảng I. Thép cacbon TCVN 1765 : 1975

Mác thép	Độ bền kéo f_u , N/mm ²	Giới hạn chảy f_y , N/mm ² , cho độ dày t, mm			Độ giãn dài Δ , %, cho độ dày t, mm		
		≤ 20	20 < t ≤ 40	40 < t ≤ 100	≤ 20	20 < t ≤ 40	> 40
		Không nhỏ hơn			Không nhỏ hơn		
CT31	≥ 310	–	–	–	23	22	20
CT33s	310 ÷ 400	–	–	–	35	34	32
CT33n, CT33	320 ÷ 420	–	–	–	34	33	31
CT34s	330 ÷ 420	220	210	200	33	32	30
CT34n, CT34	340 ÷ 440	230	220	210	32	31	29
CT38s	370 ÷ 470	240	230	220	27	26	24
CT38n, CT38	380 ÷ 490	250	240	230	26	25	23
CT38nMn	380 ÷ 500	250	240	230	26	25	23
CT42s	410 ÷ 520	260	250	240	25	24	22
CT42n, CT42	420 ÷ 540	270	260	250	24	23	21
CT51n, CT51	510 ÷ 640	290	280	270	20	19	17
CT52nMn	460 ÷ 600	290	280	270	20	19	17
CT61n, CT61	≥ 610	320	310	300	15	14	12

Bảng II. Cường độ tiêu chuẩn f_y , f_u và cường độ tính toán f của thép cacbon (TCVN 5709 : 1993)

Đơn vị tính: N/mm²

Mác thép	Cường độ tiêu chuẩn f_y và cường độ tính toán f của thép với độ dày t (mm)						Cường độ kéo đứt tiêu chuẩn f_u không phụ thuộc bề dày t (mm)
	$t \leq 20$		$20 < t \leq 40$		$40 < t \leq 100$		
	f_y	f	f_y	f	f_y	f	
CCT34	220	210	210	200	200	190	340
CCT38	240	230	230	220	220	210	380
CCT42	260	245	250	240	240	230	420

**Bảng III. Cường độ tiêu chuẩn f_y, f_u
và cường độ tính toán f của thép hợp kim thấp**

Đơn vị tính: N/mm²

Mác thép	Độ dày, mm								
	$t \leq 20$			$20 < t \leq 30$			$30 < t \leq 60$		
	f_u	f_y	f	f_u	f_y	f	f_u	f_y	f
09Mn2	450	310	295	450	300	285	—	—	—
14Mn2	460	340	325	460	330	315	—	—	—
16MnSi	490	320	305	480	300	285	470	290	275
09Mn2Si	480	330	315	470	310	295	460	290	275
10Mn2Si1	510	360	345	500	350	335	480	340	325
10CrSiNiCu	540	400 *	360	540	400 *	360	520	400 *	360

Ghi chú: * Hệ số γ_M đối với trường hợp này là 1,1; bề dày tối đa là 40 mm.

Bảng IV. Cường độ tính toán của thép cán và thép ống

Trạng thái làm việc	Ký hiệu	Cường độ tính toán
Kéo, nén, uốn	f	$f = f_y / \gamma_M$
Trượt	f_v	$f_v = 0,58 f_y / \gamma_M$
Ép mặt lên đầu mút (khi tì sát)	f_c	$f_c = f_u / \gamma_M$
Ép mặt trong khớp trụ khi tiếp xúc chặt	f_{cc}	$f_{cc} = 0,5 f_u / \gamma_M$
Ép mặt theo đường kính của con lăn	f_{cd}	$f_{cd} = 0,025 f_u / \gamma_M$

Bảng V. Quy cách thép tấm cán nóng (TCVN 2059 : 1977)

Bề dày (mm)	Bề rộng (mm)
6 ; 7 ; 8 ; 9 ; 10 ; 11 ; 12 ; 14 ; 16 ; 18 ; 20	200 ; 210 ; 220 ; 240 ; 250 ; 260 ; 280 ; 300 ; 320 ; 340 ; 360 ; 380 ; 400 ; 420 ; 450 ; 480 ; 500 ; 530 ; 560 ; 600 ; 630 ; 650 ; 670 ; 700 ; 750 ; 800 ; 850 ; 900 ; 950 ; 1000 ; 1050
6 ; 25 ; 28 ; 30 ; 32 ; 36 ; 40 ; 45 ; 50 ; 55 ; 60	200 ; 210 ; 220 ; 240 ; 250 ; 260 ; 280 ; 300 ; 320 ; 340 ; 360 ; 380 ; 400 ; 420 ; 450 ; 480 ; 500 ; 530 ; 560 ; 600 ; 630 ; 650 ; 670 ; 700 ; 750 ; 800 ; 850 ; 900 ; 950 ; 1000 ; 1050

Bảng VI. Cường độ tính toán của thép cán chịu ép mặt từ đầu, ép mặt cục bộ trong các khớp trụ, ép theo đường kính con lăn

Đơn vị tính: N/mm²

Giới hạn bền N/mm ²	Cường độ tính toán		
	Ép mặt		Ép theo đường kính con lăn (trong các kết cấu có độ di động hạn chế)
	Từ đầu (có gia công phẳng mặt)	Cục bộ trong các khớp trụ (giữa các thốt cong với trục hình trụ) khi tiếp xúc chặt	
360	327	164	8
365	332	166	8
370	336	168	8
380	346	173	9
390	355	178	9
400	364	182	10
430	391	196	10
440	400	200	10
450	409	205	10
460	418	209	10
470	427	214	11
480	436	218	11
490	445	223	11
500	455	228	11
510	464	232	12
520	473	237	12
530	473	237	12
540	482	241	12
570	504	252	13
590	522	261	13
635	578	289	14

Ghi chú: Giá trị của cường độ tính toán lấy theo các công thức ở bảng IV, với $\gamma_M = 1,1$.

Bảng VII. Quy cách thép tấm cán nóng theo GOST 19903-74*

Bề dày (mm): 0,4; 0,45; 0,5; 0,55; 0,6; 0,63; 0,65; 0,7; 0,75; 0,8; 0,9; 1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5; 5,6; 6; 6,5; 7; 7,5; 8; 8,5; 9; 9,5; 10; 10,5; 11; 11,5; 12; 12,5; 13; 13,5; 14; 14,5; 15; 15,5; 16; 16,5; 17; 17,5; 18; 18,5; 19; 19,5; 20; 20,5; 21; 21,5; 22; 22,5; 23; 23,5; 24; 24,5; 25; 25,5; 26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50; 52; 55; 58; 60; 62; 65; 68; 70; 72; 75; 78; 80; 82; 85; 87; 90; 92; 95; 100; 105; 110; 115; 120; 125; 130; 135; 140; 145; 150; 155; 160.

Bề rộng (mm): 500; 510; 600; 650; 670; 700; 710; 750; 800; 850; 900; 950; 1000; 1100; 1250; 1400; 1420; 1500; 1600; 1700; 1800; 1900; 2000; 2100; 2200; 2300; 2400; 2500; 2600; 2700; 2800; 2900; 3000; 3200; 3400; 3600; 3800.

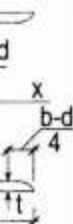
Bề dày, mm	0,4-0,6	0,63-0,75	0,8-0,9	1	1,2-1,4	1,5-2,8	3-5,6
Bề rộng, mm	500-750; 1000	500-750; 1000; 1250	500-800; 1000; 1250	600-1000; 1250	600-1250	600-1500	600-1800

(tiếp theo)

Bề dày, mm	6-7,5	8-10,5	11-12,5	13-25,5	26-40	42-160
Bề rộng, mm	700-2000	700-2500	1000-2500	1000-2800	1250-3600	1250-3800

Bảng VIII. Các đặc trưng vật lý của thép

Các đặc trưng vật lý	Giá trị
1. Khối lượng riêng ρ , kg/m ³ :	
- Thép cán và khối đúc bằng thép	7850
- Khối đúc bằng gang	7200
2. Hệ số dẫn dài do nhiệt α , C ⁻¹	0,12.10 ⁻⁴
3. Môđun đàn hồi E, N/mm ²	
- Thép cán và khối đúc bằng thép	2,1.10 ⁵
- Khối đúc bằng gang	0,85.10 ⁶
- Bó sợi thép song song	2,0.10 ⁶
- Cáp thép xoắn và cáp thép xoắn có lớp bọc ngoài	1,7.10 ⁶
4. Môđun trượt của thép và khối đúc bằng gang G, N/mm ²	0,81.10 ⁶
5. Hệ số nở ngang (hệ số Poát xông)	0,3
<i>Chú:</i> Giá trị môđun đàn hồi của cáp thép cho trong bảng ứng với khi lực kéo không bé hơn 60% lực kéo đứt sợi cáp.	



Bảng IX. Thép cán chữ I. TCVN 1655 : 1975

Các ký hiệu:

h : chiều cao

b : bề rộng dầm

d : chiều dày bản bụng

t : bề rộng trung bình cánh

r : bán kính góc uốn tròn trong

r : bán kính góc tròn ở mép

I : Mô men quán tính

W : Mô men chống uốn

S : Mô men tĩnh của nửa tiết diện

r_{xy} : bán kính quán tính

Kích thước, mm					Diện tích mặt cắt ngang, cm ²	Khối lượng 1m chiều dài, kg	Đại lượng tra cứu cho trục					
							X - X				Y - Y	
b	d	t	R	r			I _x , cm ⁴	W _x , cm ³	i _x , cm	S _x , cm ³	I _y , cm ⁴	W _y , cm ³
55	4,5	7,2	7,0	2,5	12,0	9,46	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49
64	4,8	7,3	7,5	3,0	14,7	11,50	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72
73	4,9	7,5	8,0	3,0	17,4	13,70	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,50
81	5,0	7,8	8,5	3,5	20,2	15,90	873	109,0	6,57	62,3	58,6	14,50
90	5,1	8,1	9,0	3,5	23,4	18,40	1290	143,0	7,42	81,4	82,6	18,40
100	5,1	8,3	9,0	3,5	25,4	19,90	1430	159,0	7,51	89,8	114,0	22,80
100	5,2	8,4	9,5	4,0	26,8	21,00	1840	184,0	8,28	104,0	115,0	23,10
110	5,2	8,6	9,5	4,0	28,9	22,70	2030	203,0	8,37	114,0	155,0	28,20
110	5,4	8,7	10,0	4,0	30,6	24,00	2550	232,0	9,13	131,0	157,0	28,60
120	5,4	8,9	10,0	4,0	32,8	25,80	2790	254,0	9,22	143,0	206,0	34,30
115	5,6	9,5	10,5	4,0	34,8	27,30	3460	289,0	9,97	163,0	198,0	34,50
125	5,6	9,8	10,5	4,0	37,5	29,40	3800	317,0	10,10	178,0	260,0	41,60
125	6,0	9,8	11,0	4,5	40,2	31,50	5010	371,0	11,20	210,0	260,0	41,50
135	6,0	10,2	11,0	4,5	43,2	33,90	5500	407,0	11,30	229,0	337,0	50,00
135	6,5	10,2	12,0	5,0	46,5	36,50	7080	472,0	12,30	268,0	337,0	49,90
145	6,5	10,7	12,0	5,0	49,9	39,20	7780	518,0	12,50	292,0	436,0	60,10
140	7,0	11,2	13,0	5,0	53,8	42,20	9840	597,0	13,50	339,0	419,0	59,90
145	7,5	12,3	14,0	6,0	61,9	48,60	13380	743,0	14,70	423,0	516,0	71,10
155	8,3	13,0	15,0	6,0	72,6	57,00	19062	953,0	16,20	545,0	667,0	86,10
160	9,0	14,2	16,0	7,0	84,7	66,50	27696	1231,0	18,10	708,0	808,0	101,00
170	10,0	15,2	17,0	7,0	100,0	78,50	39727	1589,0	19,90	919,0	1043,0	123,00
180	11,0	16,5	18,0	7,0	118,0	92,60	55962	2035,0	21,80	1181,0	1356,0	151,00
190	12,0	17,8	20,0	8,0	138,0	108,00	76806	2560,0	23,60	1491,0	1725,0	182,00

Khối lượng 1m chiều dài tính theo kích thước danh nghĩa với khối lượng riêng của thép bằng 7,85 g/cm³

Bán kính lượn R và r được chỉ dẫn trong bảng VIII và hình vẽ không kiểm tra mà chỉ làm số liệu cho thiết kế lô hình.

Bảng X. Hệ số ψ đối với dầm tiết diện chữ I có hai trục đối xứng

Số lượng điểm cố kết cánh nén trong nhịp	Dạng tải trọng	Cánh được chất tải	Công thức tính ψ khi α	
			$0,1 \leq \alpha \leq 40$	$40 < \alpha \leq 400$
Không có kết	Tập trung	Cánh trên	$\psi = 1,75 + 0,09\alpha$	$\psi = 3,3 + 0,053\alpha - 4,5 \cdot 10^{-5}\alpha^2$
		Cánh dưới	$\psi = 5,05 + 0,09\alpha$	$\psi = 6,6 + 0,053\alpha - 4,5 \cdot 10^{-5}\alpha^2$
	Phân bố đều	Cánh trên	$\psi = 1,6 + 0,08\alpha$	$\psi = 3,15 + 0,04\alpha - 2,7 \cdot 10^{-5}\alpha^2$
		Cánh dưới	$\psi = 3,8 + 0,08\alpha$	$\psi = 5,35 + 0,04\alpha - 2,7 \cdot 10^{-5}\alpha^2$
Hai hay nhiều, chia nhịp thành các phần đều nhau	Bất kỳ	Bất kỳ	$\psi = 2,25 + 0,07\alpha$	$\psi = 3,6 + 0,04\alpha - 3,5 \cdot 10^{-5}\alpha^2$
Một ô giữa	Tập trung ở giữa	Bất kỳ	$\psi = 1,75 \psi_1$	$\psi = 1,75 \psi_1$
	Tập trung ở 1/4 nhịp	Cánh trên	$\psi = 1,14 \psi_1$	$\psi = 1,14 \psi_1$
		Cánh dưới	$\psi = 1,6 \psi_1$	$\psi = 1,6$
	Phân bố đều	Cánh trên	$\psi = 1,14 \psi_1$	$\psi = 1,14 \psi_1$
		Cánh dưới	$\psi = 1,3 \psi_1$	$\psi = 1,3 \psi_1$

Ghi chú: Trị số của ψ_1 lấy bằng ψ khi cánh nén được cố kết bằng hai hoặc nhiều điểm.

Bảng XI. Bảng xác định chiều rộng b

Loại tiêu chuẩn	Giá trị b	Ghi chú
A A SHO (Mỹ)	$b = \min \begin{cases} L/4 \\ B \\ 12hc \end{cases}$	
CEB (Anh)	$b = L/8$ với tải trọng phân bố đều $b = L/8$ với tải trọng phân tập trung	Với dầm liên tục L là khoảng cách giữa 2 điểm M đối dấu
CP110 (Anh) (Code of Practice)	$b = \min \begin{cases} b_f + L/5 \\ B \end{cases}$	Với dầm liên tục L = 0,7 chiều dài nhịp
CP 117 . Part 1 (Anh)	$b = \min \begin{cases} L/3 \\ B \\ b_f + 12hc \end{cases}$	
CP 117. Part 2 (Anh)	Khi $B \leq L / 10$ lấy $b = B / 2$ Khi $B > L / 10$ lấy b theo phương trình $(B/b) = 1 + 12 (B / L)$	
DIN 1078 (Đức)	Khi $B / L < 0,1$ thì $b / L = 1$ Khi $B / L = 0,1 \div 0,6$ thì $b / L = 0,89 \div 0,5$ Khi $B / L > 0,6$ thì $b / L = 0,3$	

Bảng XII. Hệ số uốn dọc φ của cấu kiện chịu nén đúng tâm

h	Hệ số φ đối với các cấu kiện bằng thép có cường độ tính toán f , N/mm ²										
	200	240	280	320	360	400	440	480	520	560	600
988	988	987	985	984	983	982	981	980	979	978	977
967	967	962	959	955	952	949	946	943	941	938	936
939	939	931	924	917	911	905	900	895	891	887	883
906	906	894	883	873	863	854	846	849	832	825	820
869	869	852	836	822	809	796	785	775	764	746	729
827	827	805	785	766	749	721	696	672	650	628	608
782	782	754	724	687	654	623	595	568	542	518	494
734	734	686	641	602	566	532	501	471	442	414	386
665	665	612	565	522	483	447	413	380	349	326	305
599	599	542	493	448	408	369	335	309	286	267	250
537	537	478	427	381	338	306	280	258	239	223	209
479	479	719	366	321	287	260	237	219	203	190	178
425	425	364	313	276	247	223	204	189	175	163	153
376	376	315	272	240	215	195	178	164	153	143	134
328	328	276	239	211	189	171	157	145	134	126	118
290	290	244	212	187	167	152	139	129	120	112	105
259	259	218	189	167	150	136	125	115	107	100	094
233	233	196	170	150	135	123	112	104	097	091	085
210	210	177	154	136	122	111	102	094	088	082	077
191	191	161	140	124	111	101	093	086	080	075	071
174	174	147	128	113	102	093	085	079	074	069	065
160	160	135	118	104	094	086	077	073	068	064	060

Giá trị của hệ số φ trong bảng đã được tăng lên 1000 lần.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đoàn Đình Kiến, Nguyễn Văn Tấn, Phạm Văn Hội, Phạm Văn Tư, Lưu Văn Tường. *Kết cấu thép*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội, 1996.
2. Phạm Văn Hội, Nguyễn Quang Viên, Phạm Văn Tư, Lưu Văn Tường. *Kết cấu thép - Cấu kiện cơ bản*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội, 2006.
3. *TCXDVN 338-2005. Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế*.
4. *TCVN 2737 - 1995. Tải trọng và tác động - Tiêu chuẩn thiết kế*.
5. *TCVN. Thép kết cấu và thép dùng cho xây dựng*. Nhà xuất bản Xây Dựng. Hà Nội, 2001.
6. *TCVN 1655 - 1975. Thép cán nóng - Thép chữ I - cỡ, thông số kích thước*.
7. E.I.Belenhia và các tác giả khác. *Kết cấu thép*. Nhà Xuất bản Xây dựng. Matxcova, 1985.
8. *Chỉ dẫn thiết kế kết cấu liên hợp dầm trong nhà cao tầng*. Công ty Tư vấn Đại học Xây dựng, 2006.

MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
Lời nói đầu	3
Các ký hiệu chính sử dụng trong sách	5
Chương I. Khái niệm chung về hệ dầm sàn thép - hệ dầm sàn liên hợp	7
Chương II. Tính toán bản sàn	9
Chương III. Tính toán dầm phụ	12
Chương IV. Tính toán dầm chính	20
Chương V. Ví dụ tính toán	33
Bản vẽ	47
Phụ lục	48
Tài liệu tham khảo	55

THIẾT KẾ HỆ DẦM, SÀN THÉP

(Tái bản)

Chịu trách nhiệm xuất bản :

TRINH XUÂN SƠN

<i>Biên tập :</i>	TRINH KIM NGÂN
<i>Chế bản :</i>	ĐINH THỊ PHUỘNG
<i>Sửa bản in :</i>	TRINH KIM NGÂN
<i>Trình bày bìa :</i>	VŨ BÌNH MINH

In 700 cuốn khổ 19 x 27cm tại Xưởng in Nhà xuất bản Xây dựng. Giấy chấp nhận đăng ký kế hoạch xuất bản số 21-2010/CXB/385-64/XD ngày 30-12- 2009. Quyết định xuất bản số 332/QĐ-XBXD ngày 22-10-2010. In xong nộp lưu chiểu tháng 10-2010.