

CHƯƠNG 5. DÀM THÉP

5.1. Đại cương về dầm và hệ dầm

5.1.1. Phân loại dầm

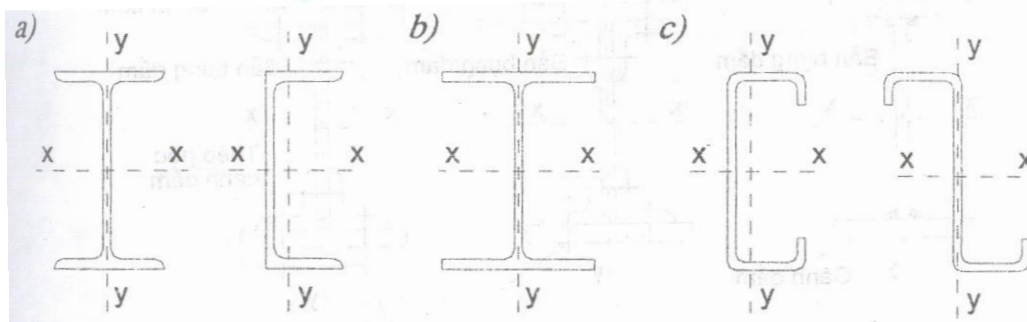
Dầm là một loại cấu kiện cơ bản, chịu uốn là chủ yếu. Nội lực chính trong dầm là mômen uốn M và lực cắt V .

Dầm có cấu tạo đơn giản (do có rất ít phân tố tạo thành), chi phí cho gia công chế tạo không lớn nên được sử dụng khá phổ biến trong các kết cấu công trình xây dựng: dầm dùng làm dầm đỡ sàn công tác, dầm cầu chạy, dầm đỡ mái, dầm tường, xà gỗ, dầm cầu, dầm đỡ cửa van....

Theo đặc điểm cấu tạo tiết diện, chia dầm thép làm hai loại: dầm hình và dầm tổ hợp.

a. Dầm hình

Là dầm được làm từ một thép hình, thường có tiết diện dạng chữ I, chữ L, chữ Z (cán nóng hoặc cán nguội, dập nguội). Dầm hình chữ I có tiết diện đối xứng theo cả hai trục, lại có mô men kháng uốn $W_{\max}$ khá lớn, nên sử dụng khá thích hợp cho những dầm chịu uốn phẳng như dầm sàn nhà, dầm đỡ sàn công tác, dầm cầu....



Hình 5.1. Tiết diện dầm hình

a) thép cán phổ thông; b) thép cán chữ I cánh rộng.

c) thép hình thành mỏng dập

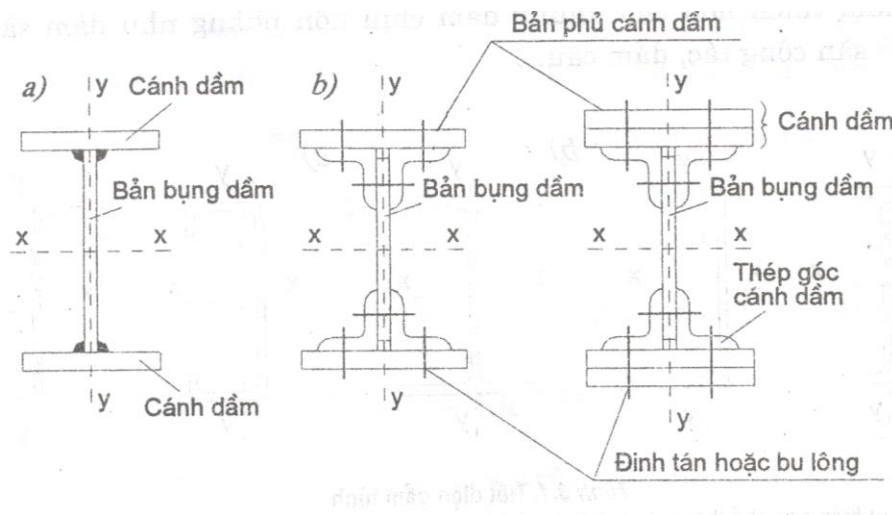
Dầm hình chữ L, có tiết diện không đối xứng theo phương trục đứng $y - y$. Khi dầm chịu uốn phẳng, sử dụng loại này là không phù hợp, bởi vì sẽ có thêm hiện tượng xoắn. Nhưng khi dầm chịu uốn xiên thì sử dụng thép hình L là khá hợp lý. Với cùng chiều cao thì bề rộng cánh của dầm hình L lớn hơn của dầm chữ I; lại có một cạnh ngoài phẳng, dễ dàng liên kết với các kết cấu đỡ nên thường được dùng làm xà gỗ mái nhà, dầm tường, hoặc dầm sàn khi nhịp và tải trọng bé.

Do hạn chế về công nghệ cán, các thép hình cán nóng thường có bề dày bản bong khá lớn và tốn thêm kim loại tại chỗ lượn chuyển tiếp từ bong sang cánh. Vì vậy việc dùng dầm thép hình cán nóng tuy tiết kiệm được công chế tạo nhưng vẫn còn nặng nề, chưa tiết kiệm được kim loại, đặc biệt là với các dầm vượt nhịp lớn, chịu tải trọng bé. Khắc phục nhược điểm này, áp dụng sự tiến bộ của công nghệ cán, hiện nay kết cấu dầm đã ứng dụng nhiều loại tiết diện mới là thép hình

cán nóng hình I cánh rộng, I cao thành hoặc tiết diện cán nguội, dầm nguội từ các thép bản mỏng tạo thành tiết diện ngang chữ I, chữ Z.

b. Dầm tổ hợp

Dầm tổ hợp là dầm mà tiết diện được tạo thành từ các thép bản, thép hình hoặc hỗn hợp cả thép bản và thép hình. Nếu dùng liên kết hàn để liên kết các phân tố tạo thành tiết diện dầm, thì dầm gọi là dầm tổ hợp hàn (dầm hàn). Tương tự như vậy, nếu dùng bulông (hoặc đinh tán) để liên kết các phân tố tạo thành thì gọi là dầm tổ hợp bulông (hoặc dầm tổ hợp đinh tán).



Hình 5.2. Tiết diện dầm tổ hợp
a) dầm hàn; b) dầm đinh tán hoặc bulông

Thông thường, dầm tổ hợp hàn tiết diện chữ I gồm ba bản thép: hai bản nằm ngang gọi là bản cánh dầm, bản đặt thẳng đứng gọi là bản bụng dầm.

Dầm tổ hợp bulông (hoặc đinh tán) tiết diện chữ I cũng gồm một bản thép đặt thẳng đứng làm bản bụng, còn mỗi bản cánh dầm gồm hai thép góc (thép chữ L) gọi là hai thép góc cánh dầm và có thể thêm một, hai đến ba bản thép đặt nằm ngang gọi là bản phủ cánh dầm.

So với dầm đinh tán thì dầm hàn tốn ít vật liệu hơn, nhẹ hơn, chi phí cho chế tạo ít hơn nên được sử dụng phổ biến hơn. Dầm đinh tán chịu chấn động và tải trọng động tốt hơn dầm hàn nên thường được sử dụng để làm cầu, dầm cầu chạy... Tuy nhiên, do quy trình và công nghệ chế tạo rất phức tạp và tốn kém nên chỉ được áp dụng với những dầm có nhịp và tải trọng khá lớn. Trong các trường hợp còn lại, dầm tổ hợp đinh tán được thay thế bằng dầm tổ hợp bulông cường độ cao.

5.1.2. Hệ dầm thép

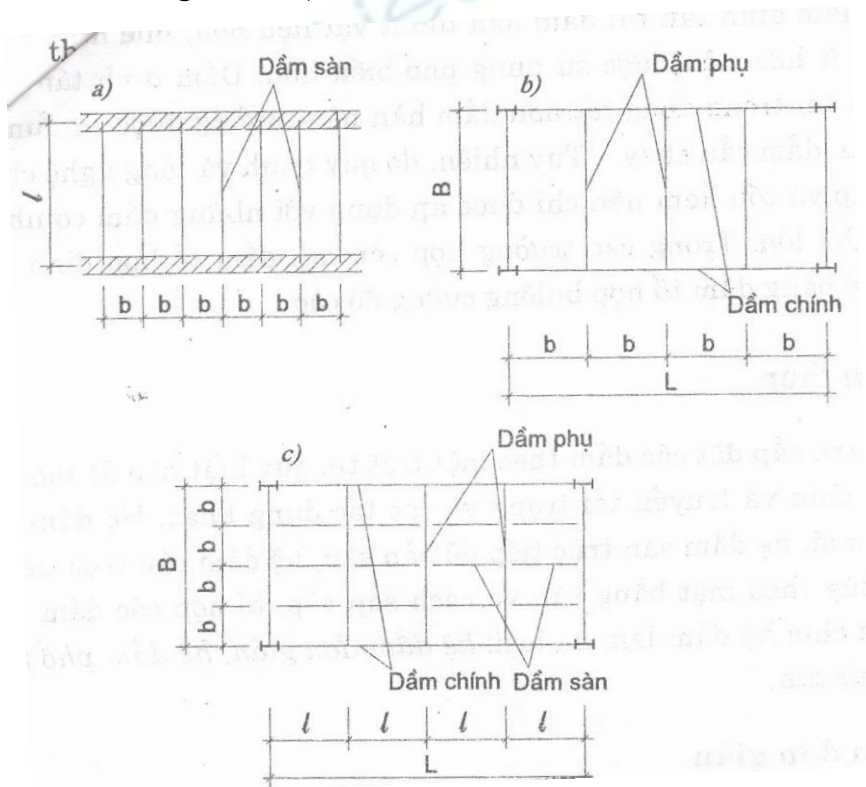
Việc bố trí, sắp đặt các dầm theo một trật tự, quy luật nào đó tạo thành hệ dầm để chịu và truyền tải trọng và các tác dụng khác. Hệ dầm mái trực tiếp đỡ mái, hệ dầm sàn trực tiếp đỡ bản sàn, hệ dầm cầu trực tiếp đỡ mặt cầu....; tùy theo mặt bằng sàn và cách sắp xếp, tổ hợp các dầm trong hệ, người ta chia hệ dầm làm ba loại: hệ dầm đơn giản, hệ dầm phổ thông và hệ dầm phức tạp.

a. Hệ dầm đơn giản

Hệ dầm đơn giản là hệ chỉ có một hệ thống các dầm bố trí song song với cạnh ngắn của ô sàn. Các dầm này gọi là dầm sàn, trực tiếp đỡ bản sàn, chịu mọi tác dụng truyền tới từ bản sàn và truyền tiếp các tác dụng này đến tường đỡ hoặc các kết cấu bên dưới. Bản sàn làm việc như bản kê hai cạnh nên độ cứng và khả năng chịu lực của hệ không lớn. Hệ dầm đơn giản chỉ thích hợp với sàn chịu tải trọng bé và cạnh ngắn của sàn không lớn.

b. Hệ dầm phổ thông

Hệ dầm phổ thông là hệ gồm hai thống dầm đặt vuông góc với nhau và song song với hai cạnh của ô sàn. Các dầm đặt song song với cạnh lớn, tựa lên cột hoặc lên các kết cấu tựa khác gọi là dầm chính. Các dầm đặt song song với cạnh bé của ô sàn, tựa lên dầm chính và truyền tải trọng từ sàn lên dầm chính gọi là dầm phụ. Bản sàn liên kết với dầm thép trên suốt chu vi và làm việc như bản kê bốn cạnh. Khi sàn có kích thước không quá lớn ($L \times B \leq 36 \times 12$) hoặc khi sàn chịu tải trọng không lớn thì sử dụng hệ dầm phổ thông là khá phù hợp, đạt được hiệu quả kinh tế hơn so với các loại hệ dầm khác (lượng thép làm hệ dầm và bản sàn ít hơn, cấu tạo đơn giản hơn).



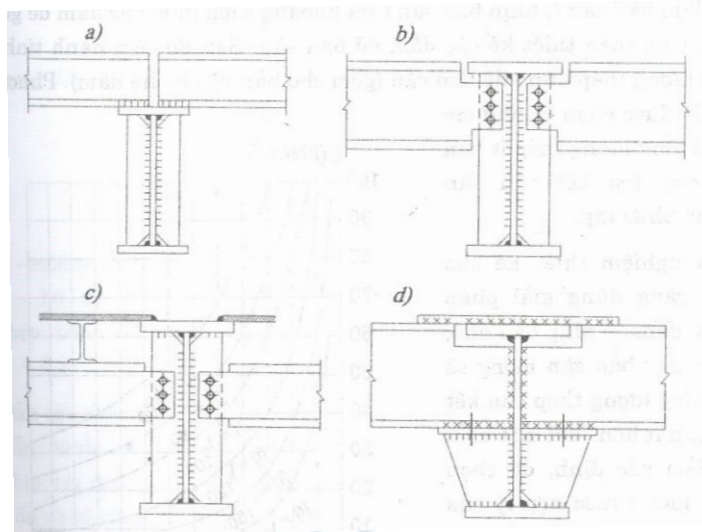
Hình 5.3. Các loại hệ dầm

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

c. Hệ dầm phức tạp

Hệ dầm phức tạp là hệ gồm ba hệ thống dầm: dầm chính đặt song song với cạnh dài của ô bản, dầm phụ đặt song song với cạnh ngắn của ô, dầm sàn đặt vuông góc với dầm phụ (song song với dầm chính). So với hai hệ a và b trên đây thì hệ dầm này có cấu tạo phức tạp, tốn công chế tạo hơn nhiều; vì vậy chỉ thích hợp khi tải trọng trên sàn lớn ($q > 3000 \text{ daN/cm}^2$).

Các dầm được liên kết với nhau theo một trong ba cách sau: Liên kết chồng, liên kết bằng mặt hoặc liên kết thấp.



Hình 5.4. Liên kết giữa các dầm
a) liên kết chồng; b) liên kết bằng mặt; c) liên kết thấp
d) cách cấu tạo liên kết cứng (ngàm) giữa các dầm

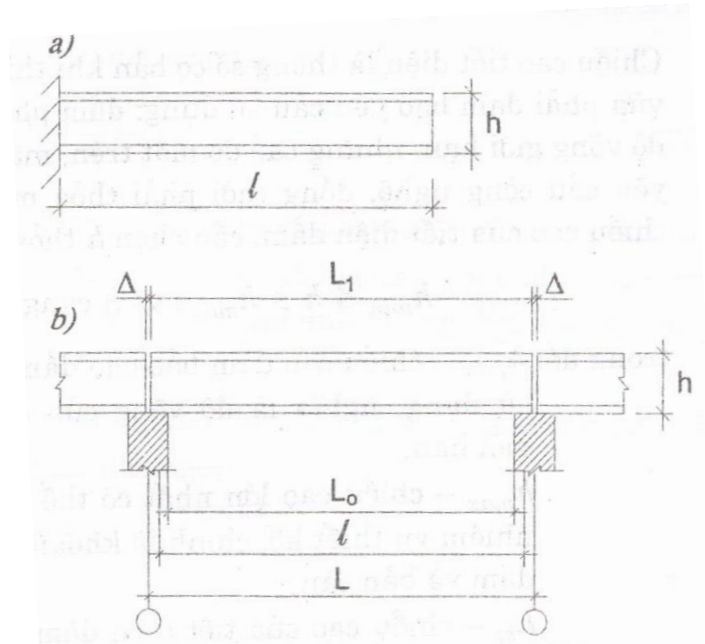
5.1.3. Các kích thước chính của dầm

Trước khi thiết kế cụ thể dầm, cần xác định được hai kích thước cơ bản là chiều dài và chiều cao của tiết diện dầm.

5.1.3.1. Chiều dài dầm, nhịp dầm

Dầm được tựa trên các cấu kiện khác (có thể là tường, cột hoặc dầm khác), gọi chung các bộ phận tựa ấy là gối tựa. Dầm đơn giản tựa trên hai gối khớp ở hai đầu; dầm liên tục tựa trên nhiều gối; nếu dầm chỉ liên kết với gối tại một đầu, đầu kia không tựa thì gọi là dầm công xôn. Với các dầm công xôn, nhịp l là khoảng cách từ mép không tựa đến mép ngoài của kết cấu tựa.

Với các dầm đơn giản khoảng cách định vị L giữa hai gối tựa gọi là nhịp danh nghĩa (khoảng vượt); khoảng cách gần nhất giữa hai gối tựa L_0 gọi là khoảng thông thủy (hình vẽ 5.5). Chiều dài chế tạo L_1 của dầm xác định theo điều kiện $L_1 = L - \Delta$; trong đó Δ là sai số do chế tạo, cần thiết cho lắp dựng, phụ thuộc vào vật liệu dầm và điều kiện chế tạo. Với các dầm thép thông thường, $\Delta = 5 - 10\text{mm}$.



Hình 5.5. Kịch thước chính của dầm

Nhịp tính toán l phụ thuộc vào cách tựa dầm lên gối và tỷ lệ độ cứng của dầm và gối tựa. Khi dầm tựa lên cột thông qua sườn đầu dầm thì nhịp tính toán l là khoảng cách giữa hai sườn, gần trùng với chiều dài chế tạo L_1 của dầm. Dầm thép không có sườn, đầu dầm đặt trực tiếp lên gối tựa là đỉnh tường hoặc đầu cột, thì nhịp tính toán phụ thuộc rất nhiều vào độ cứng của gối tựa. Nếu gối tựa là tường gạch $l = L_1$. Khi gối tựa là cột bê tông, giằng bê tông cốt thép của tường gạch hoặc bản thép phủ của đỉnh cột thép, có thể lấy $l = L_0 + (L_1 - L_0)/2$.

Trong các trường hợp trên, nhịp tính toán đều là những con số khá lẻ và thường nhỏ hơn nhịp danh nghĩa L . Để thuận lợi và thiên về an toàn, thường lấy $l = L$ để đưa vào tính toán, nghĩa là lấy nhịp tính toán bằng khoảng cách giữa tâm các gối tựa. Việc chọn giá trị nhịp l là yếu tố quan trọng để so sánh giải pháp kết cấu. Với các sàn thông thường trong công trình xây dựng, nhịp thường chọn là $l \leq 18\text{m}$. Khi nhịp có giá trị bé, có thể dùng thép hình để làm dầm; với các giá trị lớn hơn, có thể phải làm dầm tổ hợp.

5.1.3.2. Chiều cao của tiết diện dầm

Chiều cao tiết diện là thông số cơ bản khi thiết kế dầm. Chiều cao tiết diện vừa phải đảm bảo yêu cầu sử dụng: dầm phải đủ cứng để không võng quá độ võng giới hạn, nhưng cao độ mặt trên, mặt dưới sàn lại bị không chế bởi yêu cầu công nghệ, đồng thời phải thoả mãn yêu cầu kinh tế. Gọi h là chiều cao của tiết diện dầm, cần chọn h thoả mãn điều kiện sau:

$h_{\min} \leq h \leq h_{\max}$; và h càng gần h_{kt} càng tốt.

Trong đó:

$h_{\min}$ - chiều cao đảm bảo cho dầm đủ cứng trong suốt quá trình sử dụng, nghĩa là độ võng của dầm không vượt quá độ võng giới hạn;

$h_{\max}$ - chiều cao lớn nhất có thể của dầm, được quy định trong nhiệm vụ thiết kế, chính là khoảng cách cho phép đủ để bố trí hệ dầm và bản sàn;

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

- Chiều cao $h_{\min}$ được xác định từ công thức tính toán độ võng của dầm. Với dầm đơn giản chịu tải trọng phân bố đều, độ võng lớn nhất giữa dầm là:

$$\Delta = \frac{5}{384} (g^c + p^c) \frac{l^4}{EI}$$

Trong đó:

g^c, p^c - tĩnh tải và hoạt tải tiêu chuẩn tác dụng trên một đơn vị chiều dài dầm; l - nhịp dầm;

EI - độ cứng chống uốn của tiết diện dầm.

Thay thế mômen uốn tính toán dầm: $M = (g^c \gamma_g + p^c \gamma_p) \frac{l^2}{8}$ vào công thức (5.10)

ta có:

$\Delta = \frac{5 M l^2 (g^c + p^c)}{48 E I (g^c \gamma_g + p^c \gamma_p)}$, lại có quan hệ $M = fW$; $I = Wh/2$. Thay thế vào (5.11), ta

được biểu thức xác định độ võng của dầm theo công thức sau:

$$\Delta = \frac{5}{24} \frac{f l^2}{E h \gamma_{tb}} \quad (5.12)$$

Trong đó:

γ_{tb} - hệ số vượt tải trung bình, xác định theo biểu thức:

$$\frac{1}{\gamma_{tb}} = \frac{g^c + p^c}{g^c \gamma_g + p^c \gamma_p},$$

Cho độ võng của dầm bằng độ võng giới hạn ($\Delta = [\Delta]$), từ (5.12) ta có biểu thức xác định chiều cao nhỏ nhất của dầm là:

$$h_{\min} = \frac{5}{24} \frac{f}{E} \left[\frac{l}{\Delta} \right] \frac{l}{\gamma_{tb}} \quad (5.13)$$

- Chiều cao lớn nhất $h_{\max}$ được xác định từ yêu cầu sử dụng, được quy định trong nhiệm vụ thiết kế. Quy định này không cho phép chiều cao dầm vượt quá một giá trị nào đó, để không làm ảnh hưởng đến không gian sử dụng bên dưới sàn.

- Chiều cao kinh tế h_{kt} là chiều cao tiết diện, tương ứng với lượng thép làm dầm bé nhất, có thể được xác định như sau:

Trọng lượng một mét dài dầm:

$$G_d = g_w + 2g_f \quad (5.14)$$

Trong đó: g_d, g_w, g_f - trọng lượng một mét dài của dầm, của bong dầm, của một cánh dầm.

Có thể được xác định theo biểu thức sau:

$$G_w = A_w \psi_w \rho \text{ và } g_f = A_f \psi_f \rho,$$

Trong đó:

A_w, A_f - diện tích tiết diện bong, tiết diện một cánh dầm;

ψ_w, ψ_f - hệ số xét đến các chi tiết cấu tạo của bụng, của cánh dầm;

ρ - trọng lượng riêng của thép làm dầm.

Lại có:

$$A_\mu = \frac{N_f}{f} = \frac{CM}{f h_{fk}}$$

Trong đó:

N_f - lực dọc mà bản cánh phải chịu;

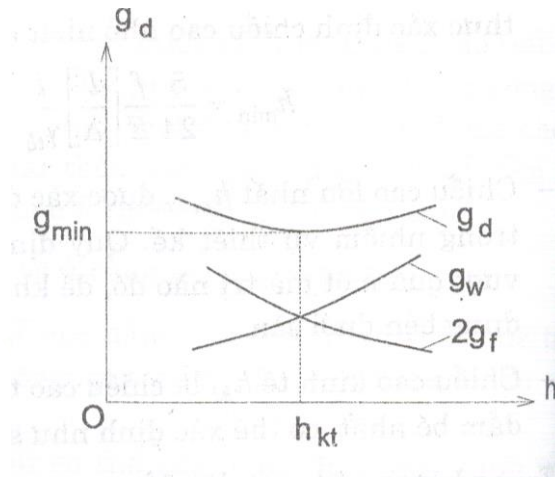
CM - phần mô men phân phối cho bản cánh;

h_{fk} - khoảng cách tâm tiết diện hai bản cánh dầm.

Gọi h_w , t_w là chiều cao, chiều dày của bản bụng dầm. Có thể viết lại (5.14) như sau:

$$g_d = h_w t_w \psi_w \rho + 2 \frac{CM}{h_{fk} f} \psi_f \rho \quad (5.15)$$

Nhận thấy rằng, khi chiều cao dầm tăng lên thì trọng lượng bụng tăng lên, còn trọng lượng cánh dầm thì giảm xuống; quan hệ đó được biểu thị trên hình 5.6.



Hình 5.6. Đồ thị quan hệ giữa trọng lượng và chiều cao dầm

Gán đúng trong biểu thức (5.15) cho $h_w = h_{fk} = h$ và đạo hàm theo biến số chiều cao h rồi cho bằng không đạo hàm này để tìm cực trị, ta có:

$$t_w \psi_w \rho - 2 \frac{CM}{fh^2} \psi_f \rho = 0 \quad (5.16)$$

Thay $M/f = W$ vào (5.16), coi h là h_{kt} (vì tại đó hàm lượng đạt cực tiểu), ta có:

$$h_{kt} = \sqrt{\frac{2C\psi_f W}{\psi_w t_w}} \quad (5.17)$$

$$\text{Hoặc } h_{kt} = k \sqrt{\frac{W}{t_w}} \quad (5.18)$$

Trong đó:

K - hệ số phụ thuộc vào tiết diện dầm (dầm hàn hay dầm bulông, đỉnh tán, tiết diện dầm thay đổi hay không thay đổi), $k = \sqrt{\frac{2C\psi_f}{\psi_w}}$. Trong thiết kế có thể lấy

như sau: với dầm tổ hợp hàm $k = 1,20 - 1,15$;

Chiều cao h_{kt} theo biểu thức (5.18) chưa xét đến ảnh hưởng của sự thay đổi tỷ số chiều cao và chiều dày bản bụng dầm. Nếu xét đến sự thay đổi tỷ số h_w/t_w , ta có công thức sau:

$$h_{kt} = \sqrt[3]{\frac{3\lambda_w W}{2}} \quad (5.19)$$

Trong đó:

$$\lambda_w = \frac{h_w}{t_{ww}} \text{ gọi là độ mảnh của bản bụng dầm.}$$

Bản bụng càng cao, càng mỏng thì dầm càng nhẹ. Tuy nhiên, khi thiết kế tiết diện, độ mảnh của bản bụng cần được khống chế để thoả mãn các điều kiện ổn định cục bộ. Vì vậy, có thể lấy các giá trị cho trong bảng 5.2. Với các lớp tiết diện mảnh hơn, cần tham khảo tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép.

Bảng 5.2. Tỷ số chiều cao và chiều dày bản bụng dầm thép

h, m	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0
t _w , mm	8 - 10	10 - 12	12 - 14	16 - 18	20 - 22	22 - 24
h _w /t _w	100 - 125	125 - 150	145 - 165	165 - 185	185 - 200	210 - 230

Từ công thức (5.16) thấy rằng, khi chiều cao dầm lấy bằng chiều cao h_{kt} thì trọng lượng bụng dầm gần bằng trọng lượng hai cánh dầm; mặt khác trọng lượng dầm thay đổi rất ít quanh chiều cao h_{kt}. Vì vậy, khi thiết kế có thể lấy chiều cao dầm h sai khác so với chiều cao tính được theo (5.18) hoặc (5.19) khoảng 20% thì vẫn đảm bảo yêu cầu kinh tế trong thiết kế dầm.

Thiết kế dầm là tập hợp các công việc nhằm tìm ra một cấu kiện chịu uốn mà mọi tiết diện của nó đều thoả mãn các điều kiện sử dụng như sau:

- Thoả mãn điều kiện chịu lực tại các tiết diện nguy hiểm: chịu mômen uốn lớn nhất và lực cắt kèm theo hoặc chịu lực cắt lớn nhất và mômen uốn kèm theo.
- Bản bụng, bản cánh phải thoả mãn điều kiện ổn định cục bộ và chịu lực tập trung.
- Độ võng lớn nhất của dầm trong suốt quá trình sử dụng không vượt quá độ võng giới hạn cho phép.
- Dầm phải thoả mãn điều kiện ổn định tổng thể, chống oằn do xoắn.
- Thoả mãn các điều kiện cấu tạo và tính khả thi cho thi công chế tạo và lắp dựng.

5.2. Thiết kế dầm hình

5.2.1. Chọn tiết diện dầm hình

Theo sơ đồ kết cấu của dầm và tải trọng tác dụng lên dầm, xác định mômen uốn M, lực cắt V (cả về giá trị và cách phân bố). Từ điều kiện bền của cấu kiện uốn, tính mômen kháng uốn yêu cầu của tiết diện theo công thức:

$$W_x^{yc} = \frac{M_{x \max}}{f \gamma_c} \quad (5.20a)$$

Khi thoả mãn các điều kiện để có thể kể đến sự làm việc trong giai đoạn dẻo của thép thì mômen kháng uốn yêu cầu của tiết diện được xác định theo công thức sau:

$$W_x^{yc} = \frac{M_{x \max}}{c_1 f \gamma_c} \quad (5.20b)$$

Hệ số c₁ trong công thức (5.20b) là kể đến sự phát triển của biến dạng dẻo của thép, cho phép tăng khả năng chịu M của dầm. Các điều kiện để có thể áp dụng là: tải trọng tác dụng lên dầm là tĩnh; thép làm dầm có giới hạn chảy f_y ≤

53kN/cm²; trên toàn nhịp dầm có tiết diện không đổi; điều kiện ổn định tổng thể được đảm bảo; ứng suất tiếp τ tại tiết diện có đồng thời tác dụng của M và V do tổ hợp nội lực bất lợi nhất, thỏa mãn điều kiện $\tau \leq 0,9f$. Với dầm thép thông thường, tiết diện không đổi dạng chữ I, chịu tải trọng tĩnh phân bố đều có thể lấy $c_1 = 1,12$; với các dầm khác, cần căn cứ theo quy định của TCDVN 338 - 2005.

- Căn cứ yêu cầu về hình dạng tiết diện và giá trị tính được theo các công thức (5.20a) hoặc (5.20b) trên đây, tra cứu bảng quy cách thép cán, chọn ra hình dạng và số hiệu của thép hình để làm dầm, thỏa mãn điều kiện:

$$W_x \geq W_x^{yc} \quad (5.21)$$

5.2.2. Kiểm tra tiết diện dầm đã chọn theo điều kiện cường độ

a. Kiểm tra điều kiện bền chịu mômen (điều kiện về uốn)

- Nếu thép hình đã chọn để làm thỏa mãn điều kiện bền theo công thức (5.21) và khi tính toán mômen uốn M_{max} đã kể đến trọng lượng bản thân dầm, khi cấu tạo không gây ra các giảm yếu cho dầm thì không cần kiểm tra điều kiện bền về uốn.

- Trong các trường hợp còn lại, cần kiểm tra bền về uốn, ứng suất pháp được kiểm tra theo công thức:

$$\sigma = \frac{M}{W_{nx}} \leq f\gamma_c \quad \text{hoặc} \quad \frac{M}{C_1 W_{nx}} \leq \gamma_c f \quad (5.22a)$$

Trong đó:

M - mômen uốn tại tiết diện kiểm tra (do cả tải trọng ngoài và trọng lượng bản thân của dầm gây ra).

W_{nx} - mômen kháng uốn đối với trục uốn $x - x$, của tiết diện kiểm tra (lấy với tiết diện thực).

b. Kiểm tra điều kiện bền chịu cắt

Kiểm tra điều kiện bền chịu cắt của tiết diện dầm, ứng suất tiếp cần thỏa mãn công thức sau:

$$\tau = \frac{VS}{I_x t_w} \leq f_v \gamma_c \quad (5.22b)$$

Trong đó:

V - lực cắt tại tiết diện kiểm tra, ở tiết diện nguy hiểm nhất về cắt, lấy $V = V_{max}$;

S - mômen tĩnh của phần tiết diện nguyên bên trên thớ cần tính ứng suất cắt với trục trung hoà $x - x$. Với tiết diện chữ I đối xứng, S là mômen tĩnh của một nửa tiết diện;

I_x - mômen quán tính của tiết diện nguyên lấy đối với trục uốn $x - x$;

t_w - chiều dày bản bụng của thép hình đã chọn;

f_v - cường độ tính toán về cắt của thép làm dầm.

Nếu tại tiết diện kiểm tra, bản bụng bị giảm yếu do khoét lỗ định tán (bulông) hoặc các nguyên nhân khác thì giá trị ứng suất tiếp trong công thức (5.22b) cần nhân thêm hệ số $\phi = a(a - d)$; với a - khoảng cách tâm hai lỗ, d - đường kính lỗ định.

c. Kiểm tra bản bụng dầm khi chịu ứng suất cục bộ

Khi bên trên cánh dầm có tải trọng tập trung tác dụng trong mặt phẳng bản bụng, mà tại đó bản bụng không có sườn cứng gia cường (hình 5.7) thì cần kiểm

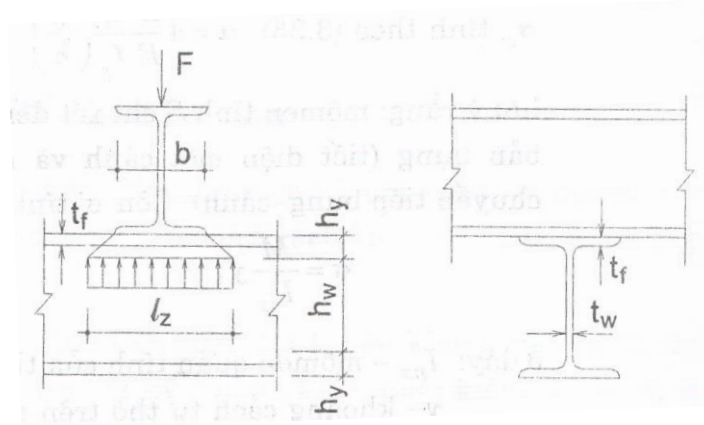
tra điều kiện bền của bản bụng, ứng suất cục bộ σ_c vuông góc với trục dầm, kiểm tra theo công thức:

$$\sigma_c = \frac{F}{t_w l_z} \leq f \gamma_c \quad (5.23)$$

Trong đó:

F - giá trị của tải trọng tập trung, phân bố trực tiếp trên chiều rộng b;

l_z - chiều dài phân bố quy đổi của tải trọng tập trung dọc theo mép trên của bản bụng, tại thớ trên của chiều cao tính toán bản bụng (h_w), cách thớ trên của dầm đoạn h_y (hình 5.7).



Hình 5.7. Sơ đồ xác định chiều dài quy ước chịu tải trọng cục bộ của bản bụng dầm

Khi dầm khảo sát là dầm thép hình

$$l_z = b + 2h_y = b + 2(t_f + r)$$

Trong đó:

t_f - chiều dày cánh dầm;

r - bán kính cong chuyển tiếp từ bụng sang cánh của tiết diện thép hình làm dầm (tra bảng theo số hiệu thép hình đã chọn).

d. Kiểm tra tiết diện dầm chịu đồng thời ứng suất pháp, ứng suất tiếp, ứng suất cục bộ

Tại tiết diện kiểm tra, có thể tồn tại cả mômen uốn M, lực cắt V, lực tập trung F, cần kiểm tra điều kiện chịu lực của tiết diện tại thớ trên của chiều cao tính toán bản bụng dầm. Xác định ứng suất tương đương và kiểm tra bền theo công thức :

$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma^2 + \sigma_c^2 - \sigma\sigma_c + 3\tau^2} \leq 1,15\gamma_c \quad (5.24a)$$

Trong đó :

σ , τ , σ_c - ứng suất pháp, ứng suất tiếp, ứng suất cục bộ ở cùng một điểm với thớ trên của chiều cao tính toán bụng dầm. Giá trị của σ_c tính theo (5.23),

$\alpha = 4 \frac{G}{E} \frac{I_t}{I_y} \left(\frac{l_0}{h} \right)^2$ tính theo (5.22b) nhưng cần lưu ý rằng : mômen tĩnh S chỉ xét

đến phần bên trên thớ trên của bản bụng (tiết diện một cánh và một phần bụng lấy hết góc chuyển tiếp bụng - cánh). Còn σ được tính theo công thức sau :