

NGUYỄN BÌNH HÀ - NGUYỄN MINH HÙNG

CƠ SỞ THIẾT KẾ VÀ VÍ DỤ TÍNH TOÁN CẦU DẦM VÀ CẦU GIÀN THÉP

(Tái bản)

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2010

LỜI NÓI ĐẦU

Trong tiến trình đổi mới chương trình, nội dung môn học và phương thức đào tạo, Bộ môn Cầu hầm Trường Đại học Xây dựng chủ trương biên soạn bộ sách về cơ sở thiết kế và ví dụ tính toán các loại cầu thông dụng để phục vụ cho việc giảng dạy, học tập của giảng viên, sinh viên Ngành Xây dựng cầu đường và những ngành có liên quan.

*Nội dung cuốn "**Cơ sở thiết kế và ví dụ tính toán cầu dầm và giàn thép**" bao gồm những khái niệm cơ bản về lý thuyết tính toán và nguyên tắc cấu tạo của các bộ phận kết cấu nhịp cầu dầm thép đơn thuần, dầm thép liên hợp với bản bê tông cốt thép và kết cấu nhịp cầu giàn thép. Bên cạnh đó, các ví dụ tính toán bằng số và bản vẽ thiết kế được trình bày khá cụ thể sẽ rất bổ ích cho sinh viên cũng như cán bộ kỹ thuật khi thực hành thiết kế những loại cầu này.*

Việc biên soạn chắc chắn không tránh khỏi những sai sót. Rất mong nhận được ý kiến đóng góp của bạn đọc.

**Bộ môn Cầu hầm
Trường Đại học Xây dựng**

Phần 1

CHỈ DẪN CHUNG

Quá trình tính toán thiết kế kết cấu nhịp cầu nói chung và cầu thép nói riêng phải luôn luôn kết hợp hai việc:

- + Tính toán kết cấu để đảm bảo sự bền vững của công trình;
- + Cấu tạo hợp lý các bộ phận của kết cấu.

Hai việc đó quan hệ mật thiết với nhau, không thể giải quyết từng vấn đề một cách riêng rẽ.

Kích thước các bộ phận của kết cấu nhịp và các thành phần của nó cần phải đảm bảo các điều kiện an toàn và làm việc bình thường, đồng thời thoả mãn một cách đầy đủ về mặt chế tạo, lắp ráp, khai thác, sửa chữa và tiết kiệm vật liệu.

Theo quy trình hiện hành của Việt Nam, tính toán cầu thép được tiến hành theo hai trạng thái giới hạn:

Trạng thái giới hạn I bao gồm:

- + Tính toán về cường độ và ổn định;
- + Tính chống mỏi.

Trạng thái giới hạn II tính toán về biến dạng.

Khi tính cường độ và ổn định, tĩnh tải đưa vào tính toán với các hệ số siêu tải n_1 , lấy như sau:

- + Các bộ phận của kết cấu nhịp 1,1 và 0,9;
- + Các lớp mặt đường, đường người đi trên cầu ô tô và cầu thành phố 1,5 và 0,9;
- + Mặt cầu xe lửa có rải đá dăm 1,3 và 0,9;
- + Mặt cầu xe lửa có tà vẹt đặt trực tiếp 1,1 và 0,9;

Các hệ số n_1 được lấy giá trị nhỏ hơn 1,0 khi tác dụng của tĩnh tải làm giảm bớt sự nguy hiểm cho công trình.

Các hệ số siêu tải của hoạt tải n_h :

- + Tải trọng ô tô và người đi bộ 1,4;
- + Tải trọng xe đặc biệt (HK-80), xe xích 1,1;

+ Tải trọng xe lửa n_h phụ thuộc vào chiều dài λ của đoạn đường ảnh hưởng có đặt tải trọng, lấy như sau:

λ (m)	0	50	≥ 150
n_h	1,3	1,15	1,1

Những trị số n_h trung gian lấy theo nội suy.

+ Khi tính toán về môi (không tính với tải trọng xe đặc biệt hoặc xe xích), hệ số siêu tải của tĩnh tải cũng như hoạt tải đều lấy bằng 1,0.

+ Khi tính toán với các tổ hợp tải trọng phụ, hoạt tải thẳng đứng được lấy với hệ số siêu tải $0,8n_h$.

+ Khi tính toán với tổ hợp đặc biệt, lấy hệ số siêu tải $0,7n_h$.

Nếu trên cầu có nhiều làn xe, khi tính toán các bộ phận chịu tải trọng truyền từ các làn xuống mà có chiều dài đặt tải $\lambda \geq 25$ m, cần phải đưa thêm hệ số làn xe β_0 , lấy như sau:

số làn xe	2	3	≥ 4
hệ số β_0	0,9	0,8	0,7

Để tính toán các bộ phận của kết cấu nhịp, hệ số xung kích của hoạt tải lấy như sau:

+ ô tô
$$1 + \mu = 1 + \frac{15}{37,5 + \lambda};$$

+ người đi bộ
$$(1 + \mu) = 1,0;$$

+ xe đặc biệt và xe xích
$$(1 + \mu) = 1,0;$$

+ xe lửa
$$1 + \mu = 1 + \frac{18}{30 + \lambda},$$

nhưng không nhỏ hơn 1,2 khi tính theo cường độ và không nhỏ hơn 1,1 khi tính môi;

trong đó: λ - đối với các bộ phận của phần xe chạy và các bộ phận chịu tải trọng cục bộ là chiều dài đặt tải của đường ảnh hưởng, còn đối với các bộ phận của giàn chủ hoặc dầm chủ là chiều dài nhịp hoặc chiều dài đặt tải của đường ảnh hưởng, nếu chiều dài này lớn hơn chiều dài nhịp (chẳng hạn khi tính cầu dầm liên tục).

Khi tính giàn chủ hay dầm chủ có nhịp lớn, trong đó nội lực do tĩnh tải vượt quá 80% trị số nội lực do toàn bộ tải trọng tính toán, tải chỉ kiểm tra tiết diện với riêng tĩnh tải, và phải đưa vào hệ số điều kiện làm việc $m_2 = 0,3$, tương ứng với việc giảm cường độ tính toán của vật liệu đi 20%.

Trong tính toán về mỏi, phải xét đến hệ số γ - giảm cường độ tính toán của vật liệu do mỏi.

Khi kéo là chủ yếu ($\sigma_{\max} > 0$):

$$\gamma = \frac{1}{(a\beta + b) - (a\beta - b)\rho} \leq 1 \quad (1-1)$$

Khi nén là chủ yếu ($\sigma_{\max} < 0$) đối với thép cơ bản của cấu kiện liên kết tán đỉnh, bu lông hoặc liên kết hàn trong nhà máy:

$$\gamma = \frac{1}{(a\beta - b) - (a\beta + b)\rho} \leq 1 \quad (1-2)$$

Khi nén là chủ yếu đối với các cấu kiện liên kết hàn ở công trường, cũng như khi tính toán đỉnh tán và bu lông thì γ cũng được tính theo công thức (1-1).

Trong công thức (1-1) và (1-2):

β - hệ số hiệu quả tập trung ứng suất, xét sự ảnh hưởng đến mỏi của các hiện tượng tập trung ứng suất khác nhau, giá trị của β cho ở Phụ lục 7;

$\rho = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$ - đặc trưng tuần hoàn của ứng suất thay đổi;

$\sigma_{\max}$, $\sigma_{\min}$ - trị số ứng suất lớn nhất và nhỏ nhất theo giá trị tuyệt đối, có kể đến dấu của chúng (+ đối với kéo; - đối với nén);

a và b - các hệ số, lấy như sau:

+ Đối với các cấu kiện làm từ thép than $a = 0,58$; $b = 0,26$;

+ Đối với các cấu kiện làm từ thép hợp kim thấp $a = 0,65$; $b = 0,30$.

Đối với các bộ phận thuộc phần xe chạy và liên kết của chúng, cũng như đối với các bộ phận làm việc chịu tải trọng cục bộ của giàn chủ và liên kết của chúng, khi chiều dài đặt tải của đường ảnh hưởng nhỏ hơn hoặc bằng 22m, hệ số a được tăng lên A lần:

$$A = B - C \lambda \geq 1. \quad (1-3)$$

Giá trị của B và C phụ thuộc β có thể tra ở bảng 7-23 của Phụ lục 7.

Khi tính cầu ô tô, trong công thức tính γ , giá trị của a lấy nhỏ đi 30%.

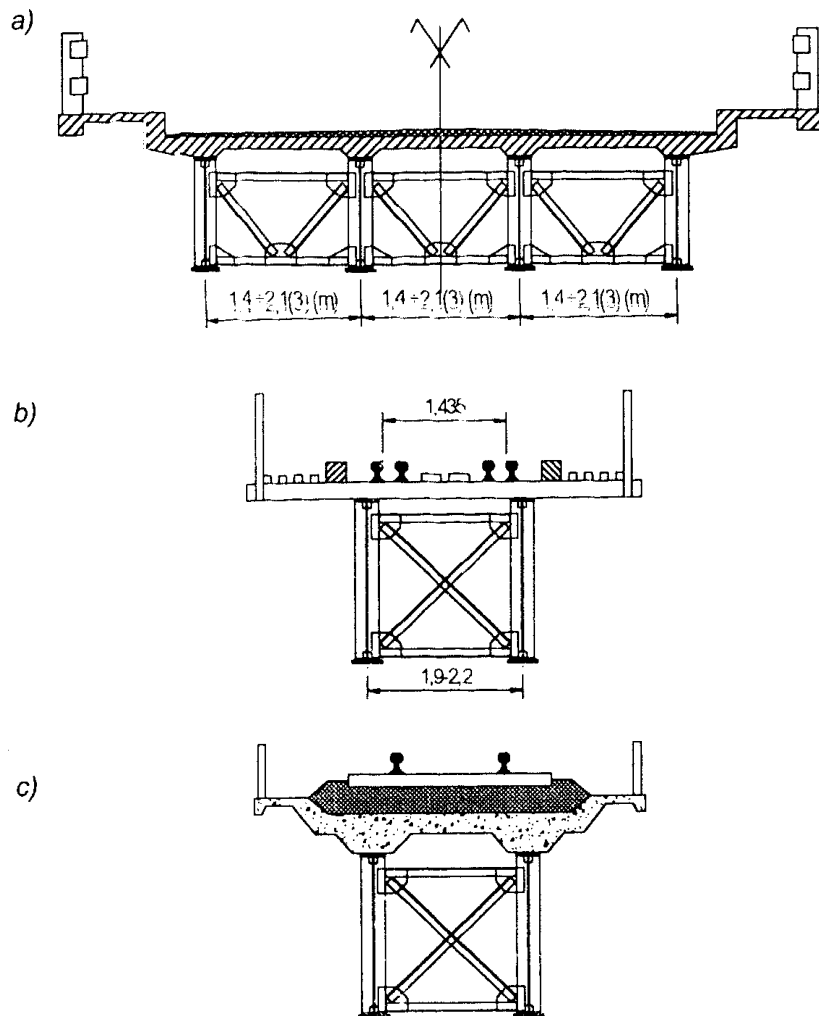
Phần 2

CẦU DẦM THÉP

2.1. XÁC ĐỊNH HÌNH DẠNG TIẾT DIỆN NGANG CẦU VÀ CÁC KÍCH THƯỚC CƠ BẢN

Căn cứ vào nhiệm vụ thiết kế, có thể chọn một trong các sơ đồ mặt cắt ngang cầu dầm thép như ở hình 2-1.

Số lượng dầm chủ và khoảng cách giữa chúng phụ thuộc vào bề rộng đường xe chạy, tải trọng thiết kế và chiều dài nhịp tính toán.



Hình 2-1. Tiết diện ngang của cầu dầm thép

Đối với cầu ô tô khổ 7 và 8m, đường đi mỗi bên rộng 0,75 đến 1,5m nên chọn 4 đến 6 dầm chủ. Cấu tạo phần xe chạy, đường người đi và lan can giống như trong cầu bê tông cốt thép (BTCT), khi đó bản mặt cầu bằng BTCT được đặt trực tiếp lên các dầm chủ (hình 2-1a).

Đối với cầu có một đường xe lửa, kết cấu nhịp gồm có hai dầm chủ đặt cách nhau 1,9 - 2,2m (có thể tới 2,4m khi nhịp lớn). Đường ray tà vẹt được đặt trực tiếp lên dầm chủ (hình 2-1b) hoặc thông qua máng đá dầm (hình 2-1c). Đường người đi mỗi bên rộng 1m dùng để đặt các máy móc thiết bị cần thiết và để cho công nhân đi lại sửa chữa bảo quản cầu.

Chiều cao của dầm chủ được xác định trên cơ sở tính toán sao cho khối lượng thép là ít nhất và đảm bảo độ cứng của kết cấu nhịp khi chịu hoạt tải, đồng thời phải xét đến điều kiện chế tạo (sử dụng hợp lý thép tấm cán sẵn), vận chuyển và lắp ráp.

Khi thiết kế kết cấu nhịp cầu dầm đơn giản, có thể sơ bộ chọn chiều cao dầm theo tỉ lệ:

+ đối với cầu ô tô: $h/L = 1/12 - 1/15$ chiều dài nhịp;

+ đối với cầu xe lửa: $h/L = 1/9 - 1/11$ chiều dài nhịp;

nhịp càng dài, thì chiều cao tương đối của dầm càng nhỏ.

Chiều dài khoảng của hệ liên kết dọc có thể lấy khoảng 1 đến 1,5 lần khoảng cách giữa các dầm chủ, các liên kết ngang bố trí cách nhau $2 \div 5m$.

2.2. NỘI LỰC TRONG DẦM CHỦ

2.2.1. Tính hệ số phân phối ngang

Đối với cầu có một đường xe lửa, hệ số phân phối ngang $\eta = 0,5$, có nghĩa là tải trọng của đoàn xe lửa được chia cho hai dầm chủ, mỗi dầm chịu một nửa.

Trong cầu ô tô, khi số dầm chủ lớn hơn 2, liên kết ngang giữa các dầm nếu được coi là chắc chắn và tỷ số $B/L < 0,5$ (bề rộng cầu tính từ hai bên lan can trên chiều dài nhịp), thì hệ số phân phối ngang được xác định theo phương pháp nén lệch tâm.

Nếu tiết diện của các dầm chủ đều cấu tạo giống như nhau thì tung độ đường ảnh hưởng áp lực lên các dầm biên có giá trị như sau (xem hình 2-2):

$$y_1 = \frac{1}{n} + \frac{a_1^2}{2 \sum a_i^2};$$

$$y'_1 = \frac{1}{n} - \frac{a_1^2}{2 \sum a_i^2},$$
(2-1)

trong đó:

y_1, y'_1 - tung độ của đường ảnh hưởng khi $P = 1$ đặt tại dầm biên bên trái và bên phải;

n - số dầm chủ;

a_i - khoảng cách giữa từng đôi dầm thứ i có vị trí đối xứng với nhau qua trục cầu;

a_1 - khoảng cách giữa hai dầm biên.

Sau khi vẽ được đường ảnh hưởng áp lực, xếp tải trọng ở vị trí bất lợi theo phương ngang cầu và xác định hệ số phân phối ngang.

Đối với tải trọng ô tô, xe đặc biệt, xe xích:

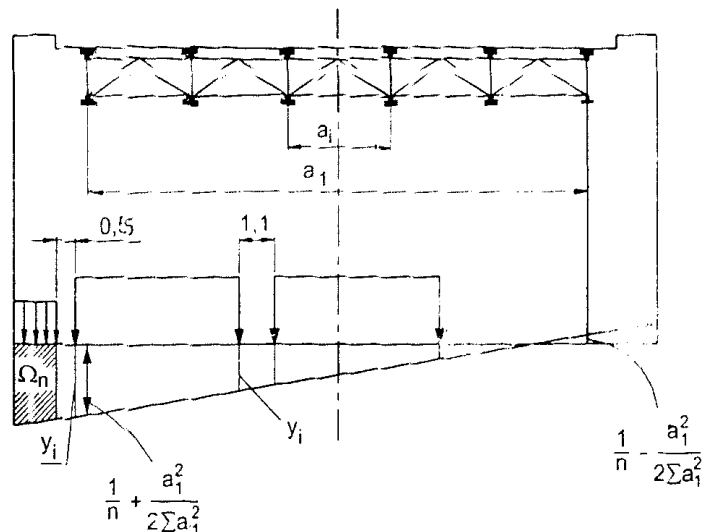
$$\eta = 0,5 \sum y_i, \quad (2-2)$$

trong đó : y_i - tung độ của đường ảnh hưởng tại vị trí dưới bánh xe, đai xích.

Đối với tải trọng trên đường người đi:

$$\eta_n = \Omega_n, \quad (2-3)$$

trong đó: Ω_n - diện tích của phần đường ảnh hưởng ứng với phần đường người đi có đặt tải trọng (hình 2-2).



Hình 2-2. Để tính hệ số phân phối ngang theo phương pháp nén lệch tâm

Nói chung chỉ cần vẽ đường ảnh hưởng áp lực và hệ số phân phối ngang cho dầm biên là đủ. Trường hợp mô men quán tính của các dầm không giống nhau, thì có thể phải xác định hệ số phân phối ngang cho dầm phía trong. Khi đó, giá trị tung độ đường ảnh hưởng áp lực lên đôi dầm thứ k , có mô men quán tính là I_k được tính theo công thức:

$$y_1 = \frac{I_k}{\sum I_i} + \frac{I_k a_k a_1}{2 \sum I_i a_i^2};$$

$$y'_1 = \frac{I_k}{\sum I_i} - \frac{I_k a_k a_1}{2 \sum I_i a_i^2},$$
(2-4)

trong đó:

a_k - khoảng cách giữa dầm thứ k và dầm đối xứng với nó qua tim cầu;

I_i - mô men quán tính của dầm thứ i .

Khi tỷ số $B/L > 0,5$ nhưng vẫn nhỏ hơn 1, thì cũng dùng phương pháp nén lệch tâm để tính toán sơ bộ nội lực và chọn tiết diện các dầm chủ, sau đó tính lại hệ số phân phối ngang theo phương pháp dầm liên tục trên các gối đàn hồi. Cách thức tiến hành như sau:

Đầu tiên cần phải xác định mô men quán tính của một liên kết ngang I_{ng} , rồi xác định mô men quán tính trên một mét dài cầu $I' = I_{ng}/a$, trong đó: a - khoảng cách giữa các liên kết ngang, không được lớn hơn 5m và không được lớn hơn 15 lần bề rộng của cánh dầm chủ.

Nếu hệ liên kết ngang có cấu tạo dạng giàn:

$$I_{ng} = \frac{F_b h^2}{2},$$
(2-5)

trong đó:

F_b - diện tích tiết diện ngang của thanh biên giàn liên kết ngang;

h - khoảng cách giữa hai biên trên và dưới của giàn đó.

Biết được I' và Δp (độ võng của dầm chủ do tải trọng $p = 1T/m$ gây ra, tính như trong cầu BTCT) sẽ tính được hệ số phân phối đàn hồi α và dựng đường ảnh hưởng áp lực lên dầm bằng cách tra bảng, sau đó tính hệ số phân phối ngang.

Trong những trường hợp cần thiết, phải xét đến sự thay đổi của hệ số phân phối ngang dọc theo chiều dài nhịp dầm chủ.

2.2.2. Tính tải tác dụng lên một dầm chủ

2.2.2.1. Tải trọng của mặt đường trên cầu và các bộ phận mặt cầu

Đối với cầu xe lửa, trọng lượng trên một mét dài cầu của đường ray, tà vẹt, đường người đi v.v... có thể lấy 0,8T/m cho một đường, tức là $g_{mc} = 0,4T/m$ cho một dầm chủ. Nếu mặt cầu có máng BTCT, và rải đá dầm thì phải xác định g_{mc} theo kích thước cấu tạo thực tế.

Đối với cầu ô tô, tải trọng phân bố đều trên một mét dài dầm chủ của các lớp mặt đường g_{cl} và của các bộ phận mặt cầu g_{mc} (gồm có bản mặt cầu, đường người đi, lan can) được tính như sau:

Khi tính theo phương pháp nén lệch tâm:

$$\begin{aligned} g_{cl} &= \frac{q_{cl} K}{n}; \\ g_{mc} &= \frac{q_{lb} B' + 2P_{bh}}{n}, \end{aligned} \quad (2-6)$$

trong đó:

q_{cl}, q_b - tải trọng phân bố trên $1m^2$ của các lớp mặt đường và của bản BTCT mặt cầu;

P_{bh} - tải trọng phân bố trên $1m$ dài cầu của một đường người đi và của một hàng lan can;

K, B' - khổ cầu phân xe chạy và bề rộng của bản BTCT mặt cầu;

n - số dầm chủ.

Khi tính theo phương pháp dầm liên tục trên các gối đàn hồi:

$$\begin{aligned} g_{cl} &= q_{cl} \Omega_1; \\ g_{mc} &= \frac{q_{lb} \cdot B' + 2P_{bh}}{B} \Omega, \end{aligned} \quad (2-7)$$

trong đó:

Ω, Ω_1 - diện tích toàn bộ đường ảnh hưởng áp lực lên dầm tính toán và diện tích phần đường ảnh hưởng tương ứng với khổ đường xe chạy, m;

B - bề rộng của cầu tính từ hai cột lan can hai bên, m;

các ký hiệu còn lại xem phần giải thích ở công thức (2-6).

Các giá trị của q_{cl}, q_b, P_{bh} được tính theo các kích thước cấu tạo của các bộ phận nói trên và theo trọng lượng thể tích của chúng, hoặc có thể lấy trị số áng chừng: $q_{cl} = 0,3T/m^2$; $q_b = 0,32 - 0,38T/m^2$ (tùy theo dầm chủ đặt dày hay thưa); $P_{bh} = 0,3T/m$.

2.2.2.2. Tải trọng bản thân dầm chủ và hệ liên kết

Trọng lượng thép trên 1 mét dài dầm chủ g_d có thể xác định theo công thức:

$$g_d = \frac{n_h k_o + n_l g_{cl} + n_l g_{mc}}{\frac{R_u}{\gamma} - n_l (1 + \alpha)} \cdot a.l \quad (2-8)$$

(đối với cầu xe lửa không có số hạng thứ hai của tử số),

trong đó:

l - nhịp tính toán dầm, m;

R_1 - cường độ tính toán của thép làm dầm, T/m^2 ;

γ - trọng lượng thể tích của thép: $7,85 T/m^3$;

$\alpha = 0,1 - 0,12$ - hệ số xét đến trọng lượng của hệ liên kết giữa các dầm chủ (lấy tùy theo chiều dài nhịp);

$a = 5,0$ - đặc trưng trọng lượng ứng với dầm giản đơn;

n_p, n'_1, n_l - các hệ số siêu tải của hoạt tải, tĩnh tải mặt đường và tĩnh tải mặt cầu, n_p được lấy tùy theo loại tải trọng, $n'_1 = 1,5$; $n_l = 1,1$;

g_d, g_{mc} - các đại lượng đã tính được ở công thức (2-6) hoặc (2-7);

k_s - hoạt tải tác dụng lên dầm (T/m), được tính như sau:

đối với cầu xe lửa:

$$k_o = 0,5 (1+\mu) k_{1/4}; \quad (2-9)$$

cầu ô tô:

$$k_o = (1+\mu) k_{1/4} \beta_o \eta_{ôtô} + T \eta_n; \quad (2-10)$$

$\eta_{ôtô}, \eta_n$ - hệ số phân phối ngang của tải trọng ô tô và người;

β_s - hệ số làn xe;

$(1+\mu)$ - hệ số xung kích, lấy theo chiều dài nhịp dầm chủ;

T - cường độ tải trọng người, T/m^2 ;

$k_{1/4}$ - tải trọng tương đương của một làn xe ô tô hoặc xe lửa với đường ảnh hưởng tam giác có đỉnh ở $1/4$ nhịp.

Nếu dầm chủ được chế tạo bằng phương pháp tán đinh, giá trị của g_d còn phải nhân thêm với hệ số cấu tạo, khoảng $1,2 \div 1,5$.

Trọng lượng thép của hệ liên kết, thường được xem là một hàm số của trọng lượng dầm chủ

$$g_{lk} = \alpha g_d; \quad (2-11)$$

trong đó:

ξ_k - tải trọng phân bố của hệ liên kết tác dụng lên một dầm chủ,

c - hệ số lấy như trên.

2.2.3. Nội lực trong dầm chủ

Trước hết, phải vẽ các đường ảnh hưởng mô men uốn tại các tiết diện $1/2, 1/4, 1/8$ nhịp, đường ảnh hưởng lực cắt tại gối và $1/2$ nhịp. Sau đó, xếp tải trọng trên đường ảnh

hướng để tính vẽ các biểu đồ bao mô men uốn và lực cắt cho trường hợp tải trọng tiêu chuẩn và tải trọng tính toán.

Đối với cầu ô tô, khi dựng biểu đồ bao nội lực do tải trọng tính toán cần phải xét hai tổ hợp:

+ ô tô + người;

+ xe đặc biệt (hoặc xe xích)

để lấy giá trị nội lực lớn hơn.

Đối với cầu xe lửa, cần nhớ rằng chỉ có tải trọng của xe lửa mà không có tải trọng người tác dụng đồng thời.

Nội dung và các công thức tính toán được trình bày theo bảng Mẫu số 2-1 cho cầu ô tô và Mẫu số 2-2 cho cầu xe lửa, cũng sử dụng luôn các bảng đó để ghi kết quả tính toán.

Trong Mẫu số 2-1 và Mẫu số 2-2:

g_{cl} , g_{mc} , g_d , g_{ik} và các hệ số η đã tính được ở mục 2.2.1 và 2.2.2;

T - cường độ tải trọng người đi bộ, T/m^2 ;

$k_{otô}$, $k_{đb}$, k - tải trọng tương đương của ô tô, xe đặc biệt, xe lửa tra ở phụ lục, tùy theo chiều dài đặt tải và vị trí đỉnh đường ảnh hưởng;

$(1+\mu)$ - lấy theo chiều dài nhịp dầm chủ;

β_0 - hệ số làn xe trong cầu ô tô được lấy theo chiều dài đặt tải;

n_h - hệ số siêu tải (đối với cầu xe lửa được lấy theo chiều dài đặt tải);

1,5 và 1,1 - hệ số siêu tải của tĩnh tải, lấy tùy theo loại mặt cầu;

1,4 và 1,1 - hệ số siêu tải của tải trọng ô tô, người và của tải trọng đặc biệt (hoặc xe xích).

Nếu dầm chủ là liên tục hay mút thừa thì việc tính toán sẽ phức tạp hơn. vì phải đặt hoạt tải riêng từng phần dương và phần âm của đường ảnh hưởng để xác định nội lực max và min, còn đối với tĩnh tải thì phải xét đến hệ số siêu tải có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn 1,0 và khác nhau trên các nhịp.

Nếu kích thước dầm thay đổi theo chiều dài nhịp và cường độ tĩnh tải chênh lệch nhau không quá 15%, thì có thể được xem như phân bố đều.

Đối với dầm liên tục phải giả thiết trước độ cứng EJ, sau này tiết diện chọn được có EJ thực tế không chênh lệch nhiều lắm thì không phải tính lại với tiết diện mới. Khi EJ thay đổi theo chiều dài nhịp, nhưng EJ ở gối và ở nhịp không chênh lệch nhau quá 2 lần thì có thể tính theo EJ không đổi.

Mẫu số 2-1

Nội dung tính toán			Ký hiệu và công thức		Kết quả tính toán				
			Ôtô và người	Xe đặc biệt	$M_{1/2}$	$M_{1/4}$	$M_{1/8}$	Q_g	$Q_{1/2}$
Diện tích phần đặt hoạt tải của dầm			Ω						
Tĩnh tải của mặt đường			$g_1 = g_{cl}$						
Tĩnh tải của mặt cầu, dầm chủ, liên kết			$g_2 = g_{mc} + g_d + g_{lk}$						
Tải trọng tương đương			$k_{\text{ôtô}}$						
			k_{ng}						
				k_{db}					
Hệ số phân phối ngang			$\eta_{\text{ôtô}}$						
			η_n						
				η_{db}					
Hệ số làn xe			β_0						
Hệ số xung kích			$(1+\mu)$						
Nội lực do	tĩnh tải	tiêu chuẩn	$S_t^{tc} = (g_1 + g_2) \cdot \Omega$						0
		tính toán	$S_t^{tt} = (1,5 g_1 + 1,1 g_2) \cdot \Omega$						0
	hoạt tải	tiêu chuẩn	$S_h^{tc} = [(1+\mu)\eta_{\text{ôtô}}k_{\text{ôtô}}\beta + \eta_n T] \cdot a$						
		tính toán	$S_{h1}^{tt} = S_h^{tc} 1,4$						
			$S_{h2}^{tt} = 1,1 \eta_{db} k_{db} \Omega$						
			$S_h^{tt} = \max(S_{h1}^{tt}, S_{h2}^{tt})$						
	tĩnh + hoạt	tiêu chuẩn	$S_{\max}^{tc} = S_t^{tc} + S_h^{tc}$						
			$S_{\min}^{tc} = S_t^{tc}$						0
		tính toán	$S_{\max}^{tt} = S_t^{tt} + S_h^{tt}$						

Mẫu số 2-2

Nội dung tính toán			Ký hiệu và công thức tính toán	Kết quả tính toán				
				M _{1/2}	M _{1/4}	M _{1/8}	Q _g	Q _{1/2}
Diện tích phần đặt hoạt tải của dầm			Ω					
Tĩnh tải của mặt cầu			g = g _{mc}					
Tĩnh tải của dầm chủ liên kết			g _l = g _c + g _{lk}					
Tải trọng tương đương			k					
Hệ số siêu tải của mặt cầu			n _{t1}					
Hệ số siêu tải của hoạt tải			n _{t2}					
Hệ số xung kích			(1 + μ)					
Nội lực do	tĩnh tải	tiêu chuẩn	S ₁ ^{tc} = (g ₁ + g ₂).Ω					0
		tính toán	S ₁ ^{tt} = (n _{t1} g ₁ + 1,1 g ₂).Ω					0
	hoạt tải	tiêu chuẩn	S _h ^{tc} = 0,5(1 + μ).k.Ω					
		tính toán	S _h ^{tt} = n _{t2} S _h ^{tc}					
	tĩnh + hoạt	tiêu chuẩn	S _{max} ^{tc} = S ₁ ^{tc} + S _h ^{tc}					
			S _{min} ^{tc} = S ₁ ^{tc}					0
tính toán		S _{max} ^{tt} = S ₁ ^{tt} + S _h ^{tt}						

2.3. TIẾT DIỆN DẦM CHỦ

Trong kết cấu nhịp dầm thép giản đơn, không liên hợp với bản bê tông cốt thép mặt cầu, thường chọn tiết diện kiểu chữ I đối xứng, tán ghép hoặc hàn. Kích thước tiết diện phụ thuộc chủ yếu vào trị số mô men uốn và phải đảm bảo các quy định về cấu tạo. Nói chung là phải tính thử một vài lần mới lựa chọn được tiết diện hợp lý.

2.3.1. Chiều cao tiết diện

Cơ sở để chọn chiều cao dầm đã nêu ở 2.1. Theo điều kiện đảm bảo độ cứng, chiều cao dầm không được nhỏ hơn trị số sau đây:

$$h_{\min} = \frac{5}{24} \frac{a.R_u.l}{\left[n_h(1+\mu) + \frac{n_1g_1 + n_2g_2}{k} \right] \left[\frac{f}{l} \right] E.\alpha}, \quad (2-12)$$

trong đó:

$a \approx 1,1$ - hệ số xét đến sự thay đổi tiết diện dầm theo chiều dài nhịp;

R_u, E - cường độ tính toán chịu nén khi uốn và mô đun đàn hồi của thép
($E = 2,1.10^6 \text{ kg/cm}^2$);

l - chiều dài nhịp dầm chủ, cm;

$\left[\frac{f}{l} \right]$ - độ võng cho phép của kết cấu nhịp: cầu ô tô 1/400, cầu xe lửa 1/800;

k - hoạt tải tiêu chuẩn phân bố trên dầm, T/m,

cầu ô tô: $k = \eta\beta k_{1/2}$;

cầu xe lửa: $k = 0,5 k_{1/2}$;

$k_{1/2}$ - tải trọng tương đương ứng với đường ảnh hưởng mô men uốn giữa nhịp dầm chủ, T/m;

η - hệ số phân phối ngang của ô tô;

β - hệ số làn xe;

n_h - hệ số siêu tải của hoạt tải;

$(1 + \mu)$ - hệ số xung kích, lấy với chiều dài nhịp dầm chủ;

$n_1g_1 + n_2g_2$ - đã biết ở phần tính nội lực dầm chủ, T/m;

$\alpha = \frac{I_{ng}}{I_{gy}}$ - tỉ số giữa mô men quán tính tiết diện nguyên ở giữa nhịp và mô men

quán tính giảm yếu, dầm tán đỉnh có thể lấy $\alpha = 1,17$; dầm hàn $\alpha = 1$.

Theo điều kiện kinh tế, chiều cao dầm đã chọn không nên sai khác quá 25% đối với dầm tán đỉnh và 15% đối với dầm hàn so với trị số chiều cao tính được theo công thức:

$$h_{kt} = A \sqrt[3]{\frac{M}{R_u}}; \quad (2-13)$$

trong đó:

M - mô men uốn tính toán tại tiết diện giữa nhịp;

A - hệ số, lấy bằng 5,5 - 6,5, giá trị lớn khi dầm hàn nhịp nhỏ; giá trị nhỏ khi dầm tán đỉnh, nhịp lớn.

2.3.2. Kích thước tấm sườn dầm

Chiều cao tấm sườn dầm h_s nhỏ hơn chiều cao dầm khoảng 4% đối với dầm tán đỉnh và 5% đối với dầm hàn.

Bề dày sườn dầm nằm trong khoảng $1/1000 - 1/200$ chiều cao dầm, có thể lấy theo công thức:

$$\delta = \frac{1}{12,5} \sqrt{h_s} \quad \text{đối với thép than;} \quad (2-14)$$

$$\delta = \frac{1}{10} \sqrt{h_s} \quad \text{đối với thép hợp kim thấp.}$$

Đồng thời δ không nhỏ hơn 10cm đối với dầm tán đỉnh và 12cm đối với dầm hàn.

Mô men quán tính của sườn dầm được tính theo công thức:

$$I_s = \frac{\delta h_s^3}{12} \quad (2-15)$$

2.3.3. Biên dầm của dầm tán đỉnh

Mô men quán tính của tiết diện dầm chưa trừ giảm yếu có thể tính theo công thức gần đúng:

$$I_{ng} \approx 0,61 \frac{M}{R_{t_1}} h_i, \quad (2-16)$$

trong đó:

M - mô men uốn tính toán tại tiết diện giữa nhịp dầm chủ;

h - chiều cao dầm.

Mô men quán tính của các biên dầm:

$$I_b = I_{ng} - I_s. \quad (2-17)$$

2.3.3.1. Thép góc biên

Bề rộng cánh thép góc theo phương nằm ngang thường chọn trong khoảng $1/8 - 1/12$ chiều cao sườn dầm, có thể tính theo công thức:

$$b_{thg} = 20 + 80h_s \text{ (mm)}, \quad (2-18)$$

trong đó: h_s phải tính bằng m.

Kích cỡ thép góc biên không được nhỏ hơn $100+100 \times 10$ mm.

Nếu diện tích chưa trừ giảm yếu của một thép góc biên là f_{thg} thì mô men quán tính của 4 thép góc biên lấy với trục trung hoà của dầm sẽ là:

$$I_{thg} = 4f_{thg} \left(\frac{h_s}{2} - c_{thg} \right)^2, \quad (2-19)$$

trong đó: c_{thg} - khoảng cách theo chiều đứng từ cánh thép góc đến trọng tâm của nó.

Nên chọn cỡ thép góc biên sao cho I_{thg} chiếm trên 30% I_b , nếu nhỏ hơn thì phải tăng cường bằng các bản đứng phụ thêm (hình 2.3b), bề rộng các bản thép này lấy rộng hơn cánh đứng của thép góc sao cho đủ tán 1 đến 2 hàng đinh.

Sau khi đã chọn được thép góc, cần xác định vị trí các hàng đinh tán và đường kính của đinh theo quy định nêu trong Phụ lục 6.

2.3.3.2. Các bản ngang của biên dầm

Mô men quán tính của các bản ngang sẽ là:

$$I_{bng} = I_b - I_{thg}. \quad (2-20)$$

Diện tích tiết diện các bản ngang của một biên dầm được tính theo công thức gần đúng:

$$F_{bng} = 2,08 \frac{I_{bng}}{h^2}. \quad (2-21)$$

Căn cứ vào F_{bng} để chọn số lượng các bản ngang và bề rộng, bề dày của chúng.

Bề rộng các bản ngang nên lấy không nhỏ hơn 1/5 chiều cao dầm và không được nhỏ hơn 1/20 khoảng cách giữa các điểm được liên kết cố định trong phương ngang. Trong cầu xe lửa, bề rộng này còn không được nhỏ hơn 240mm.

Số lượng bản ngang trong một biên dầm không được quá 3-4 bản, chiều dày mỗi bản từ 10-20mm.

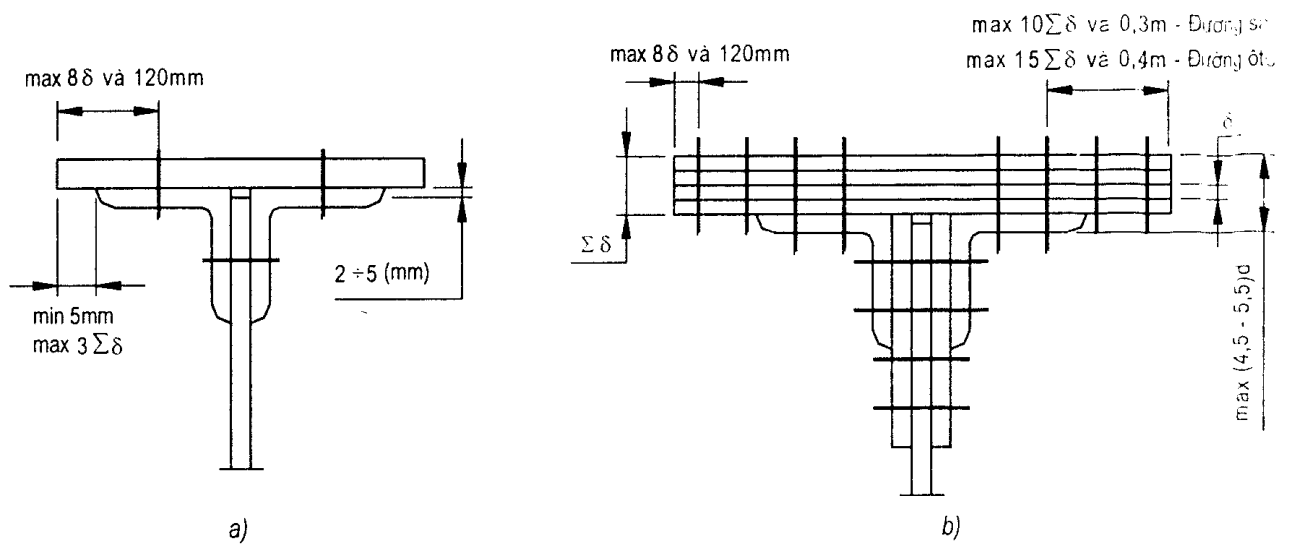
Tổng chiều dày tán ghép (kể cả thép góc nối và bản nối biên dầm) không được vượt quá 4,5 lần đường kính của đinh tán (cho phép 5,5 lần nếu tán bằng búa hình móc câu hoặc tán bằng hai búa).

Ngoài ra, khi chọn các bản ngang, kể cả việc dự kiến cắt các bản ngang theo biểu đồ mô men uốn, cần phải đảm bảo các quy định về cấu tạo sau đây (xem hình 2-3a, b):

- Mép của bản ngang thừa ra ngoài cánh thép góc biên không nhỏ hơn 5mm và không lớn hơn $3\Sigma\delta$, trong đó $\Sigma\delta$ - bề dày tổng cộng của các bản ngang. Khi các bản ngang rộng hơn nửa thì phần thừa ra này phải đủ để tán được một hoặc hai hàng đinh;

- Khoảng cách từ mép các bản ngang đến hàng đinh tán gần nhất không được lớn hơn 8δ và 120mm, trong đó δ - bề dày bản ngang mỏng nhất;

- Khoảng cách từ mép các bản ngang đến hàng đinh tán phía ngoài của thép góc biên không được lớn hơn $10\Sigma\delta$ và 0,3m đối với cầu trên đường sắt ô tô và $15\Sigma\delta$ và 0,4m đối với cầu trên ô tô.



Hình 2-3. Cấu tạo tiết diện biên dầm

2.3.4. Chọn biên dầm của dầm hàn

Mô men quán tính của tiết diện dầm:

$$I = \frac{Mh}{2R_u}, \quad (2-22)$$

trong đó:

M - mô men quán tính tại tiết diện giữa nhịp dầm;

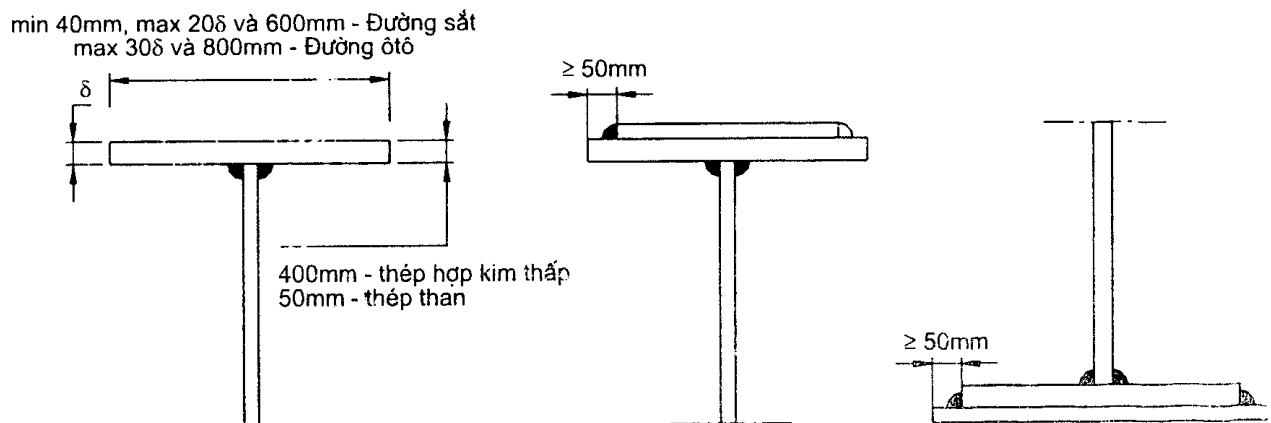
h - chiều cao dầm.

Mô men quán tính của các biên dầm:

$$I_b = I - I_s. \quad (2-23)$$

Diện tích của một biên dầm được tính theo công thức gần đúng:

$$F_b = 2,01 \frac{I_b}{h^2}. \quad (2-24)$$



Hình 2-4. Cấu tạo biên dầm hàn

Căn cứ vào F_b để chọn bề rộng và bề dày của bản biên sao cho đảm bảo các quy định về cấu tạo sau đây:

- Bề rộng bản biên không nhỏ hơn $1/5$ chiều cao dầm và không được nhỏ hơn $1/20$ khoảng cách giữa các điểm được liên kết cố định trong phương ngang;
- Trong cầu xe lửa, bề rộng bản biên không nhỏ hơn 40mm, không lớn hơn 20 δ và 600mm, trong đó δ - bề dày bản biên;
- Trong cầu ô tô, bề rộng bản biên không lớn hơn 30 δ và 800mm;
- Chiều dày của bản biên không lớn hơn 50mm đối với thép than và không lớn hơn 40mm đối với thép hợp kim thấp;
- Nếu cấu tạo một bản biên không đủ chịu lực thì hàn thêm bản biên thứ hai (hình 2-4c), bản biên này không dày hơn bản chính và không mỏng hơn $1/20$ chiều rộng của nó đối với cầu xe lửa và $1/30$ đối với cầu ô tô;
- Khoảng cách giữa các mép của hai bản biên không được nhỏ hơn 50mm.

2.3.5. Xác định các đặc trưng hình học của tiết diện

Các đặc trưng hình học được tính theo kích thước thực của tiết diện vừa chọn được ở trên. Nếu biên dầm có cấu tạo gồm nhiều bản ngang và có dự kiến sẽ cắt bớt theo biểu đồ bao mô men uốn, thì phải tính các đặc trưng hình học cho cả tiết diện đã bỏ bớt đi các bản ngang.

2.3.5.1. Dầm tán đỉnh

Diện tích tiết diện nguyên của dầm gồm có: bản sườn dầm, 4 thép góc và các bản ngang:

$$F_{ng} = h_s \delta + 4 f_{thg} + 2 \sum \delta_{bng} b_{bng}, \quad (2-25)$$

trong đó:

h_s , δ và δ_{bng} , b_{bng} - các kích thước của tấm sườn dầm và các bản ngang; dấu $\sum$ lấy với các bản ngang ở một biên dầm;

f_{thg} - diện tích của một thép góc biên.

Mô men quán tính của tiết diện nguyên:

$$I_{ng} = \frac{\delta_s h_s^3}{12} + 4 f_{thg} y_{thg}^2 + 2 \sum \delta_{bng} b_{bng} y_{bng}^2 \quad (2-26)$$

trong đó: y_{thg} và y_{bng} - khoảng cách từ trục trung hoà của dầm đến trọng tâm của thép góc và trọng tâm bản ngang ở một biên dầm.

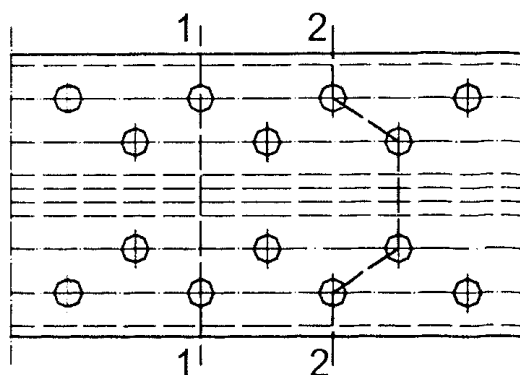
Mô men quán tính của phần bị giảm yếu do các lỗ đinh tán:

$$\Delta I = \sum d_i \delta_i y_i^2, \quad (2-27)$$

trong đó:

d_i và δ_i - đường kính lỗ đinh và chiều dày bản thép hoặc thép góc tại những vị trí làm giảm yếu tiết diện;

y_i - khoảng cách theo chiều đứng từ điểm giữa lỗ đinh đến trục trung hoà của tiết diện dầm.



Hình 2-5. Tiết diện giảm yếu của bản ngang

Chú ý:

1. Khi chưa có số liệu chính xác về sự giảm yếu của sườn dầm có thể lấy mô men quán tính phần giảm yếu của sườn dầm bằng 15% mô men quán tính sườn dầm chưa trừ giảm yếu.

2. Đối với bản ngang, có thể giảm yếu theo tiết diện thẳng góc 1-1 hoặc theo đường dích dắc 2-2 (hình 2-5), do đó cần xem xét tiết diện giảm yếu nào là bất lợi hơn.

3. Đối với dầm không có bản ngang thì phần giảm yếu của mỗi thép góc biên lấy theo thực tế nhưng không ít hơn 1,5 lỗ đinh.

Mô men quán tính đã trừ giảm yếu:

$$I_{gy} = I_{ng} - \Delta I.$$

Mô men tĩnh của một nửa tiết diện nguyên và của một biên dầm lấy với trục trung hoà của tiết diện dầm:

$$S_{1/2} = \frac{\delta_s h_s^2}{8} + 2f_{thg} y_{thg} + \sum f_{bng} y_{bng}; \quad (2-28)$$

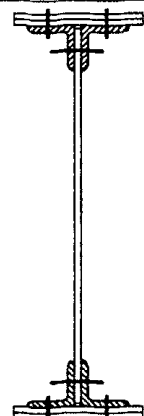
$$S_b = 2f_{thg} y_{thg} + \sum f_{bng} y_{bng},$$

trong đó: f_{thg} - diện tích của một bản ngang;

Các ký hiệu khác đã biết ở trên.

Các kết quả tính toán trung gian và cuối cùng có thể ghi thành bảng theo Mẫu số 2-3;

Mẫu số 2-3

Sơ đồ	Thành phần tiết diện (mm)	F_{ng} (cm ²)	I_{ng} (cm ⁴)	ΔI (cm ⁴)	$S_{1/2}$ (cm ³)
	BĐ 1400×12	168,0	274400	$0,15 \times 274400 = 41160$	$84 \times 35 = 2940$
	4L 160+160×16	196,4	828000	$4 \times 2,3 \times 1,6(70,8^2 + 64^2) = 131000$	$98,2 \times 65,4 = 6420$
	2BN 360×12	86,4	431000	$4 \times 2,3 \times 1,2 \times 70,8^2 = 53200$	$43,2 \times 70,8 = 3058$
	2BN 360×12	86,4	448000	$4 \times 2,3 \times 1,2 \times 71,8^2 = 57200$	$43,2 \times 71,8 = 3100$
		$F_{ng} = 537,2$	$I_{1ng} = 1533000$ $I_{2ng} = 1981000$	$\Delta I_1 = 225300$ $\Delta I_2 = 232500$	$S_1 = 12430$ $S_2 = 15530$

2.3.5.2. Dầm hàn

Diện tích tiết diện dầm:

$$F = \delta h_s + 2 \sum b_b \delta_b, \quad (2-29)$$

trong đó:

δ , h_s và b_b , δ_b - các kích thước của bản đứng sườn dầm và các bản biên;
dấu $\sum$ lấy với các bản biên ở một biên dầm.

Mô men quán tính của tiết diện dầm xác định một cách gần đúng:

$$I = \frac{\delta h_s^3}{12} + 2 \sum b_b \delta_b y_b^2, \quad (2-30)$$

trong đó: y_b - khoảng cách từ trục trung hoà của tiết diện dầm đến trọng tâm bản biên.

Mô men tĩnh của nửa tiết diện và của biên dầm lấy với trục trung hoà của dầm:

$$S_{1/2} = \frac{\delta h_s^2}{8} + \sum f_b y_b; \quad (2-31)$$

$$S_b = \sum f_b y_b,$$

trong đó: f_b - diện tích tiết diện một bản biên.

Chú ý:

1. Khi mỗi biên dầm chỉ có một bản biên thì trong các công thức trên bỏ dấu $\sum$ và thay $y_b = \frac{h_s + \delta_b}{2}$.

2. Nếu tiết diện dầm thay đổi nhiều theo chiều dài nhịp thì cũng dùng bảng theo Mẫu số 2-3 để ghi các kết quả tính toán, tuy nhiên sẽ không sử dụng cột ghi ΔI .

2.3.6. Kiểm tra tiết diện dầm

Cần kiểm tra ứng suất pháp do mô men uốn tính toán tại tiết diện giữa nhịp, ứng suất tiếp do lực cắt tính toán tại tiết diện gối của dầm, ngoài ra cần kiểm tra theo điều kiện mỏi do mô men uốn tiêu chuẩn tại tiết diện giữa nhịp.

Ứng suất pháp:

$$\sigma = \frac{M}{I_{gy}} \frac{h}{2} \leq R_u, \quad (2-32)$$

trong đó:

h - chiều cao toàn bộ tiết diện;

I_{gy} - mô men quán tính có trừ giảm yếu tính toán,

các ký hiệu khác đã biết.

Ứng suất tiếp:

$$\tau_{\max} = \frac{Q \cdot S_{1/2}}{I_{ng} \delta_b}; \quad (2-33)$$

$$\tau_{tb} = \frac{Q}{h_s \cdot \delta},$$

trong đó:

I_{ng} - mô men quán tính không trừ giảm yếu của tiết diện gối;

$S_{1/2}$ - mô men tĩnh của nửa tiết diện đó lấy với trục trung hoà của dầm,

các ký hiệu khác đã biết.

Nếu $\frac{\tau_{\max}}{\tau_{tb}} \leq 1,25$ thì lấy $c' = 1,0$;

$\frac{\tau_{\max}}{\tau_{tb}} \geq 1,5$ thì lấy $c' = 1,25$;

với các giá trị trung gian của $\frac{\tau_{\max}}{\tau_{tb}}$ thì lấy c' theo phương pháp nội suy tỷ lệ.

Điều kiện: $\tau_{\max} \leq 0,6 c' R_a$.

Tiếp theo, xác định giá trị:

$$\rho = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} = \frac{M_{\min}^{tc}}{M_{\max}^{tc}},$$

và kiểm tra điều kiện mỗi:

$$\sigma = \frac{M_{\max}^{\text{tc}}}{I_{gy}} \frac{h}{2} = \gamma R_u, \quad (2-34)$$

trong đó:

$M_{\max}^{\text{tc}}, M_{\min}^{\text{tc}}$ - mô men uốn tiêu chuẩn lớn nhất và nhỏ nhất tại tiết diện tính toán;

γ - hệ số giảm cường độ tính toán của vật liệu do mỏi (xem phần Chỉ dẫn chung)
các ký hiệu còn lại trong công thức trên đã biết.

2.4. XÁC ĐỊNH CÁC VỊ TRÍ THAY ĐỔI TIẾT DIỆN BIÊN DẦM

Tiết diện đã chọn được ở mục trước là căn cứ vào mô men uốn lớn nhất ở giữa nhịp dầm. Càng về gần hai gối, giá trị mô men uốn càng giảm. Để tiết kiệm thép, có thể cắt bớt một số bản ngang, hoặc giảm bớt bề dày, bề rộng bản ngang đối với dầm hàn mà mỗi biên chỉ có một bản ngang.

Cần phải xác định vị trí thay đổi tiết diện biên dầm và kiểm tra ứng suất tương đương, kiểm tra mỏi tại các tiết diện thay đổi đó.

2.4.1. Xác định các vị trí cắt các bản biên trong dầm tán đinh

Trước hết, cần tính các giá trị mô men uốn giới hạn tương ứng với các tiết diện dầm có số lượng cặp bản ngang giảm dần.

$$[M]_i = R_u \frac{2I_{gy,i}}{h_i}, \quad (2-35)$$

trong đó: $h_i, I_{gy,i}$ - chiều cao và mô men quán tính đã trừ giảm yếu của tiết diện dầm có i cặp bản ngang.

Kết quả tính được ghi thành bảng như dưới đây:

Mẫu số 2-4

R_u	Số lượng cặp bản ngang	I_{gy}	h	$[M]$

Tiến hành vẽ biểu đồ mô men uốn tính toán trong dầm và biểu đồ mô men uốn giới hạn sẽ tìm được điểm cắt lý thuyết.

Các bản ngang phải kéo dài quá điểm cắt lý thuyết một đoạn ít nhất là bằng c , sao cho đủ bố trí một số lượng đinh cần thiết theo công thức dưới đây và không được nhỏ hơn 3 hàng đinh:

$$n = \mu_c f_{bng, gy}, \quad (2-36)$$

trong đó:

n - số đỉnh cần phải bố trí trong phạm vi từ điểm cắt lý thuyết đến điểm cắt thực tế;

$f_{bng, gy}$ - diện tích đã trừ giảm yếu của bản ngang định cắt đi;

μ_c - hệ số để xác định số lượng đỉnh tán theo điều kiện chịu cắt, tra ở Phụ lục 4.

Khoảng cách giữa các điểm cắt thực tế của các bản ngang kề nhau cũng không được nhỏ hơn chiều dài c của bản ngang phía trong (gần giữa nhịp hơn).

Thông thường, phải có một cặp bản ngang được kéo vào tận gối của dầm.

2.4.2. Xác định vị trí thay đổi bản biên dầm hàn

Để cho kết cấu đỡ phức tạp, chỉ nên cấu tạo mỗi đầu dầm một vị trí thay đổi tiết diện bản biên. Diện tích tiết diện bản biên phần đầu dầm thường lấy bằng một nửa diện tích tiết diện của chúng ở phần giữa. Đối với trường hợp dầm có hai cặp bản biên thì thay đổi bằng cách cắt bớt cặp ngoài.

Giá trị mô men giới hạn của dầm trước và sau khi thay đổi tiết diện bản biên được tính theo công thức:

$$[M]_2 = R_u \frac{2I_2}{h_2}; \quad (2-37)$$

$$[M]_1 = R_u \frac{2I_1}{h_1},$$

trong đó:

h_2, I_2 - chiều cao và mô men quán tính của tiết diện ban đầu;

h_1, I_1 - cũng vậy, nhưng của tiết diện đã giảm bớt kích thước bản biên.

Vẽ biểu đồ mô men uốn tính toán trong dầm và biểu đồ mô men uốn giới hạn sẽ tìm được vị trí thay đổi tiết diện biên dầm.

Bề dày, bề rộng bản biên cũng như mối hàn nối trong đoạn chuyển tiếp phải được gọt vát đi với độ vát không quá 1: 8 đối với biên chịu kéo và 1: 4 đối với biên chịu nén.

2.4.3. Kiểm tra ứng suất tương đương

Tại những tiết diện dầm có giá trị mô men uốn và lực cắt đều lớn, hoặc tại các vị trí thay đổi tiết diện biên dầm (lấy theo điểm cắt lý thuyết), ứng suất pháp gần đạt tới cường độ tính toán, đồng thời ứng suất tiếp cũng khá lớn, cần phải kiểm tra ứng suất tương đương.

Theo chiều cao tiết diện, trong dầm tán đỉnh phải kiểm tra tại thứ có hàng đỉnh tán liên kết thép góc biên với sườn dầm (nếu có hai hàng thì lấy với hàng đỉnh gần với trục trung hoà). Trong dầm hàn cần kiểm tra tại thứ tiếp giáp giữa bản biên với sườn dầm.

2.4.3.1. Dầm tán đỉnh

Ứng suất pháp σ và ứng suất tiếp τ tại thứ cần kiểm tra ứng suất tương đương (trục b-b trên hình 2-6) được tính theo công thức:

$$\sigma = \frac{M}{I_{gy}} y; \quad (2-38)$$

$$\tau = \frac{Q_M S'_b}{I_{ng} \delta},$$

trong đó:

M, Q_M - mô men uốn và lực cắt tính toán tại tiết diện cần kiểm tra ứng suất tương đương do cùng một vị trí đặt lực của hoạt tải gây ra;

I_{ng}, I_{gy} - mô men quán tính nguyên và đã trừ giảm yếu của tiết diện nói trên (sau khi đã cắt bản ngang);

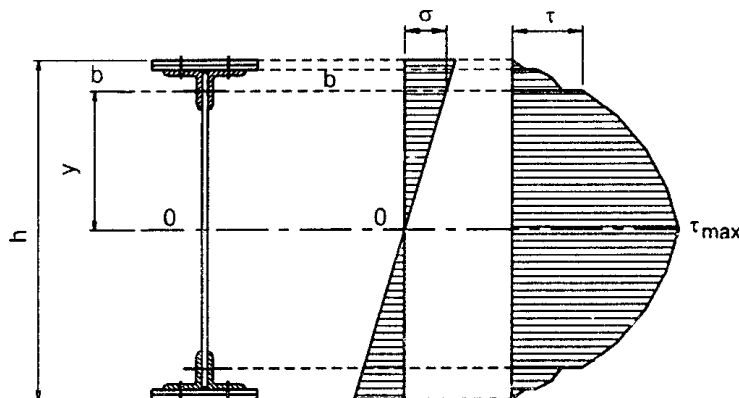
y_b - khoảng cách từ trục trung hoà của tiết diện đến trục b-b;

S'_b - mô men tĩnh của một biên dầm và phần sườn dầm nằm phía trên trục b-b lấy với trục trung hoà:

$$S'_b = S_{1/2} - \frac{\delta y^2}{2}; \quad (2-39)$$

$S_{1/2}$ - mô men tĩnh lấy với trục trung hoà của một nửa tiết diện dầm (đã tính ở Mẫu số 2-3);

δ - bề dày sườn dầm.



Hình 2-6. Biểu đồ ứng suất trong dầm

Cuối cùng kiểm tra ứng suất tương đương theo điều kiện:

$$\sigma_{td} = \sqrt{0,8\sigma^2 + 2,4\tau^2} \leq R_0. \quad (2-40)$$

Quá trình tính toán có thể ghi theo bảng sau:

Mẫu số 2-5

δ	y	$\frac{\delta y^2}{2}$	Tiết diện	Số cặp bản biên	I_{gy}	I_{ng}	$S_{1/2}$	S'_b	M	Q_M	σ	τ	σ_{td}	R_0

2.4.3.2. Dầm hàn

Đối với dầm hàn cũng tiến hành tính toán theo các công thức trên, ở đây cần thay đổi một số đại lượng như sau:

$I_{gy} = I_{ng} = I$ - mô men quán tính của dầm;

$S'_b = S_b$ - mô men tĩnh của bản biên lấy với trục trung hoà của tiết diện;

$y = 0,5 h_s$ - nửa chiều cao của sườn dầm.

2.4.4. Kiểm tra điều kiện mỏi

Tại các vị trí thay đổi tiết diện biên dầm cũng cần phải kiểm tra theo điều kiện mỏi.

2.5. BỐ TRÍ SƯỜN TĂNG CƯỜNG VÀ KIỂM TRA ỔN ĐỊNH

Thông thường, người ta tiến hành bố trí các sườn tăng cường theo sự phân tích về cấu tạo, rồi tính toán kiểm tra xem có thoả mãn các điều kiện ổn định hay không.

2.5.1. Bố trí sườn tăng cường

Việc bố trí sườn tăng cường phụ thuộc vào tỉ số δ/h_s , trong đó:

δ - bề dày sườn dầm;

h_s - chiều cao tính toán của sườn dầm, được lấy như sau:

+ bằng chiều cao toàn bộ của sườn dầm trong dầm hàn;

+ bằng khoảng cách giữa các hàng đinh bên trong của thép góc biên hoặc bản thép phụ sườn dầm trong dầm tán đinh.

- Nếu $\delta/h_s \geq 1/50$ thì chỉ cần bố trí các sườn tăng cường đứng ở hai đầu dầm, tại vị trí trên gối cầu.

- Nếu $\delta/h_s \geq 1/80$ trong dầm thép than và $\delta/h_s \geq 1/65$ trong dầm thép hợp kim thấp thì phải đặt thêm các sườn tăng cường đứng cách nhau không quá $2h_s$ và $2m$.

- Nếu $\delta/h_s \geq 1/140 - 1/160$ thì phải đặt các sườn tăng đứng với khoảng cách được kiểm tra theo tính toán.

- Nếu $\delta/h_s < 1/140 - 1/160$ thì ngoài các sườn tăng cường đứng còn phải đặt thêm một sườn tăng cường ngang dọc theo dầm, cách biên chịu nén $0,2 \div 0,25$ chiều cao dầm.

- Trường hợp dầm rất cao thì phải có hai sườn tăng cường ngang cách biên chịu nén lần lượt là $0,15 \div 0,2$ và $0,4 \div 0,5$ chiều cao dầm.

Thông thường, các sườn tăng cường đứng được bố trí cách đều nhau và phù hợp với khoảng của hệ liên kết để lợi dụng chúng mà liên kết các thanh của hệ liên kết. Để cho kết cấu khỏi phức tạp, nên bố trí sườn tăng cường không trùng vào mối nối của dầm.

Trong dầm tán đỉnh, sườn tăng cường được làm từ thép góc, trong dầm hàn được làm từ thép bản. Thông thường, sườn tăng cường được bố trí ở hai bên đối xứng nhau qua mặt phẳng sườn dầm, đôi khi do yêu cầu mỹ quan có thể chỉ bố trí về một bên bị che khuất.

Khi chỉ có sườn tăng cường đứng thì bề rộng cánh thép góc nhô ra của nó về mỗi phía của sườn dầm không được nhỏ hơn $h_s/30 + 40\text{mm}$ (h_s được tính bằng mm). Bề rộng của bản sườn tăng cường trong dầm hàn cũng vậy, còn bề dày của nó không nhỏ hơn $1/15$ bề rộng và 10mm.

Khi có cả sườn tăng cường đứng và ngang thì mô men quán tính của tiết diện của chúng đối với trục nằm trong mặt phẳng sườn dầm (nếu bố trí hai bên) hoặc đối với trục nằm trong mặt phẳng tiếp xúc giữa sườn dầm và sườn tăng cường (nếu sườn tăng cường chỉ bố trí một bên) phải không được nhỏ hơn các trị số sau:

- đối với sườn tăng cường đứng:

$$I = 3 h_s \delta^3 ; \quad (2-41)$$

- đối với sườn tăng cường ngang:

$$I = (2,5 - 0,45 \frac{a}{h_s}) \frac{a^2 \delta^3}{h_s} , \quad (2-42)$$

nhưng I không được nhỏ hơn $1,5 h_s \delta^3$ và không được lớn hơn $7 h_s \delta^3$, (ở đây a , h_s , và δ được tính bằng cm).

Trong dầm tán đỉnh, tại vị trí các sườn giao nhau thì sườn đứng phải được cấu tạo liên tục, còn sườn ngang là gián đoạn. Trong dầm hàn thì có thể hoặc sườn đứng hoặc sườn ngang cấu tạo liên tục, nhưng sườn ngang liên tục sẽ thuận lợi hơn cho việc chế tạo dầm. Các hình thức liên kết sườn tăng cường vào biên dầm không được đưa ra ở đây, có thể tham khảo trong giáo trình Cầu thép.

2.5.2. Kiểm tra ổn định chung của dầm

Trong dầm giản đơn, cần kiểm tra sự ổn định của biên trên như một thanh chịu nén theo ứng suất tại trọng tâm biên dầm do mô men uốn tính toán tại tiết diện giữa nhịp gây ra.

Đối với dầm tán đỉnh, thành phần của tiết diện biên trên bao gồm các bản ngang, các thép góc biên và phần sườn dầm bị kẹp giữa chúng (kể cả bản phụ sườn dầm nếu có).

Đối với tiết diện dầm hàn, biên trên là các bản biên.

Chiều dài tự do của biên chịu nén lấy bằng khoảng cách giữa các nút của hệ liên kết dọc hoặc liên kết ngang nếu chỉ có các liên kết ngang.

Nếu chiều dài tự do không vượt quá 15 lần bề rộng biên dầm đối với dầm thép than và 13 lần đối với dầm thép hợp kim thấp thì có thể không cần kiểm tra ổn định chung.

Trình tự và các công thức tính toán kiểm tra như sau:

2.5.2.1. Tính các đặc trưng hình học

A. Đối với dầm tán đỉnh:

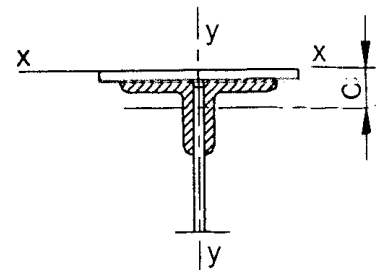
Diện tích biên dầm (trường hợp không có bản phụ sườn dầm):

$$F_b = \sum b_{bng} \delta_{bng} + 2f_{thg} + h_b \delta, \quad (2-43)$$

trong đó:

h_b - chiều cao của phần sườn dầm kẹp giữa hai thép góc biên (lấy gần đúng bằng bề rộng cánh đứng của thép góc biên);

các ký hiệu khác đã biết.



Mô men quán tính của biên dầm lấy với trục thẳng đứng $y - y$ (xem hình 2-7):

Hình 2-7. Tiết diện biên dầm

$$I_y = \sum \delta_{bng} \frac{b_{bng}^3}{12} + 2 \left[I_{thg} + f_{thg} \left(c_{y,thg} + \frac{\delta}{2} \right)^2 \right], \quad (2-44)$$

trong đó:

I_{thg} - mô men quán tính của thép góc so với trục đứng đi qua trọng tâm của nó;

$c_{y,thg}$ - khoảng cách từ trục này đến sống thép góc.

Bán kính quán tính của biên dầm lấy với trục $y - y$:

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{F_b}}$$

Để tìm vị trí trục trung hoà của biên dầm, cần xác định mô men tĩnh của tiết diện biên dầm lấy với trục x - x (hình 2-7):

$$S_x = \sum b_{bng} \delta_{bng} y_{x.bng} + 2f_{thg}(c_{x.thg} + \sum \delta_{bng}) + \delta h_b \left(\frac{h_b}{2} + \sum \delta_{bng} \right), \quad (2-45)$$

trong đó:

$y_{x.bng}$ - khoảng cách từ điểm giữa bản ngang đến trục x - x;

$c_{x.thg}$ - khoảng cách theo chiều đứng từ trọng tâm thép góc đến sống của nó.

Khoảng cách từ trục trung hoà của biên dầm đến trục x - x:

$$c = \frac{S_x}{F_b} \quad (2-46)$$

Khoảng cách từ trục trung hoà của dầm đến trục trung hoà của biên dầm:

$$y_b = \frac{h}{2} - c \quad (2-47)$$

trong đó: h - chiều cao toàn bộ của dầm.

B. Đối với dầm hàn:

Khi biên dầm có một bản biên:

$$r_y = \frac{b_b}{3,46}; \quad y_b = \frac{h - \delta_b}{2}. \quad (2-48)$$

Khi biên dầm có hai bản biên, trình tự tính toán như dầm tán đỉnh, trong các công thức tính F_b , I_y , S_x , chỉ sử dụng đến số hạng thứ nhất của tổng.

2.5.2.2. Xác định hệ số φ

Tính độ mảnh: $\lambda = \frac{l_{td}}{r_y}$, trong đó l_{td} - chiều dài tự do, đã nói ở trên.

Tra Phụ lục 3 theo λ sẽ xác định được hệ số giảm cường độ tính toán đối với thanh chịu nén φ (tương ứng với trường hợp $i = 0$).

2.5.2.3. Kiểm tra điều kiện ổn định

$$\sigma = \frac{M \cdot y_b}{I_{ng} \varphi} \leq R_0, \quad (2-49)$$

trong đó:

M - mô men uốn tính toán tại tiết diện giữa nhịp;

I_{ng} - mô men quán tính không trừ giảm yếu của tiết diện đó;

R_0 - cường độ tính toán khi chịu lực dọc trục của thép.

2.5.3. Kiểm tra ổn định cục bộ sườn dầm

Nếu đã bố trí các sườn tăng cường theo các quy định nêu ở mục 2.5.1 thì chỉ cần kiểm tra ổn định cục bộ của sườn dầm đối với các trường hợp khi tỷ số $\delta/h_s < 1/80$ trong dầm thép than và $< 1/65$ trong dầm thép hợp kim thấp.

Theo chiều dài dầm, cần kiểm tra ổn định cục bộ các mảnh sườn dầm tại gối, tại phần tư nhịp và tại giữa nhịp.

Để đơn giản trong tính toán, có thể coi giới hạn của các mảnh sườn dầm là:

- + Đường tiếp giáp giữa sườn dầm với bản biên trong dầm hàn, hoặc trục hàng đinh tán bên trong của thép góc biên hoặc bản thép phụ sườn dầm trong dầm tán đinh;
- + Các đường trục của sườn tăng cường đứng và ngang.

Trong phạm vi mỗi mảnh, cần phải xác định mô men uốn tính toán tại tiết diện:

- + Giữa mảnh, nếu chiều dài mảnh nhỏ hơn hoặc bằng chiều cao của nó;
- + Giữa phần hình vuông có cạnh là chiều cao sườn dầm nằm về phía có mô men uốn lớn hơn, nếu chiều dài mảnh lớn hơn chiều cao (hình 2-8b).

Lực cắt tính toán xác định tại tiết diện giữa mảnh. Khi tính mảnh sườn dầm tại gối, cần đặt hoạt tải ở vị trí bất lợi nhất trên đường ảnh hưởng Q và căn cứ theo đó để xác định M tương ứng.

Đối với mảnh sườn dầm ở giữa nhịp thì đặt hoạt tải theo đường ảnh hưởng M và dựa vào đó để xác định Q tương ứng.

Đối với mảnh sườn dầm ở phần tư nhịp, cần xác định nội lực M và Q theo hai trường hợp đặt hoạt tải: đặt để có $M_{\max}$ và đặt để có $Q_{\max}$.

Trong phần tính toán dưới đây sẽ trình bày các trường hợp:

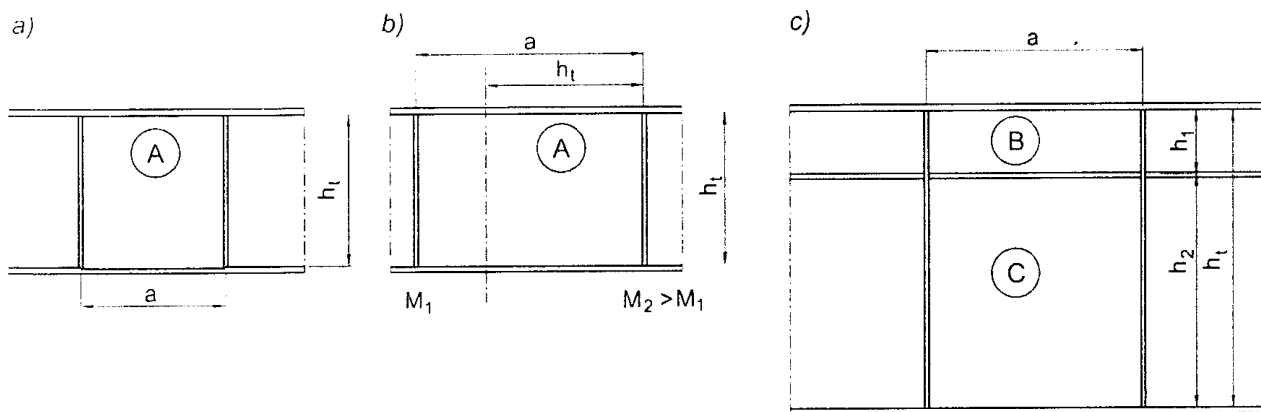
- + Dầm chỉ bố trí các sườn tăng cường đứng;
- + Dầm có các sườn tăng cường đứng và một sườn tăng cường ngang bố trí ở biên chịu nén.

Nếu dầm có hai sườn tăng cường ngang trở lên (trong dầm giản đơn rất ít gặp) thì có thể suy ra một cách tương tự.

2.5.3.1. Xác định các ứng suất để kiểm tra ổn định cục bộ sườn dầm

Ký hiệu các mảnh sườn dầm như sau (xem hình 2-8):

- + Mảnh A: khi chỉ có các sườn tăng cường đứng;
- + Mảnh B: nằm phía trên sườn tăng cường ngang;
- + Mảnh C: nằm phía dưới sườn tăng cường ngang.



Hình 2-8. Để tính ổn định cục bộ

Ứng suất nén pháp tuyến σ do mô men uốn ở tiết diện tính toán gây ra tại thớ trên của mảnh được tính theo công thức:

- Mảnh A và B:
$$\sigma = \frac{M \cdot h_t}{2I_{ng}} ; \quad (2-50)$$

- Mảnh C:
$$\sigma = \frac{M}{2I_{ng}} (h_2 - h_1) , \quad (2-51)$$

trong đó:

I_{ng} - mô men quán tính không trừ giảm yếu của tiết diện tính toán;

h_t, h_1, h_2 - lần lượt là chiều cao tính toán của cả sườn dầm, của mảnh B và mảnh C.

Ứng suất tiếp trung bình τ do lực cắt ở tiết diện giữa mảnh gây ra:

- Mảnh A:
$$\tau = \frac{2}{3} \tau_{max} = \frac{2}{3} \frac{QS_{1/2}}{I_{ng} \delta} ; \quad (2-52)$$

- Mảnh B và C:
$$\tau = \frac{\tau_1 + \tau_2}{2} = \left[\frac{S_{1/2}}{\delta} - \frac{h_1^2 + h_2^2}{8} \right] \frac{Q}{I_{ng}} , \quad (2-53)$$

trong đó:

$S_{1/2}$ - mô men tĩnh của nửa tiết diện nguyên của dầm lấy với trục trung hoà của tiết diện tính toán;

δ - chiều dày sườn dầm.

Ứng suất nén p tại mép trên của mảnh sườn dầm do áp lực của bánh xe đặt trên tiết diện tính toán:

- Mảnh A và B:
$$p = \frac{V}{\delta} ; \quad (2-54)$$

- Mảnh C:
$$p = \frac{h_2}{h_1} \frac{V}{\delta}, \quad (2-55)$$

Trong các công thức trên lực đứng V được tính như sau:

- Đối với cầu ô tô:

$$V = \frac{P}{a_2 + 2H} n_h (1 + \mu), \quad (2-56)$$

trong đó :

P - áp lực của một bánh xe (thường là bánh sau của xe nặng trong đoàn xe);

a_2 - chiều dài tiếp xúc của bánh xe lên mặt đường (20cm);

H - khoảng cách từ mặt đường xe chạy đến mép trên của mảnh sườn A hoặc B;

n_h - hệ số siêu tải của ô tô (hoặc xe đặc biệt);

$(1+\mu)$ - hệ số xung kích lấy theo chiều dài đặt tải $\lambda = a_2 + 2H$.

- Đối với cầu xe lửa:

$$V = \frac{1,1Z}{2(a_2 + 2H)} n_h (1 + \mu), \quad (2-57)$$

trong đó:

Z - cấp tải trọng T-z, chính là trọng lượng của một trục bánh của đầu máy;

a_2 - bề rộng của tà vẹt;

H - khoảng cách từ cạnh dưới của tà vẹt đến mép trên của mảnh sườn A hoặc B;

n_h và $(1+\mu)$ - hệ số siêu tải và hệ số xung kích lấy theo chiều dài đặt tải $\lambda = 3m$.

2.5.3.2. Tính các ứng suất tới hạn

A- Ứng suất pháp tới hạn σ_0 xác định theo công thức:

$$\sigma_0 = 190 \chi K \left(\frac{100\delta}{h} \right)^2 \text{ (kg/cm}^2\text{)}, \quad (2-58)$$

trong đó:

K - hệ số lấy theo bảng 2-1 tùy thuộc vào tỷ số a/h và hệ số α ;

a - khoảng cách giữa các sườn đứng, tức bề rộng mảnh sườn;

h - chiều cao tính toán của mảnh sườn: (h_b , h_1 hoặc h_2 ứng với sơ đồ A, B, C);

α - phụ thuộc ứng suất thớ trên và dưới của mảnh sườn lấy như sau:

mảnh A: $\alpha = 2$; mảnh B: $\alpha = 2h_1/h_1$; mảnh C: $\alpha = 2h_2/(h_2 - h_1)$;

Bảng 2-1. Bảng xác định hệ số K

α	a / h								
	0,4	0,5	0,6	0,67	0,75	0,8	0,9	1,0	1,5
4	giá trị tối thiểu của K = 95,7								
3	54,3	54,5	58,0	Giá trị tối thiểu của K = 53,8					
2	29,1	25,6	24,1	23,9	24,1	24,4	25,6	25,6	24,1
1,33	18,7	-	12,9	-	11,0	11,2	-	11,0	11,5
1,0	15,1	-	9,7	-	8,4	8,1	-	7,8	8,4
0,8	13,3	-	8,3	-	7,1	6,9	-	6,6	7,1
0,67	10,8	-	7,1	-	6,1	6,0	-	5,8	6,1
0	8,41	6,25	5,14	-	4,36	4,20	4,04	4,00	4,49

Hệ số ngàm của sườn dầm χ lấy bằng:

+ Đối với dầm tán đỉnh: mảnh A: 1,4; mảnh B: 1,3; mảnh C: 1,0.

+ Đối với dầm hàn: mảnh C: 1,0; mảnh A và B phụ thuộc hệ số γ được tính theo công thức:

$$\gamma = 0,8 \frac{b_b}{h_t} \left(\frac{\delta_b}{\delta} \right)^3; \quad (2-59)$$

b_b , δ_b - bề rộng và bề dày của tiết diện bản biên chịu nén (nếu có hai bản biên thì lấy b_b trung bình), có γ sẽ tra được χ (bảng 2-2).

+ Khi dầm thép liên hợp với bản bê tông cốt thép, hệ số χ lấy bằng 1,65 đối với mảnh A và 1,35 đối với mảnh B, C.

Bảng 2-2. Bảng xác định χ - trường hợp tính σ_0

γ	0,5	1,0	2,0	5,0	10,0
Mảnh A	1,33	1,46	1,55	1,60	1,65
Mảnh B	1,16	1,22	1,27	1,31	1,35

B- Ứng suất tiếp tới hạn τ_0 xác định theo công thức:

$$\tau_0 = \chi' \left(1020 + \frac{760}{\mu^2} \right) \left(\frac{100\delta}{b} \right)^2, \quad (2-60)$$

trong đó:

b - cạnh ngắn hơn của mảnh sườn dầm;

μ - tỉ số cạnh dài trên cạnh ngắn của mảnh sườn dầm;

hệ số ngàm χ' chỉ tính đối với mảnh A và B của dầm hàn trong trường hợp khi $a/h \geq 2/3$. Các trường hợp còn lại $\chi' = 1$.

mảnh A: $\chi' = \chi$; mảnh B: $\chi' = (1 + \chi)/2$.

hệ số χ' tra bảng 2-3 phụ thuộc a/h và γ , ở đây γ cũng được tính theo công thức ở trên.

Đối với dầm hàn, liên hợp với bản bê tông cốt thép, trị số χ' của mảnh A lấy theo bảng 2-3 tương ứng với trường hợp $\gamma = \infty$.

Bảng 2-3. Bảng xác định χ' - trường hợp tính τ_0

γ	a/h				
	0,5	0,67	1,0	2	∞
0,5	1,0	1,07	1,21	1,25	1,30
1,0	1,0	1,08	1,25	1,35	1,42
2,0	1,0	1,08	1,28	1,43	1,52
5,0	1,0	1,09	1,29	1,50	1,60
∞	1,0	1,09	1,30	1,55	1,68

C- Ứng suất ép cục bộ tới hạn p_0 xác định theo công thức:

$$p_0 = 190\chi Z \left(\frac{100\delta}{a} \right)^2, \quad (2-61)$$

trong đó hệ số χ lấy như sau:

- + Đối với mảnh A của dầm hàn, χ tra bảng 2-4 phụ thuộc a/h_t và hệ số γ ;
- + Đối với mảnh A của dầm tán đỉnh (có bề dày cánh thép góc biên không nhỏ hơn bề dày sườn dầm) và dầm liên hợp với bản bê tông cốt thép, có thể lấy χ theo bảng 2-4 ứng với trường hợp $\gamma = \infty$;

Bảng 2-4. Bảng xác định χ và Z - trường hợp tính p_0

γ	A/h_t					
	$\geq 2,0$	1,5	1,0	0,8	0,6	0,4
	Z					
	11,21	8,16	6,26	5,8	5,37	4,88
	χ					
0,5	1,32	1,32	1,32	1,30	1,29	1,24
1,0	1,56	1,52	1,47	1,41	1,36	1,28
4,0	2,21	1,97	1,73	1,57	1,45	1,32
∞	2,96	2,51	1,83	1,65	1,49	1,34

+ Đối với mảnh B của dầm tán đỉnh, hệ số χ chỉ phụ thuộc vào tỷ số a/h_1 , lấy như sau:

Bảng 2-5

a/h_1	2,0	1,5	1,0	0,8	0,5
χ	1,62	1,52	1,31	1,18	1,07

+ Đối với mảnh B của dầm hàn, hệ số χ lấy theo bảng 2-6 phụ thuộc a/h_1 và hệ số γ ;

Bảng 2-6

γ	a/h_1							
	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,9	0,6	0,5
2	1,25	1,29	1,32	1,31	1,17	1,13	1,07	1,06
4	1,39	1,43	1,44	1,38	1,19	1,14	1,07	1,06

+ Đối với mảnh C của dầm hàn và dầm tán đỉnh: $\chi = 1$;

hệ số Z xét tới sự kê tự do của mép sườn dầm lấy như sau:

+ Đối với mảnh A và C: Z tra bảng 2-4 phụ thuộc vào tỷ số a/h ;

+ Đối với mảnh B: Z được tính theo công thức:

$$Z = \frac{(1 + \mu_1^2 i^2)^2}{\mu_1^2 i^2}; \quad (2-62)$$

$$\mu_1 = \frac{a}{h_1};$$

khi $\mu_1 > 0,7$ thì lấy $i = 1$, còn khi $0,7 > \mu_1 > 0,4$ thì lấy $i = 2$.

2.5.4. Các điều kiện ổn định cục bộ

Đối với mảnh A và C:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_0} + \frac{p}{p_0}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_0}\right)^2} \leq m; \quad (2-63)$$

Đối với mảnh B:

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} + \frac{p}{p_0} + \frac{1}{m} \left(\frac{\tau}{\tau_0}\right)^2 \leq m. \quad (2-64)$$

trong đó: m - hệ số điều kiện làm việc, lấy bằng 1,0 đối với dầm tán đỉnh và bằng 0,9 đối với dầm hàn.

2.5.5. Tính toán sườn tăng cường trên gối

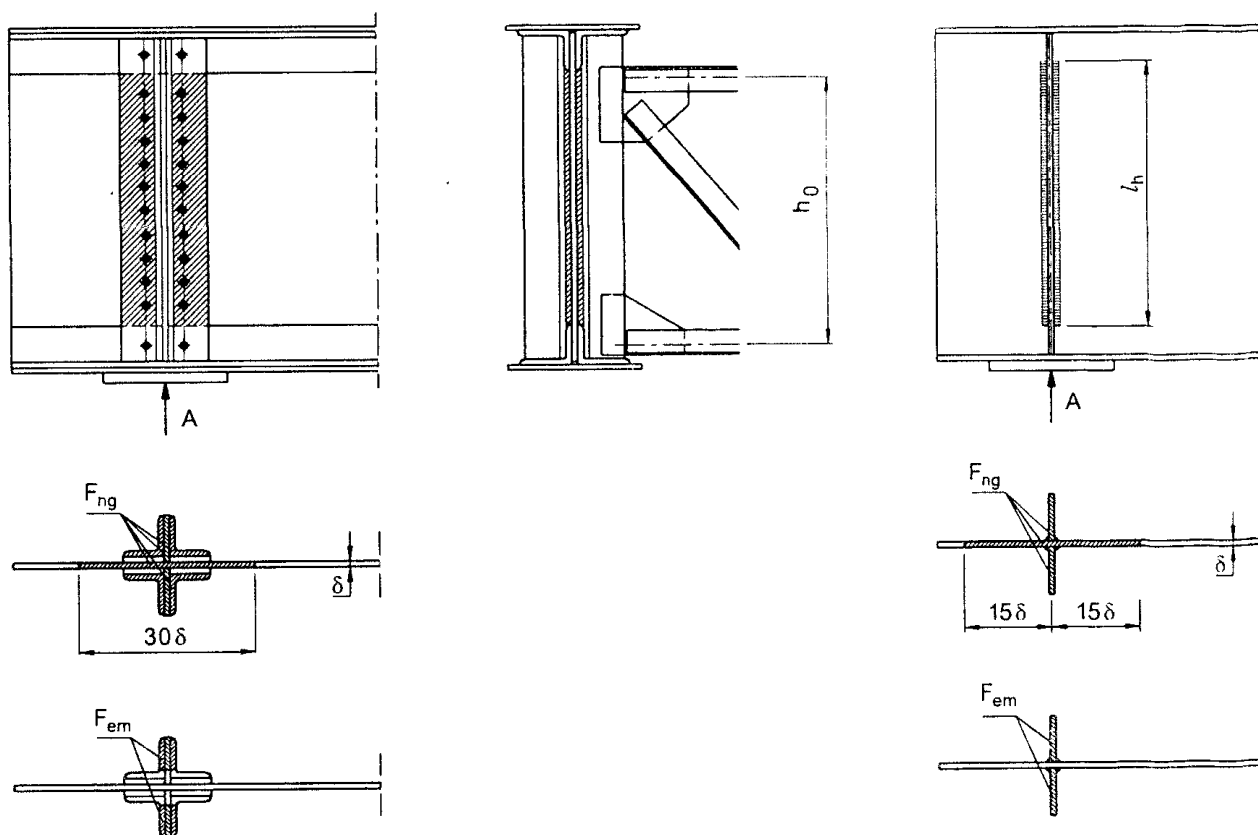
Phần sườn dầm trên gối được tăng cường bằng các sườn đứng. Trong dầm hàn thường cấu tạo các bản thép, trong dầm tán đinh có thể cấu tạo 4 thép góc và hai bản kẹp giữa chúng (nằm trong mặt phẳng của hệ liên kết ngang như trên hình 2-9). Các bản đệm giữa thép góc và sườn dầm không được đưa vào tính toán.

Sườn tăng cường có nhiệm vụ tiếp nhận phản lực gối qua mặt tiếp xúc giữa đầu mặt của nó với biên dưới của dầm và truyền lên sườn dầm qua các đỉnh tán hoặc mối hàn liên kết.

Cần phải kiểm tra điều kiện không bị mất ổn định ra ngoài mặt phẳng của sườn dầm, ép vào mặt vào đầu sườn tăng cường và tính toán liên kết của nó với sườn dầm.

2.5.6. Kiểm tra điều kiện ổn định

Tiết diện tính toán của thanh đứng F_{ng} bao gồm các sườn tăng cường và phần sườn dầm lấy rộng 15 lần chiều dày sườn dầm về phía mỗi phía của sườn tăng cường (hình 2-9).



Hình 2-9. Để tính sườn tăng cường trên gối

Chiều dài tính toán của thanh đứng l_0 lấy bằng 0,7 lần khoảng cách h_0 (theo chiều đứng) giữa các nút của hệ liên kết ngang tại gối.

Hệ số uốn dọc φ tra ở Phụ lục 3 phụ thuộc độ mảnh $\lambda = \frac{l_0}{r}$; $r = \sqrt{\frac{I}{F_{ng}}}$,

trong đó: I - mô men quán tính của tiết diện tính toán lấy với trục nằm ngang trong mặt phẳng sườn dầm.

Điều kiện đảm bảo ổn định:

$$\sigma = \frac{A}{\varphi F_{ng}} \leq R_0, \quad (2-65)$$

trong đó:

A - phản lực đứng tính toán tại gối.

R_0 - cường độ tính toán dọc trục

2.5.7. Kiểm tra điều kiện ép mặt

$$\sigma = \frac{A}{F_{em}} \leq 1,5 R_0. \quad (2-66)$$

trong đó:

F_{em} - diện tích tiếp xúc giữa đầu sườn tăng cường với biên dưới của dầm.

1,5 - Hệ số chuyển đổi từ cường độ cơ bản sang cường độ ép mặt

2.5.8. Tính liên kết giữa sườn tăng cường đứng với sườn dầm

Số đinh tán cần thiết được tính theo điều kiện chịu ép mặt:

$$n = \frac{A}{d\delta R_{em}}. \quad (2-67)$$

trong đó

δ - chiều dày sườn dầm.

d - đường kính lỗ đinh tán.

R_{em} - cường độ chịu ép mặt của đinh tán.

Đối với liên kết hàn, thường định trước chiều dài đường hàn l_h và chiều cao h_h của nó, rồi kiểm tra ứng suất trong mối hàn theo công thức:

$$\sigma = \frac{A}{4,0,7.h_h.l_h} \leq 0,75 R_0, \quad (2-68)$$

trong đó

$0,7h_h$ - chiều cao tính toán của đường hàn;

4 - số lượng đường hàn.

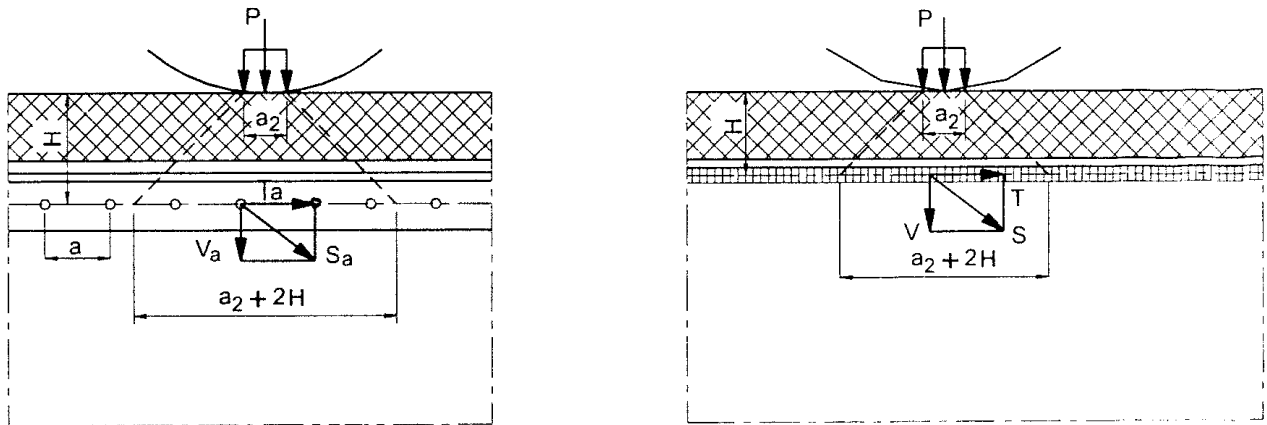
2.6. TÍNH TOÁN VỀ CẤU TẠO DẦM CHỦ

2.6.1. Tính toán liên kết biên dầm vào sườn dầm

2.6.1.1. Lực tác dụng lên đỉnh tán hoặc mối hàn liên kết

Lực tác dụng lên liên kết gồm có:

- + Lực trượt dọc dầm T giữa biên dầm và sườn dầm phát sinh khi dầm bị uốn (hình 2-10).
- + Lực thẳng đứng V do tải trọng cục bộ của bánh xe truyền qua bản mặt cầu hoặc qua tà vẹt.



Hình 2-10. Để tính liên kết biên dầm vào sườn dầm

Lực trượt truyền lên một đơn vị chiều dài dầm (thường tính bằng cm) được tính theo công thức:

$$T = \frac{QS_b}{I_{ng}}, \quad (2-69)$$

trong đó:

Q - lực cắt tính toán, thường lấy ở tiết diện gối, vì tại đó có Q lớn nhất;

S_b , I_{ng} - mô men tĩnh của biên dầm và mô men quán tính của tiết diện nguyên của dầm lấy với trục trung hoà của tiết diện (đã tính ở mục 2.3.5).

Lực đứng V trong cầu ô tô và cầu xe lửa tính toán như công thức (2-56) và (2-57), ở đây H là chiều dày tính từ mặt đường xe chạy (hoặc cạnh dưới của tà vẹt) đến trục của các hàng đỉnh tán hoặc đường hàn liên kết giữa biên dầm với sườn dầm (hình 2-10).

Tổng hợp hai lực thành phần T và V ta có:

$$S = \sqrt{T^2 + V^2}. \quad (2-70)$$

3.6.1.2. Tính liên kết đỉnh tán

Trước hết, định ra đường kính của đỉnh. Khoảng cách giữa các đỉnh (theo phương dọc dầm) có thể chọn khoảng 80-120cm, nhưng không được quá 160cm và 7 lần đường kính lỗ đỉnh.

Lực tác dụng lên một đỉnh sẽ là $S.a$ (a - khoảng cách giữa các đỉnh).

Khả năng chịu lực của đỉnh theo điều kiện ép mặt:

$$[S_d]_{em} = d\delta R_{em}^d; \quad (2-71)$$

Theo điều kiện chịu cắt:

$$[S_d]_c = c \frac{\pi d^2}{4} R_c^d, \quad (2-72)$$

trong đó:

d - đường kính lỗ đỉnh;

$c = 2$ - số mặt chịu cắt của đỉnh tán;

δ - chiều dày sườn dầm;

R_{em}^d, R_c^d - cường độ tính toán của đỉnh khi chịu ép mặt và chịu cắt.

Liên kết sẽ thoả mãn điều kiện bền khi:

$$S.a \leq [S_d], \quad (2-73)$$

trong đó $[S_d]$ - trị số nhỏ hơn giữa $[S_d]_{em}$ và $[S_d]_c$.

Ngoài ra, cần kiểm tra điều kiện lực T không làm xé rách sườn dầm trong phạm vi hai lỗ đỉnh gần nhau:

$$\frac{Ta}{\delta(a-d)} \leq 0,6R_0. \quad (2-74)$$

2.6.1.3. Tính liên kết mối hàn

Liên kết giữa biên dầm với sườn dầm thường được dùng mối hàn phẳng, đều cạnh và hàn bằng phương pháp hàn tự động. Chiều cao tính toán của mối hàn (cũng bằng chiều cao mối hàn) được tính theo công thức:

$$h_h = \frac{S}{0,75R_0n}, \quad (2-75)$$

trong đó:

$n = 2$ - số đường hàn liên kết;

R_0 - cường độ của thép làm dầm,

đồng thời, chiều cao mối hàn không được nhỏ hơn giá trị cho phép ghi ở Phụ lục 5.

2.6.1.4. Kiểm tra mối liên kết

Cần kiểm tra theo điều kiện mỏi tại tiết diện giữa nhịp dầm, nơi có lực cắt thay đổi dấu lớn nhất. Lực tác dụng được tính với tải trọng tiêu chuẩn, nhưng có kể đến hệ số xung kích.

Điều kiện kiểm tra đối với đỉnh tán:

$$S^{tc} \cdot a \leq \gamma [S_d]; \quad (2-76)$$

đối với mối hàn:

$$\frac{S^{tc}}{h_{hn}} \leq 0,6\gamma R_0, \quad (2-77)$$

trong đó: S^{tc} - được tính như S nhưng với tải trọng tiêu chuẩn;

γ - hệ số giảm cường độ tính toán khi tính mối, được tính theo công thức (1-1) của phần chỉ dẫn chung, trong đó đặc trưng của chu kỳ thay đổi ứng suất ρ tính theo công thức:

$$\rho = \frac{T_{min}^{tc}}{\sqrt{(T_{max}^{tc})^2 + (V^{tc})^2}}; \quad (2-78)$$

$T_{min}^{tc}, T_{max}^{tc}$ - lực trượt do lực cắt tiêu chuẩn Q_{min}^{tc} và Q_{max}^{tc} có kể đến dấu của chúng.

2.6.2. Cấu tạo và tính toán mối nối

Các mối nối thực hiện tại công trường của dầm tán đỉnh cũng như dầm hàn thường dùng liên kết đỉnh tán hoặc bu lông cường độ cao, hình thức nối toàn tiết diện.

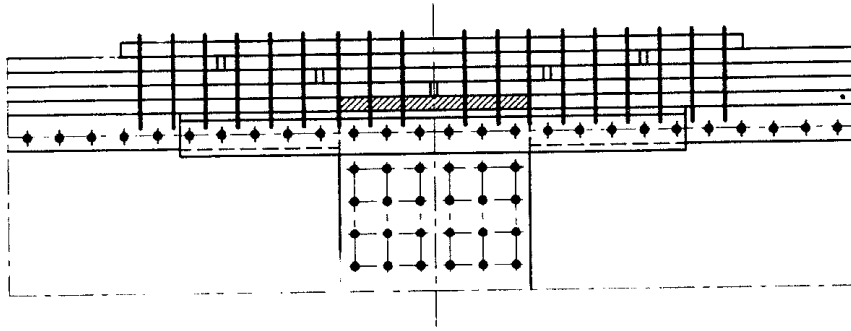
Cần phân bố mối nối tại công trường trên chiều dài dầm sao cho các khối lắp ghép có chiều dài và trọng lượng phù hợp với điều kiện vận chuyển, lắp ráp. Đồng thời nên bố trí mối nối ở những tiết diện có mô men chống uốn tương đối thừa, nhất là trong dầm hàn, khi đó có thể không cần hàn tấp bản bù.

Nếu kết hợp cấu tạo mối nối với việc tạo độ võng ngược, thì các mối nối được bố trí đối xứng nhau qua trục thẳng đứng chia đôi dầm.

2.6.2.1. Cấu tạo mối nối trong dầm tán đỉnh

Sườn dầm được ốp hai bên bằng những bản nối phủ suốt cả chiều cao sườn. Thép góc biên có thể nối bằng các thép góc nối hoặc các bản nối đứng và bản nối nằm ngang, nếu cánh của thép góc biên rộng, đủ bố trí được hai hàng đinh. Trong mỗi biên dầm nếu có một hoặc hai bản ngang thì cắt chúng tại tim của mối nối và dùng một bản nối chung. Nếu số bản ngang lớn hơn 2 thì phải nối so le với nhau (hình 2-11), khi đó bản nối chỉ cần chọn theo bản ngang dày nhất, nhưng phải trùm lên hết các điểm cắt của các bản ngang.

Người ta thường dự kiến trước cấu tạo mối nối, sau đó tiến hành tính toán kiểm tra nội lực trong đỉnh tán (hoặc bu lông).



Hình 2-11. Mối nối dầm tán đinh

Khoảng cách tối thiểu theo chiều ngang và dọc giữa các đinh tán là $3d$; giữa các bu lông cường độ cao là $3,5d$ và không nhỏ hơn kích thước cần thiết để đặt khoá vận đai ốc khi xiết bu lông, trong đó d - đường kính lỗ đinh (hoặc bu lông). Đường kính ngoài của khoá vận có lỗ bằng khoảng $2,5d$. Khoảng cách từ giữa lỗ đinh đến mép bản không nhỏ hơn $2d$ theo chiều dọc dầm và $1,5d$ theo chiều ngang dầm.

Bản nối của thép góc biên và bản biên phải:

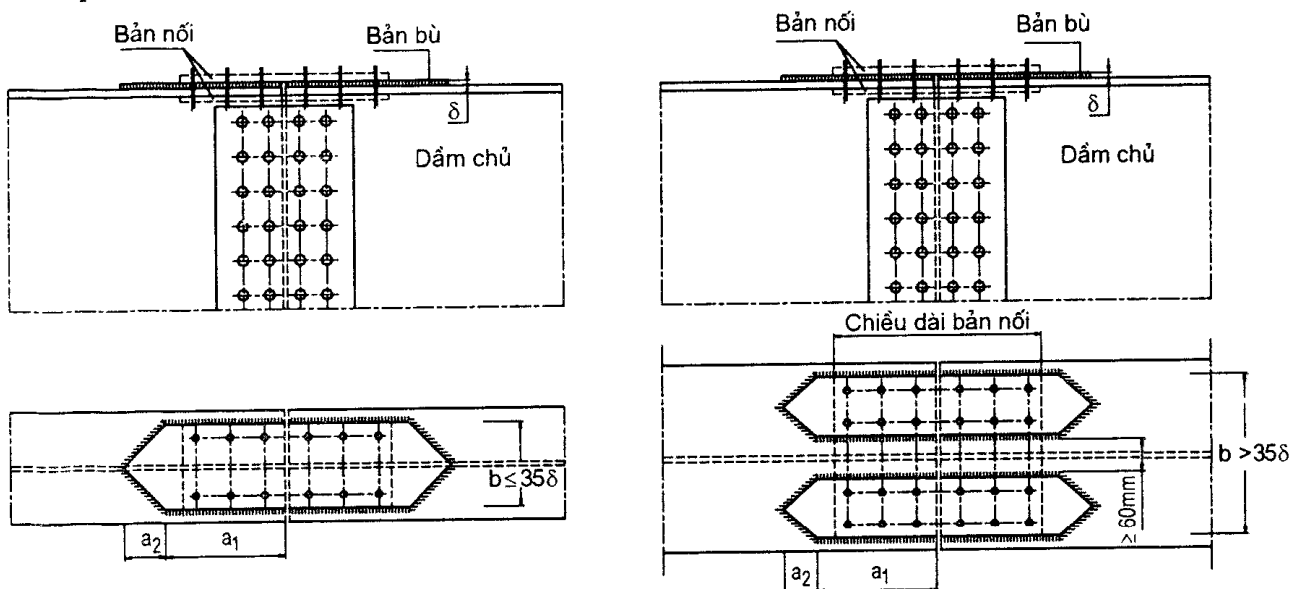
- + có tiết diện giảm yếu bằng phân tố được nối, nếu thuộc biên chịu nén;
- + có tiết diện giảm yếu lớn hơn phân tố được nối 11%, nếu thuộc biên chịu kéo.

Tuy nhiên, trong dầm không lớn lắm, để đơn giản thì nên cấu tạo bản nối ở hai biên là như nhau.

Bề dày tổng cộng của cặp bản nối sườn dầm không được nhỏ hơn bề dày sườn dầm.

2.6.2.2. Cấu tạo mối nối dầm hàn có bản bù

Để bù lại diện tích bị giảm yếu bởi các lỗ đinh trong phạm vi bố trí các bản nối, cần phải sử dụng các kiểu bản bù: bản bù dày, bản bù rộng, bản bù riêng. Bản bù riêng được chế tạo từ những bản thép mỏng (nhưng không mỏng hơn 6mm) hàn tấp vào đầu các bản biên phải nối (hình 2-12).



Hình 2-12. Mối nối dầm hàn có bản bù biên dầm

Nếu bề rộng các bản bù ở biên dầm vượt quá 35 lần bề dày của nó thì có thể làm thành hai bản có bề rộng nhỏ hơn. Ở hai đầu của mỗi nối các bản bù được cắt vát để cho lực truyền đều hoà và giảm ứng suất tập trung. Khi đó khoảng cách giữa các mạch hàn của hai bản bù kề nhau không được nhỏ quá 60mm. Khoảng cách từ tim lỗ đinh tán (bu lông) đến mép bản bù không được nhỏ hơn hai lần đường kính lỗ đinh. Đối với những bản ốp bù hao phải cắt vát theo bề rộng với độ xiên không quá 1 : 1. Các mạch hàn xiên nên lấy tỷ số các cạnh góc vuông của mạch hàn là 1 : 2. Nhược điểm của trường hợp này là giữa bản nối và bản bù có khe hở, dẫn đến dễ đọng nước gây han gỉ kết cấu.

Sự giảm yếu của sườn dầm do các lỗ đinh tương đối ít ảnh hưởng đến mô men quán tính chung của dầm, cho nên có thể không cần làm bản bù sườn dầm mà chỉ cần tăng kích thước bản bù của biên dầm lên một ít.

Có thể chọn bề rộng bản bù nhỏ hơn bề rộng bản biên trong khoảng 24mm đến 4 lần bề dày bản bù để đủ bố trí các mối hàn dọc. Chiều dày bản bù có thể tính theo công thức gần đúng dựa trên điều kiện cân bằng mô men quán tính của tiết diện đã trừ giảm yếu của bản bù với phần bị giảm yếu của tiết diện dầm tại mỗi nối:

$$\delta'_b \approx \frac{0,6I_s + n\delta_b(h - \delta_b)^2}{(b'_b - nd)h^2}, \quad (2-79)$$

trong đó:

I_s - mô men quán tính tiết diện nguyên của sườn dầm;

h và δ_b - chiều cao dầm và chiều dày bản biên khi chưa có bản bù;

b'_b, δ'_b - bề rộng, chiều dày của bản bù biên dầm;

n, d - số lượng và đường kính lỗ đinh tán (hoặc bu lông) làm giảm yếu tiết diện biên dầm.

Các mối hàn ở cuối các bản bù (đến hàng lỗ đinh đầu tiên) phải đảm bảo liên kết được toàn bộ diện tích bản bù:

$$2(h_{h1} a_1 - h_{h2} a_2 \cos \alpha) = \frac{R_u F'_b}{0.75R_0}, \quad (2-80)$$

trong đó:

R_u - cường độ tính toán chịu nén khi uốn của thép làm bản bù;

F'_b - diện tích đã trừ giảm yếu của tiết diện bản bù;

α - góc tạo bởi cạnh vát của bản bù và trục của dầm (thường lấy 45°);

h_{h1} và h_{h2} - chiều cao tính toán của các mối hàn góc trên đoạn có chiều dài a_1 và a_2 (hình 2-12).

Thường chọn cạnh đứng của mối hàn sao cho không lớn hơn bề dày bản bù và không nhỏ hơn 6mm, cạnh nằm của nó gấp 2 lần cạnh đứng, khi đó h_h lấy theo Phụ lục 5.

Chiều dài mối hàn không nhỏ hơn 6 lần cạnh mối hàn và 60mm, đồng thời không được lớn hơn 50 lần cạnh mối hàn.

Mối hàn bản bù cũng cần thoả mãn điều kiện chịu mỗi:

$$2(h_{h1} a_1 + h_{h2} a_2 \cos \alpha) \leq \frac{\sigma^{tc} F'_b}{0.75 \gamma_h R_0}, \quad (2-81)$$

hoặc

$$\leq \frac{R_u F'_b}{0.75 R_0} \frac{\gamma_d}{\gamma_h}$$

nếu tiết diện dầm được chọn theo điều kiện chống mỗi,

trong đó:

σ^{tc} - ứng suất do tải trọng tiêu chuẩn gây ra tại trọng tâm bản bù;

γ_d, γ_h - các hệ số giảm cường độ do mỗi của dầm và của mối hàn, tính theo công

thức (1-1) với $\rho = \frac{M_{min}^{tc}}{M_{max}^{tc}}$ phụ thuộc vào nội lực tiêu chuẩn của dầm tại tiết diện

mỗi nối.

Các mối nối sườn dầm và biên dầm thường dùng hai bản nối, khi đó bản nối nằm phía trong của bản biên được làm dưới hình thức từng cặp hai bản thép hẹp nằm hai bên sườn dầm. Các quy định về bố trí đỉnh tán hoặc bu lông, kích thước bản nối và nội dung tính toán cũng tương tự như đối với dầm tán đỉnh.

2.6.2.3. Tính toán liên kết mối nối

Số lượng đỉnh tán hoặc bu lông cường độ cao tại mối nối của mỗi phân tố tiết diện dầm được tính toán riêng rẽ.

Giả thiết rằng ứng suất tại mép trên của dầm đạt tới cường độ tính toán R_u (phương pháp cân bằng cường độ).

Nội lực tính toán trong thép góc biên là:

$$N_{thg} = \sigma_{thg} F_{thg}, \quad (2-82)$$

trong đó:

F_{thg} - diện tích tiết diện giảm yếu của một thép góc biên;

σ_{thg} - ứng suất pháp ở mức trọng tâm thép góc:

$$\sigma_{thg} = 2R_u \frac{y_{thg}}{h}; \quad (2-83)$$

h - chiều cao dầm tại mối nối khi chưa có bản nối biên dầm;

y_{thg} - khoảng cách từ trục trung hoà của dầm đến trọng tâm thép góc.

Số lượng đỉnh tán hoặc bu lông cường độ cao cần thiết trên một nửa thép góc nối:

$$n_{thg} = \frac{N_{thg}}{m_2[S_d]}, \quad (2-84)$$

trong đó: m_2 - hệ số điều kiện làm việc, lấy bằng 1,0 đối với biên chịu nén và 0,9 đối với biên chịu kéo.

Đối với đỉnh tán, khả năng chịu lực của 1 đỉnh $[S_d]$ được lấy giá trị nhỏ hơn khi tính theo cắt một mặt và ép mặt.

Đối với bu lông cường độ cao, trị số $[S_d]$ khi có một mặt phẳng ma sát lấy theo bảng 7-16 của Phụ lục 4.

Mối nối các bản ngang trong dầm tán đỉnh và dầm hàn được tính toán cũng theo nguyên tắc như trên. Lúc này bản bù cũng tham gia vào tiết diện bản ngang mà nó được hàn vào.

Trước hết phải xác định ứng suất σ_b tại trọng tâm từng bản ngang nếu cắt chúng tại những vị trí so le, hoặc tại trọng tâm các bản ngang nếu cắt chúng cùng ở một vị trí.

$$\sigma_b = 2R_u \frac{y_b}{h}, \quad (2-85)$$

trong đó: y_b - khoảng cách từ trục trung hoà của dầm đến trọng tâm từng bản ngang (hoặc các bản ngang).

Cần chú ý rằng chiều cao h của dầm phải gộp cả chiều dày các bản bù.

Số lượng đỉnh tán hoặc bu lông cường độ cao ở một phía của mối nối từng bản ngang (hoặc các bản ngang) được xác định theo công thức:

$$n_b = \frac{\sigma_b \cdot F_b}{m_2[S_d]}, \quad (2-86)$$

trong đó: F_b - diện tích tiết diện giảm yếu của bản ngang (hoặc các bản ngang) cần nối.

Cách xác định $[S_d]$ tương tự như trên, tuy nhiên nếu mối nối có hai bản nối hẹp đặt bên trong thì đỉnh tán sẽ chịu cắt hai mặt, bu lông cường độ cao có hai mặt phẳng ma sát.

Nếu như do sự cấu tạo của mối nối làm cho một số đỉnh tán phải làm việc chịu cắt gián tiếp qua một hoặc hai bản thép trở lên ngăn cách thì số lượng đỉnh tán n_b tính được sẽ chia cho tương ứng là 0,9 hoặc 0,8. Khi thiết kế không nên để xảy ra trường hợp này.

Những đỉnh tán hoặc bu lông tại mối nối sườn dầm được tính theo mô men uốn và lực cắt.

Mô men uốn tính toán toàn bộ tại tiết diện khi tận dụng hết cường độ tính toán R_u :

$$M = R_u \frac{I_{gy}}{0,5h} \quad (2-87)$$

Phần mô men uốn phân phối cho sườn dầm chịu là:

$$M_s = M \frac{I_s}{I_{ng}}; \quad (2-88)$$

trong đó: I_{gy} , I_{ng} và I_s - lần lượt là mô men quán tính của tiết diện giảm yếu, tiết diện nguyên của dầm và của riêng sườn dầm.

Lực cắt lấy với trị số lớn nhất của tiết diện cần nối, thể hiện trên biểu đồ Q đã vẽ được từ trước. Giả thiết rằng lực cắt này sẽ truyền toàn bộ cho sườn dầm, nghĩa là:

$$Q_s = Q. \quad (2-89)$$

Các đỉnh tán thuộc hàng đỉnh xa trục trung hoà của dầm nhất sẽ chịu lực lớn nhất. Lực truyền lên một đỉnh do M_s gây ra sẽ là:

$$N = \frac{M_s y_{\max}}{n \Sigma y_i^2}, \quad (2-90)$$

trong đó:

n - số đỉnh trên một hàng ngang của một nửa bản nối sườn dầm;

y_i - khoảng cách từ hàng đỉnh nằm ngang thứ i đến trục trung hoà;

$y_{\max}$ - khoảng cách từ hàng đỉnh xa nhất đến trục trung hoà.

Nội lực trong một đỉnh tán do lực cắt gây ra sẽ là:

$$Z = \frac{Q}{k}, \quad (2-91)$$

trong đó: k - số đỉnh tán trên một nửa bản nối sườn dầm.

Kiểm tra nội lực tổng cộng theo công thức:

$$N_{\max} = \sqrt{N^2 + Z^2} \leq [S_d], \quad (2-92)$$

trong đó: $[S_d]$ - khả năng chịu lực nhỏ hơn giữa chịu ép mặt và chịu cắt hai mặt của đỉnh tán.

Nếu mối nối dùng liên kết bu lông cường độ cao thì $[S_d]$ là khả năng chịu lực của một bu lông có hai mặt phẳng ma sát.

Phương pháp tính toán mối nối nêu trên được áp dụng trong trường hợp tỉ số giữa các chiều của diện tán đỉnh trên một nửa bản nối (thường là chiều ngang trên chiều đứng) nhỏ hơn 1/5 - 1/6. Nếu tỉ số này lớn hơn thì tính toán theo giả thiết các phân tố sẽ xoay chung quanh tâm điểm của diện tán đỉnh khi dầm chịu uốn. Lúc đó lực tác dụng lên đỉnh tán ở góc bản nối sẽ là lớn nhất, lực này được phân làm hai thành phần.

Thành phần thẳng đứng:

$$N_y = M_s \frac{x_{\max}}{\Sigma(x^2 + y^2)}, \quad (2-93)$$

Thành phần nằm ngang:

$$N_x = M_s \frac{y_{\max}}{\Sigma(x^2 + y^2)}, \quad (2-94)$$

trong đó:

x và y - toạ độ của các đỉnh tán đối với hệ trục đi qua trung tâm diện tán đỉnh (trên một nửa bản nối), dấu Σ lấy với tất cả các đỉnh trong diện đó.

$x_{\max}$, $y_{\max}$ - toạ độ của đỉnh tán ở xa nhất.

Nếu $Z = \frac{Q}{k}$ thì nội lực tổng cộng trong đỉnh tán ở xa nhất được kiểm tra theo công thức:

$$N_{\max} = \sqrt{(N_y + Z)^2 + N_x^2} \leq [S_d]. \quad (2-95)$$

Ngoài việc tính toán kiểm tra đỉnh tán (hoặc bu lông) theo cường độ, cũng cần phải kiểm tra về mỏi (xem phần Chỉ dẫn chung). Đặc trưng của chu kỳ nội lực thay đổi trong đỉnh ngoài cùng $\rho = \frac{N_{\min}^{tc}}{N_{\max}^{tc}}$ phải xác định theo mô men uốn và lực cắt thực tế.

2.7. CẤU TẠO HỆ LIÊN KẾT GIỮA CÁC DẦM CHỦ

Giữa các dầm chủ phải được liên kết với nhau thông qua các hệ liên kết ngang và dọc.

Hệ liên kết dọc thường được cấu tạo theo kiểu hai giàn tam giác bố trí ở biên trên và biên dưới của dầm. Chiều dài lấy khoảng 1-1,5 lần khoảng cách giữa các dầm. Đôi khi lấy theo điều kiện đảm bảo ổn định chung của dầm (xem mục 2.5.2)

Liên kết ngang được bố trí tại một số nút của hệ liên kết dọc và cách nhau không quá 5m.

Các thanh của hệ liên kết ngang và dọc được cấu tạo bằng một thép góc cánh đều kích thước không nhỏ hơn $80 + 80 \times 8\text{mm}$, sao cho đảm bảo độ mảnh cho phép lớn nhất

$$\lambda = \frac{l_0}{r_{\min}} \text{ không lớn hơn } 130.$$

Bán kính quán tính r có thể tính theo bảng 4-3 của mục 4.7.6.

Chiều dài tự do l_0 lấy như sau:

+ trong mặt phẳng của hệ liên kết: bằng khoảng cách giữa trọng tâm của mỗi liên kết ở hai đầu thanh;

+ ngoài mặt phẳng liên kết: bằng khoảng cách giữa các giao điểm của trục thanh liên kết.

Số đinh tán liên kết ở mỗi đầu thanh vào bản nút không ít hơn 3 và không cần phải tính toán kiểm tra cường độ.

Việc tính toán nội lực và chọn các thanh của hệ liên kết có thể xem ở mục 4.7

2.8. TÍNH TOÁN ĐỘ VÔNG CỦA DÂY

Thông thường, người ta tính riêng độ võng của dây chủ do tĩnh tải và hoạt tải gây ra.

Độ võng của kết cấu nhịp dây thép giản đơn có xét tới sự thay đổi của mô men quán tính theo chiều dài nhịp có thể xác định theo công thức:

$$f = \frac{5}{48} \frac{M^{tc} l^2}{EI} \left[1 + \frac{3}{25} \left(\frac{I - I_0}{I_0} \right) \right], \quad (2-96)$$

trong đó:

I và I_0 - mô men quán tính tại giữa nhịp và tại gối;

M^{tc} - mô men uốn tiêu chuẩn do tĩnh tải hoặc hoạt tải gây ra tại tiết diện giữa nhịp dây;

l - chiều dài nhịp tính toán;

E - mô đun đàn hồi của thép làm dây, bằng $2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$.

Độ võng giới hạn do hoạt tải $[f] = \frac{1}{400} l$ đối với cầu ô tô và $\frac{1}{800} l$ đối với cầu xe lửa.

Phần 3

CẦU DẦM THÉP LIÊN HỢP VỚI BẢN BÊ TÔNG CỐT THÉP

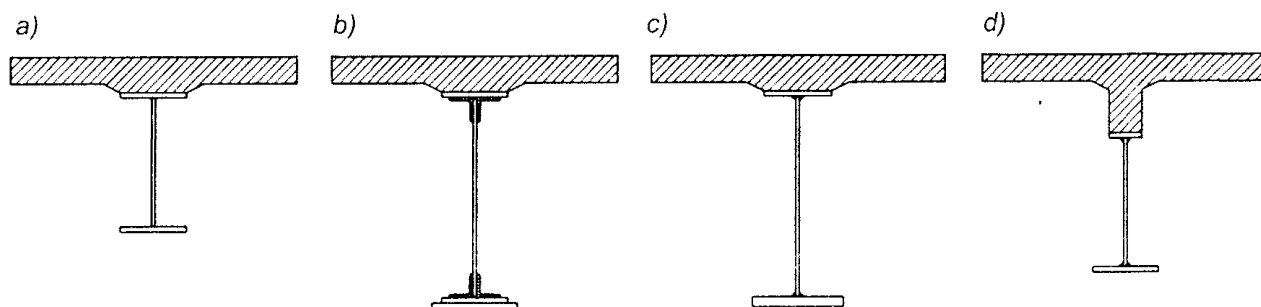
3.1. TIẾT DIỆN NGANG CẦU VÀ CÁC KÍCH THƯỚC CƠ BẢN

Sơ đồ mặt cắt ngang cầu, số lượng dầm chủ và khoảng cách giữa chúng có thể chọn giống như trong cầu dầm thép có bản BTCT không liên hợp với dầm (xem mục 2.1). Chiều cao kinh tế của dầm thép - BTCT liên hợp nhỏ hơn dầm thép thường khoảng 15÷25%. Đối với kết cấu nhịp cầu dầm đơn giản, có thể chọn chiều cao dầm thép (không kể bề dày của bản mặt cầu) trong phạm vi sau:

- + cầu ô tô: từ 1/16 đến 1/25 chiều dài nhịp;
- + cầu xe lửa: từ 1/12 đến 1/18 chiều dài nhịp.

Sau khi áng chừng được chiều cao dầm, có thể căn cứ vào khả năng vật liệu sẵn có và điều kiện thi công để chọn một trong các hình thức cấu tạo dầm thép sau đây (hình 3-1):

- Dầm thép I định hình (hình 3-1a) hoặc I định hình có thêm bản thép tấp vào biên dưới (thường gọi là bản tấp đáy).
- Dầm I tán ghép hoặc hàn ghép có biên dưới lớn hơn biên trên (hình 3-1b, c).



Hình 3-1. Một số dạng tiết diện dầm liên hợp

Khi kích cỡ của dầm thép bị hạn chế (do khả năng cung cấp thép hình), hoặc để tiết kiệm thép làm dầm đến mức tối đa, có thể cấu tạo tiết diện dầm có phần BTCT hình chữ T (hình 3-1d). Trong trường hợp đó, tỉ số chiều cao dầm thép trên chiều dài nhịp có thể tới 1/35 đến 1/40.

Khi chọn khoảng cách giữa các dầm chủ và chiều dài cánh mút thừa của bản BTCT, cần chú ý sao cho bề rộng cánh bản tham gia vào thành phần tiết diện liên hợp là lớn nhất (xem thêm mục 3.3.1).

3.2. TÍNH NỘI LỰC TRONG DẦM CHỦ

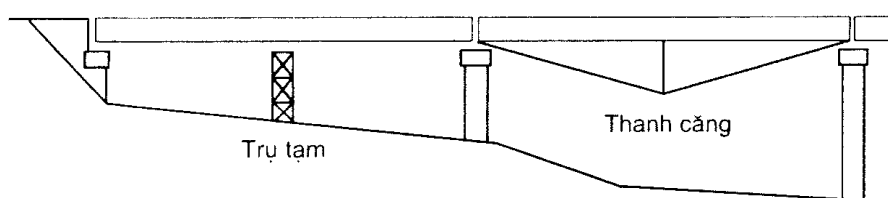
3.2.1. Chọn phương pháp thi công và xác định các giai đoạn làm việc của dầm

Sự làm việc của dầm thép liên hợp với bản BTCT có liên quan mật thiết với phương pháp thi công kết cấu nhịp. Với cách thi công thông thường, có hai giai đoạn làm việc:

Giai đoạn 1: Dầm thép chịu tác dụng của tĩnh tải phần 1, bao gồm trọng lượng bản thân dầm; hệ liên kết; ván khuôn (nếu bản bê tông được đúc tại chỗ) và bản BTCT.

Giai đoạn 2: Tiết diện liên hợp, gồm dầm thép và bản BTCT cùng tham gia làm việc, chịu tĩnh tải của các lớp mặt đường trên cầu; đường người đi; lan can, hoặc trong cầu xe lửa là trọng lượng đá dăm, tà vẹt, ray (gọi chung là tĩnh tải phần 2) và hoạt tải. Trong giai đoạn này, dầm liên hợp còn chịu tác dụng của tải trọng do tháo dỡ ván khuôn gây ra. Trong tính toán đôi khi người ta bỏ qua tải trọng này.

Để cho bản BTCT làm việc nhiều hơn, nhằm giảm tải cho dầm thép và do đó giảm kích thước, trọng lượng của chúng, có thể tiến hành điều chỉnh ứng suất. Trong kết cấu nhịp dầm giản đơn, trước khi đổ bê tông hay lắp bản mặt cầu người ta dùng kích đặt trên trụ tạm hoặc dùng thanh căng (hình 3-2) để uốn ngược dầm thép. Khi đã hình thành tiết diện liên hợp thì xả kích, tháo dỡ trụ tạm (hoặc thanh căng). Nhờ đó, bản bê tông sẽ cùng tham gia chịu tĩnh tải phần 1. Với cách thi công như vậy, trong giai đoạn 1, ngoài tĩnh tải phần 1, dầm thép còn chịu tác dụng của lực căng kích. Trong giai đoạn 2, dầm liên hợp chịu thêm cũng lực đó nhưng có chiều ngược lại.



Hình 3-2. Bố trí trụ tạm hoặc thanh căng

3.2.2. Xác định nội lực trong giai đoạn 1

Trọng lượng bản thân dầm thép, hệ liên kết, và bản mặt cầu được xác định dựa trên kích thước cấu tạo thực tế hoặc sơ bộ tính như trong cầu dầm thép đơn thuần (xem mục 2.2). Tải trọng tiêu chuẩn của ván khuôn gỗ có thể lấy ứng bằng $0,05C$ (T/m), trong đó C là chu vi của mặt đáy và mặt bên của bản bê tông tương ứng với một dầm (tính bằng mét). Nếu dầm biên và các dầm giữa có cấu tạo khác nhau (thường là phần BTCT) thì phải xác định nội lực cho riêng từng dầm.

Trong trường hợp bố trí một trụ tạm ở giữa nhịp để điều chỉnh ứng suất thì sơ đồ tính là dầm liên tục hai nhịp. Nếu cao độ của ba điểm kê gối bằng nhau, có nghĩa là chưa xét đến việc kích dầm, thì phản lực tại điểm kê trụ tạm được tính theo công thức:

$$R_1 = \frac{5g_1 l}{8}, \quad (3-1)$$

trong đó:

l - chiều dài nhịp tính toán của dầm;

g_1 - cường độ phân bố đều của tĩnh tải phần 1 (kể cả tải trọng ván khuôn).

Khi không có trụ tạm thì $R_1 = 0$.

Nội lực tiêu chuẩn trong dầm thép được tính theo các công thức sau:

+ mô men uốn tại tiết diện giữa nhịp:

$$M_{1/2}^I = \frac{g_1 l^2}{8} - \frac{R_1 l}{4} = -\frac{g_1 l^2}{32}; \quad (3-2)$$

+ mô men uốn tại tiết diện 1/4 nhịp:

$$M_{1/4}^I = \frac{3g_1 l^2}{32} - \frac{R_1 l}{8} = \frac{g_1 l^2}{64}; \quad (3-3)$$

+ lực cắt tại đầu dầm:

$$Q_g^I = \frac{(g_1 l - R_1)}{2}; \quad (3-4)$$

+ lực cắt tại giữa nhịp:

$$Q_{1/2}^I = \frac{R_1}{2}; \quad (3-5)$$

Để tính phản lực và nội lực tính toán, cần nhân các giá trị tính được ở trên với hệ số siêu tải.

Nếu sử dụng hai trụ tạm hoặc cấu tạo thanh cằng để điều chỉnh ứng suất thì có thể sử dụng phương pháp lực trong Cơ học kết cấu để tính phản lực và nội lực trong hệ.

3.2.3. Xác định nội lực trong giai đoạn 2

Trong giai đoạn này, cần tính riêng nội lực trong dầm liên hợp do tĩnh tải phần 2 và hoạt tải gây ra.

Gọi:

g_2 - cường độ phân bố đều của tĩnh tải phần 2 tác dụng lên dầm chủ;

M^{II} , Q^{II} và M^h , Q^h - nội lực trong dầm do các tải trọng tĩnh tác dụng ở giai đoạn 2 và hoạt tải gây ra.

Cách xác định g_2 và M^h , Q^h giống như đã được giới thiệu ở phần tính nội lực của dầm thép không liên hợp (xem mục 2.2) tuy nhiên cần chú ý rằng khi tính g_2 không có tải trọng của bản BTCT. Trong giai đoạn này, dầm liên hợp còn chịu cả tải trọng do đỡ ván khuôn và tháo trụ tạm gây ra.

Sau đây là các công thức tính M^{II} và Q^{II} :

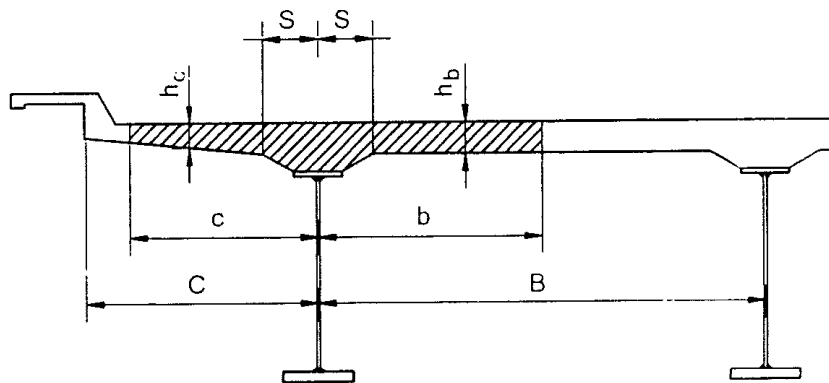
$$\begin{aligned} M_{l/2}^{II} &= \frac{(g_2 - g_v)l^2}{8} + \frac{R_1 l}{4}; \\ M_{l/4}^{II} &= \frac{3(g_2 - g_v)l^2}{32} + \frac{R_1 l}{8}; \\ Q_8^{II} &= \frac{(g_2 - g_v)l}{2} + \frac{R_1}{2}; \\ Q_{l/2}^{II} &= -\frac{R_1}{2}. \end{aligned} \quad (3-6)$$

3.3. TÍNH ĐẶC TRƯNG HÌNH HỌC CỦA TIẾT DIỆN

3.3.1. Tính chiều rộng làm việc của cánh bản BTCT

Chiều rộng tính toán của bản tham gia vào thành phần của tiết diện liên hợp được xác định theo các thông số sau (hình 3-3):

- + Chiều dài nhịp l ;
- + Khoảng cách giữa các dầm chủ B ;
- + Chiều dài cánh bản mút thừa C .



Hình 3-3. Để xác định chiều rộng tính toán của bản BTCT

Kí hiệu:

b - phần chiều rộng tính toán của cánh bản về phía có dầm bên cạnh;

c - phần chiều rộng tính toán của cánh bản về phía mút thừa.

b và c được xác định như sau:

+ khi $l > 4B$ $b = 0,5B$;

+ khi $l < 4B$ $b = S + 6h_b$,

nhưng không lớn hơn $0,5B$ và không nhỏ hơn $l/8$ (nếu $l/8 < 0,5B$);

+ khi $l > 12C$ $c = C$;

+ khi $l < 12C$ $c = S + 6h_c$,

nhưng không lớn hơn C và không nhỏ hơn $l/12$ (nếu $l/12 < C$),

trong đó:

S - một nửa chiều rộng sườn BTCT cộng với chiều dài vút (khoảng cách theo phương ngang từ tim dầm đến điểm cuối vút), còn khi không có chúng - là một nửa chiều rộng tiếp xúc của biên dầm thép với bê tông;

h_b và h_c - chiều dày trung bình của bản BTCT trong phạm vi giữa hai dầm và tại cánh mút thừa (không kể sườn hoặc vút).

Bề rộng tham gia làm việc của bản sẽ là:

$$b_c = b + c. \quad (3-7)$$

3.3.2. Tính đặc trưng hình học của dầm thép

Gọi y là trục toạ độ nằm trong mặt phẳng uốn của dầm, có phương thẳng đứng, chiều dương hướng xuống dưới.

Chọn vị trí trục 0-0, là một trục nằm ngang đi qua điểm 0 của trục y. Trục 0-0 nên chọn ở vị trí sao cho tính toán thuận tiện nhất, chẳng hạn đi qua trọng tâm của một thành phần nào đó của tiết diện (hình 3-4).

Lần lượt tính hoặc tra bảng thép hình để có các đại lượng sau:

- diện tích F_i , mô men quán tính I_i của từng phần tử cấu tạo nên tiết diện,

- toạ độ trọng tâm y_{0i} của mỗi phần tử (khoảng cách từ trục 0-0 đến trọng tâm phần tử),

khoảng cách từ trục 0-0 đến đỉnh và đến đáy tiết diện dầm thép, kí hiệu $y_{0th,tr}$ và $y_{0th,d}$.

Cần chú ý rằng, thuật ngữ "khoảng cách" ở đây được dùng để thay cho thuật ngữ "toa độ" nên phải kể đến dấu của nó (phía dưới trục 0-0 mang dấu +, phía trên mang dấu -).

+ Diện tích dầm thép sẽ là: $F_{th} = \sum F_i$.

+ Mô men tĩnh đối với trục 0-0 của tất cả các phân tố: $S_{0th} = \sum F_i y_{0i}$.

+ Gọi 1-1 là trục nằm ngang đi qua trọng tâm của tiết diện dầm thép, có tọa độ so với trục 0-0 (khoảng cách từ trục 0-0 đến trục 1-1) là:

$$y_1 = \frac{S_{0th}}{F_{th}}$$

+ Khoảng cách từ trọng tâm các phân tố đến trục 1-1:

$$y_{1i} = y_{0i} - y_1$$

+ Mô men quán tính của dầm thép:

$$I_{th} = \sum I_i + \sum F_i y_{1i}^2$$

+ Mô men tĩnh đối với trục 1-1 của biên dầm và của một nửa tiết diện dầm thép (nằm về một phía của trục 1-1):

$$S_{1b} = \sum F_{bi} y_{1bi}$$

$$S_1 = S_{1b} + F_{1s} y_{1s}$$

trong đó:

F_{bi}, y_{1bi} - diện tích các phân tố tạo nên biên dầm thép (bao gồm cả thép góc biên của dầm tán ghép) và khoảng cách từ trục 1-1 đến trọng tâm của chúng;

F_{1s}, y_{1s} - diện tích của phần nửa sườn dầm nằm về một phía của trục 1-1 và khoảng cách từ trục này đến điểm giữa của diện tích đó.

Khoảng cách từ trục 1-1 đến:

+ đỉnh tiết diện dầm thép $y_{1th,tr} = y_{0th,tr} - y_1$;

+ đáy tiết diện dầm thép $y_{1th,d} = y_{0th,d} - y_1$;

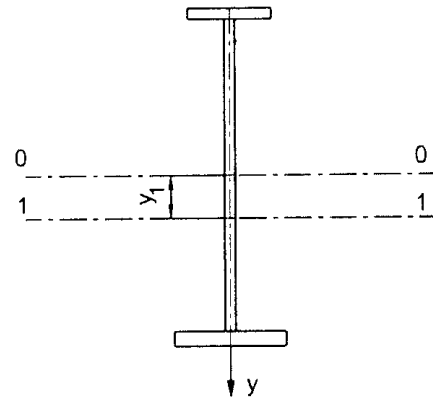
Thớ tiếp giáp giữa sườn và biên trên dầm thép:

+ loại hàn ghép $y_{1s,tr} = y_{1th,tr} + h_{bt}$;

+ loại tán ghép $y_{1s,tr} = y_{1th,tr} + h_{bt} + c_{gt}$;

Thớ tiếp giáp giữa sườn và biên dưới dầm thép

+ loại hàn ghép $y_{1s,d} = y_{1th,d} - h_{bd}$;



Hình 3-4. Để tính đặc trưng hình học của dầm thép

+ loại tán ghép $y_{ls,d} = y_{lth,d} - h_{bd} - c_{gt}$,

trong đó:

h_{bt} , h_{bd} - chiều dày của bản biên (hoặc tập bản biên) của biên trên và biên dưới;

c_{gt} , c_{gd} - khoảng cách giữa sống thép góc biên đến trục hàng đỉnh tán liên kết thép góc vào sườn dầm.

3.3.3. Tính đặc trưng hình học của dầm liên hợp

Để tính đặc trưng hình học của tiết diện liên hợp cần phải quy đổi bản BTCT ra vật liệu thép bằng cách đưa vào hệ số n , hệ số này có hai giá trị khác nhau:

+ $n = \frac{E_{th}}{E_b}$ - tỉ số giữa mô đun đàn hồi của thép và bê tông, phụ thuộc mức bê tông, tra

theo phụ lục;

+ $n = \frac{E_{th}}{E_h}$, trong đó E_h là mô đun đàn hồi có hiệu của bê tông, có thể lấy gần đúng

theo công thức:

$$E_h = \frac{E_b}{(1 + \varphi)}, \quad (3-8)$$

trong đó:

φ - đặc trưng từ biến của bê tông và ép sát các mối nối ngang,

$$\varphi = \varphi_k + \frac{\Delta E_b}{a \sigma_b}; \quad (3-9)$$

φ_k - đặc trưng từ biến, khi không có số liệu thực nghiệm có thể lấy bằng 1,5;

Δ và a - độ ép sát tại mối nối ngang của bản khi thi công lắp ghép (khoảng 0,5mm) và khoảng cách giữa các mối nối;

σ_b - ứng suất trong bản, có thể lấy bằng cường độ tính toán của bê tông khi chịu nén đúng tâm.

Các đặc trưng hình học của tiết diện liên hợp phải được xác định hai lần:

với E_h để tính ứng suất do tĩnh tải tác dụng trong giai đoạn 2;

với E_b để tính ứng suất do hoạt tải.

Phân chia tiết diện bản BTCT thành các hình chữ nhật và tam giác, lần lượt tính diện tích F_{bti} , mô men quán tính I_{bti} của từng hình, đồng thời xác định toạ độ trọng tâm y_{bti} của chúng so với trục 1-1.

Đối với hình chữ nhật có bề rộng b_i , chiều cao h_i : $F_{bti} = b_i h_i$; $I_{bti} = \frac{b_i h_i^3}{12}$; trọng tâm nằm chính giữa chiều cao.

Đối với hình tam giác có bề rộng đáy b_i , chiều cao h_i : $F_{bti} = 0,5 b_i h_i$; $I_{bti} = \frac{b_i h_i^3}{36}$; trọng tâm nằm cách đáy $1/3$ chiều cao.

Diện tích dầm liên hợp quy đổi ra thép: $F_{lh} = F_{th} + \frac{1}{n} \sum F_{bti} + F_{ct}$.

Mô men tĩnh đối với trục 1-1 của bản BTCT: $S_{lbt} = \frac{1}{n} \sum F_{bti} y_{lbt} + F_{ct} y_{lct}$,

trong đó: F_{ct} và y_{lct} - diện tích và toạ độ trọng tâm của các cốt thép dọc trong bản so với trục 1-1.

Gọi 2-2 là trục nằm ngang đi qua trọng tâm của tiết diện liên hợp (hình 3-5), có toạ độ so với trục 1-1 là:

$$y_2 = \frac{S_{lbt}}{F_{lh}}.$$

Khoảng cách từ trọng tâm các hình chữ nhật và tam giác của bản BTCT đến trục 2-2:

$$y_{2bti} = y_{lbt} - y_2.$$

Khoảng cách từ trọng tâm các phân tố tạo nên biên dầm thép đến trục 2-2:

$$y_{2bi} = y_{lbi} - y_2.$$

Khoảng cách từ trọng tâm cốt thép đến trục 2-2: $y_{2ct} = y_{lct} - y_2$.

Mô men quán tính của dầm liên hợp:

$$I_{lh} = I_{th} + F_{th} y_2^2 + \frac{1}{n} \sum I_{bti} + \frac{1}{n} \sum F_{bti} y_{2bti}^2 + F_{ct} y_{2ct}^2.$$

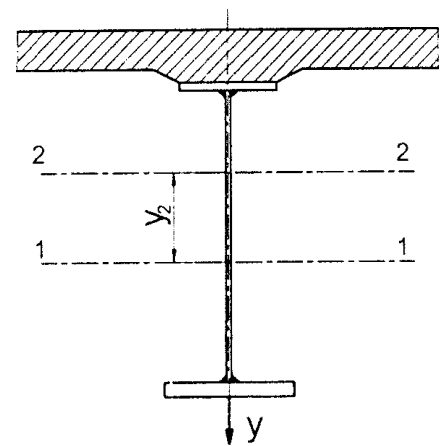
Mô men tĩnh đối với trục 2-2 của:

+ bản BTCT $S_{2bt} = \frac{1}{n} \sum F_{bti} y_{2bti}$;

+ bản BTCT và biên trên dầm thép: $S_{2b} = S_{2bt} + \sum F_{bi} y_{2bi}$;

+ biên dưới dầm thép $S_{2b} = \sum F_{bi} y_{2bi}$;

+ một nửa tiết diện liên hợp (nằm về một phía của trục 2-2) $S_2 = S_{2b} + F_{2s} y_{2s}$,



Hình 3-5. Để tính đặc trưng hình học của dầm liên hợp

trong đó: F_{2s} , y_{2s} - diện tích của phần nửa sườn dầm nằm về một phía của trục 2-2 và khoảng cách từ trục này đến điểm giữa của diện tích đó.

Khoảng cách từ trục 2-2 đến:

+ đỉnh tiết diện dầm thép	$y_{2th,tr} = y_{1th,tr} - y_2$;
+ đáy tiết diện dầm thép	$y_{2th,d} = y_{1th,d} - y_2$;
+ thớ tiếp giáp giữa sườn và biên trên dầm thép	$y_{2s,tr} = y_{1s,tr} - y_2$;
+ biên dưới dầm thép	$y_{2s,d} = y_{1s,d} - y_2$;
+ chỗ tiếp giáp giữa dầm thép và bản BTCT	$y_{2bt,d} = y_{2th,tr}$;
+ trọng tâm bản BTCT	$y_{2bt,0} = \frac{n \times S_{2bt}}{\sum F_{bti}}$;
+ mặt trên bản BTCT	$y_{2bt,tr} = y_{2bt,d} - h_{bt}$,

trong đó:

h_{bt} - khoảng cách từ đáy đến mặt trên của bản BTCT (có dấu trừ vì bản nằm phía trên trục 2-2).

F_{2s} , y_{2s} - diện tích của phần nửa sườn dầm nằm về một phía của trục 2-2 và khoảng cách từ trục này đến điểm giữa của diện tích đó.

Khoảng cách từ trục 2-2 đến:

+ đỉnh tiết diện dầm thép	$y_{2th,tr} = y_{1th,tr} - y_2$;
+ đáy tiết diện dầm thép	$y_{2th,d} = y_{1th,d} - y_2$;
+ thớ tiếp giáp giữa sườn và biên trên dầm thép	$y_{2s,tr} = y_{1s,tr} - y_2$;
biên dưới dầm thép	$y_{2s,d} = y_{1s,d} - y_2$;
+ chỗ tiếp giáp giữa dầm thép và bản BTCT	$y_{2bt,d} = y_{2th,tr}$;
+ trọng tâm bản BTCT	$y_{2bt,0} = \frac{S_{2bt}}{n \sum F_{bti}}$;
+ mặt trên bản BTCT	$y_{2bt,tr} = y_{2bt,d} - h_{bt}$,

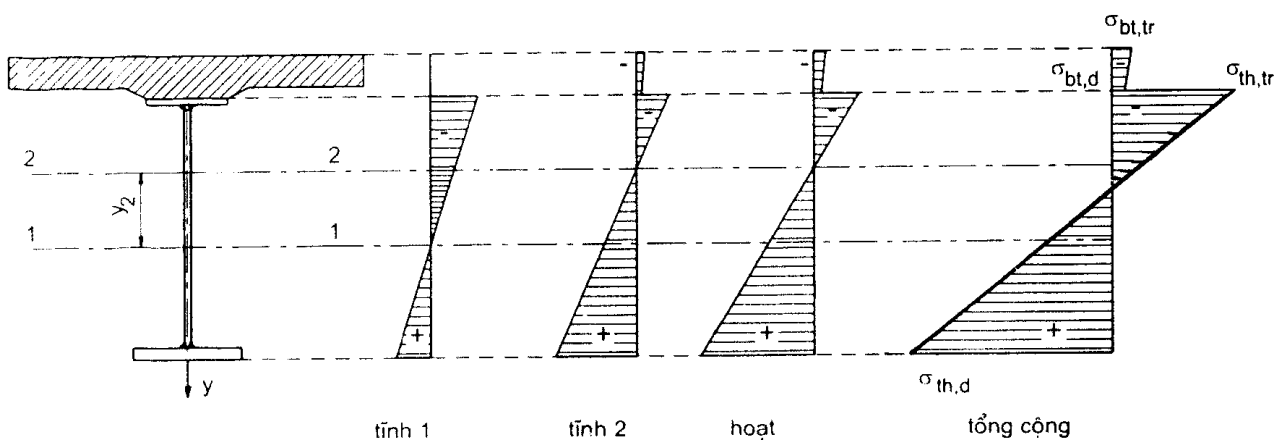
trong đó: h_{bt} - khoảng cách từ đáy đến mặt trên của bản BTCT (có dấu trừ vì bản nằm phía trên trục 2-2).

3.4. TÍNH TOÁN KIỂM TRA ỨNG SUẤT TRONG DẦM DO TỔ HỢP TẢI TRỌNG CHÍNH

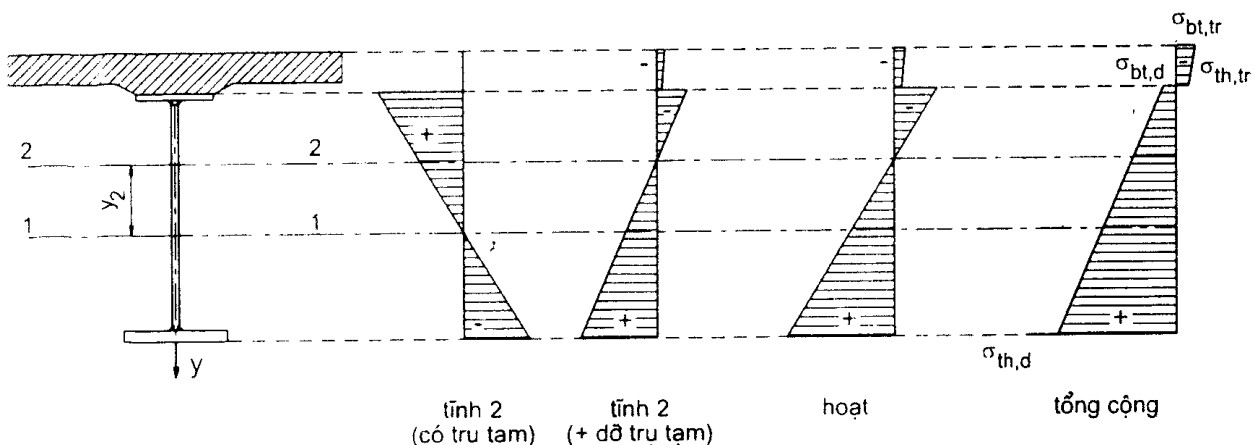
3.4.1. Kiểm tra ứng suất pháp

Trong kết cấu nhịp cầu dầm giản đơn, cần kiểm tra ứng suất pháp theo mô men uốn tính toán tại tiết diện giữa nhịp. Trường hợp có một trụ tạm ở giữa nhịp thì người ta thường kiểm tra thêm ứng suất pháp tại tiết diện 1/4 nhịp dầm.

Biểu đồ ứng suất pháp trong tiết diện dầm tại giữa nhịp qua các giai đoạn làm việc, đối với trường hợp thi công theo phương pháp truyền thống được thể hiện trên hình 3-6, trường hợp có một trụ tạm, được thể hiện trên hình 3-7.



Hình 3-6. Biểu đồ ứng suất pháp các giai đoạn của dầm liên hợp thi công theo phương pháp truyền thống



Hình 3-7. Biểu đồ ứng suất pháp qua các giai đoạn trong dầm liên hợp có sử dụng công nghệ điều chỉnh nội lực bằng trụ tạm trong quá trình thi công

Ứng suất do tĩnh tải, do dỡ ván khuôn, tháo trụ tạm và do từ biến của bê tông, ép sít các mối nối được tính theo công thức:

+ tại thớ dưới dầm thép:
$$\sigma_{th,d}^I = \frac{M^I y_{1th,d}}{I_{th}} + \frac{M^{II} y_{2th,d}}{I_{lh}}; \quad (3-10)$$

+ tại thớ trên dầm thép:
$$\sigma_{th,tr}^I = \frac{M^I y_{1th,tr}}{I_{th}} + \frac{M^{II} y_{2th,tr}}{I_{lh}}; \quad (3-11)$$

+ tại thớ dưới bản BTCT:
$$\sigma_{bt,d}^I = \frac{M^{II} y_{2bt,d}}{n I_{lh}}; \quad (3-12)$$

+ tại trọng tâm bản BTCT:
$$\sigma_{bt,0}^I = \frac{M^{II} y_{2bt,0}}{n I_{lh}}; \quad (3-13)$$

+ tại thớ trên bản BTCT:
$$\sigma_{bt,tr}^I = \frac{M^{II} y_{2bt,tr}}{n I_{lh}}, \quad (3-14)$$

trong đó các đặc trưng hình học của tiết diện dầm liên hợp được tính với $n = \frac{E_{th}}{E_h}$.

Ứng suất do từ biến của bê tông được bỏ qua khi ứng suất lớn nhất trong bản BTCT do M^{II} gây ra (lúc này các đặc trưng hình học được tính với $n = \frac{E_{th}}{E_b}$) không vượt quá $0,2R_{u,b}$, trong đó $R_{u,b}$ - cường độ tính toán chịu nén khi uốn của bê tông bản.

Ứng suất trong dầm do hoạt tải gây ra sẽ là:

+ tại thớ dưới dầm thép:
$$\sigma_{th,d}^h = \frac{M^h y_{2th,d}}{I_{lh}}; \quad (3-15)$$

+ tại thớ trên dầm thép:
$$\sigma_{th,tr}^h = \frac{M^h y_{2th,tr}}{I_{lh}}; \quad (3-16)$$

+ tại thớ dưới bản BTCT:
$$\sigma_{bt,d}^h = \frac{M^h y_{2bt,d}}{n I_{lh}}; \quad (3-17)$$

+ tại trọng tâm bản BTCT:
$$\sigma_{bt,0}^h = \frac{M^h y_{2bt,0}}{n I_{lh}}; \quad (3-18)$$

+ tại thớ trên bản BTCT:
$$\sigma_{bt,tr}^h = \frac{M^h y_{2bt,tr}}{n I_{lh}}, \quad (3-19)$$

trong đó các đặc trưng hình học của tiết diện dầm liên hợp được tính với $n = \frac{E_{th}}{E_h}$.

Các điều kiện kiểm tra:

$$\begin{aligned}
 &+ \text{ tại thớ dưới dầm thép: } \sigma_{th,d}^l + \sigma_{th,d}^h \leq R_{u,th}; \\
 &+ \text{ tại thớ trên dầm thép: } \sigma_{th,tr}^l + \sigma_{th,tr}^h \leq m_2 R_{u,th}; \\
 &+ \text{ ứng suất nén lớn nhất trong bản BTCT: } \sigma_{bt}^l + \sigma_{bt}^h \leq m_2 R_b; \\
 &+ \text{ ứng suất kéo lớn nhất trong bản BTCT: } \sigma_{bt}^l + \sigma_{bt}^h \leq R_{k,b},
 \end{aligned}
 \tag{3-20}$$

trong đó:

$R_{u,th}$ - cường độ tính toán chịu nén khi uốn của dầm thép;

$R_b, R_{k,b}$ - cường độ tính toán chịu nén và chịu kéo của bản BTCT; $R_{k,b}$ tra theo bảng; R_b phụ thuộc vào tỉ số giữa $\sigma_{bt,tr} = \sigma_{bt,tr}^l + \sigma_{bt,tr}^h$ và $\sigma_{bt,0} = \sigma_{bt,0}^l + \sigma_{bt,0}^h$:

$$\begin{aligned}
 R_b &= R_{u,b} \text{ nếu } \frac{\sigma_{bt,tr}}{\sigma_{bt,0}} > 1,2; \\
 R_b &= R_{lt,b} \text{ nếu } \frac{\sigma_{bt,tr}}{\sigma_{bt,0}} < 1,1,
 \end{aligned}
 \tag{3-21}$$

còn với các trị số $\frac{\sigma_{bt,tr}}{\sigma_{bt,0}}$ trung gian thì R_b lấy theo nội suy.

Hệ số điều kiện làm việc m_2 lấy như sau:

$$\begin{aligned}
 &\text{khi } \sigma_{bt,0} \leq 0,6 R_b & m_2 &= 1,2; \\
 &\text{khi } 0,6 R_b < \sigma_{bt,0} \leq 0,8 R_b & m_2 &= 1,1; \\
 &\text{khi } \sigma_{bt,0} > 0,8 R_b & m_2 &= 1,0.
 \end{aligned}
 \tag{3-22}$$

Các trị số ứng suất ở vế trái của công thức (3-20) cần được hiểu là đã lấy trị tuyệt đối.

Nếu điều kiện kiểm tra ứng suất trong dầm thép không thoả mãn thì phải tăng tiết diện dầm hoặc có thể áp dụng biện pháp điều chỉnh ứng suất, sẽ giới thiệu trong mục 3.4.2.

Trong dầm liên hợp mà phần BTCT có hình chữ T (hình 3-1d), có thể tại thớ dưới của sườn BTCT (tiếp giáp với dầm thép) xuất hiện ứng suất kéo vượt quá cường độ chịu kéo tính toán của bê tông. Lúc đó có thể bố trí một số thanh cốt thép chịu kéo nằm dọc theo sườn, diện tích của chúng được tính theo công thức:

$$F_a = \frac{(\sigma_{bt}^l + \sigma_{bt}^h) h_k b}{2R_a}
 \tag{3-23}$$

trong đó:

b - bề rộng của phần sườn BTCT;

h_k - chiều cao của vùng bê tông chịu kéo;

R_a - cường độ tính toán của cốt thép.

Nếu ứng suất trong bản $\sigma_{bt,0} > R_b$ (khi thiết kế không nên để xảy ra trường hợp này!) bản sẽ làm việc trong giai đoạn dẻo và dầm thép trong giai đoạn đàn hồi. Nội lực giới hạn trong bản khi biểu đồ ứng suất hình chữ nhật:

$$N^d = R_b \cdot F_{bt}, \quad (3-24)$$

trong đó: F_{bt} - diện tích tiết diện bản.

Ứng suất trong dầm thép lúc này được xác định từ điều kiện coi dầm thép chịu toàn bộ các tải trọng tác dụng cả trong giai đoạn 1 lẫn giai đoạn 2 và với lực dọc N^d đặt tại trọng tâm bản, cách trọng tâm dầm thép một đoạn $y_{lbt,0} = y_{2bt,0} + y_2$ ($y_{2bt,0}$ và y_2 đều mang dấu trừ, đã tính được trong mục 3.3.3).

Lực N^d đặt lệch tâm có thể thay bằng lực kéo đúng tâm và một mô men uốn căng thớ trên (mang dấu âm) $M^d = N^d \cdot y_{lbt,0}$.

Khi đó ứng suất tại thớ dưới dầm thép:

$$\sigma_{th,d}^t = \frac{(M^I + M^{II} + M^h + M^d)y_{lth,d}}{I_{th}} + \frac{N^d}{F_{th}} \leq R_{u,th}; \quad (3-25)$$

Ứng suất tại thớ trên dầm thép:

$$\sigma_{th,tr}^t = \frac{(M^I + M^{II} + M^h + M^d)y_{lth,tr}}{I_{th}} + \frac{N^d}{F_{th}} \leq R_{u,th}. \quad (3-26)$$

Ngoài việc kiểm tra ứng suất trong dầm thép, khi kể đến sự làm việc của bê tông trong giai đoạn dẻo, cần phải kiểm tra biến dạng tương đối của bê tông tại trọng tâm bản:

$$\varepsilon_{bt,0} = \frac{1}{E_{th}} \left[\frac{(M^{II} + M^h + M^d)y_{lbt,0}}{I_{th}} + \frac{N^d}{F_{th}} \right] \leq \Delta_b, \quad (3-27)$$

trong đó: Δ_b - biến dạng tương đối giới hạn của bê tông, lấy bằng 0,0016.

Trường hợp đã áp dụng các biện pháp khắc phục nêu trên hoặc đã tính toán lại mà vẫn không cho kết quả mong muốn thì cần phải thay đổi kích thước tiết diện dầm.

3.4.2. Tính toán điều chỉnh ứng suất trong dầm

Trong tài liệu này chỉ giới thiệu một trường hợp điều chỉnh đơn giản nhất, đó là dùng kích đặt trên trụ tạm ở giữa nhịp để kích và hạ dầm. Lúc này, giá trị phản lực tại trụ giữa còn lớn hơn cả R_1 đã tính được trong 3.2.2 và do người thiết kế chủ động lựa chọn, sao cho ứng suất tổng cộng tại thớ dưới dầm thép gần đạt đến cường độ tính toán $R_{u,th}$.

Vệc tính toán thường xuất phát từ trị số ứng suất tại biên dưới dầm thép cần được giảm bớt (do vượt quá cường độ tính toán):

$$\Delta\sigma_{th,d} = R_{u,th} - \sigma_{th,d}^l - \sigma_{th,d}^h. \quad (3-28)$$

Để tạo ra $\Delta\sigma_{th,d}$ phải tác dụng thêm vào vị trí giữa nhịp dầm thép một lực Δ_R theo chiều dưới lên (kích dầm) và vào dầm liên hợp cũng lực đó nhưng có chiều ngược lại (xả kích). Lực này được tính như sau:

$$\Delta_R = \frac{4\Delta\sigma_{th,d}}{I\left(-\frac{y_{1th,d}}{I_{th}} + \frac{y_{2th,d}}{I_{lh}}\right)}. \quad (3-29)$$

Sau khi có Δ_R , ứng suất pháp tổng cộng trong dầm liên hợp sẽ được tính bằng một trong hai cách:

- + Cộng R_l với Δ_R và tính lại nội lực, ứng suất như trong mục 3.2.2, 3.2.3 và 3.4.1
- + Tính riêng nội lực và ứng suất trong dầm do Δ_R gây ra rồi cộng với ứng suất đã tính được trong mục 3.4.1.

3.4.3 Kiểm tra ứng suất tiếp

Cần kiểm tra ứng suất tiếp trong sườn dầm thép theo lực cắt tính toán tại tiết diện trên gối dầm chủ. Điều kiện kiểm tra:

$$\tau_{max} = \tau^l + \tau^h \leq c' \cdot 0,6R_0, \quad (3-30)$$

trong đó:

$$\tau^l = \frac{Q^I \cdot S_1}{I_{th} \delta} + \frac{Q^{II} \cdot S_2}{I_{lh} \delta}; \quad \tau^h = \frac{Q^h \cdot S_2}{I_{lh} \delta}; \quad (3-31)$$

I_{th} , S_1 , I_{lh} , S_2 đã tính được trong 3.3, nếu phải kể đến ảnh hưởng do từ biến của bê tông và ép sít các mối nối thì I_{lh} và S_2 trong công thức tính τ^l phải được tính

$$\text{với } n = \frac{E_{th}}{E_h};$$

δ - chiều dày của sườn dầm thép;

$0,6R_0$ - cường độ tính toán của thép khi chịu cắt;

hệ số c' xác định theo mục 2.3.6

3.4.4 Xác định vị trí thay đổi tiết diện biên dầm

Vị trí thay đổi kích thước tiết diện biên dầm được xác định bằng cách vẽ biểu đồ, trên cơ sở cho ứng suất trong dầm thép - sau khi đã giảm kích thước - đạt đến cường độ tính toán.

Dưới đây sẽ giới thiệu cách xác định vị trí thay đổi biên của dầm thép theo điều kiện cân bằng ứng suất ở biên dưới:

$$\text{Đặt } \alpha = \frac{I_{th} y_{2th,d}}{I_{lh} y_{1th,d}} \quad \left(\text{tính với } n = \frac{E_{th}}{E_b} \text{ hoặc } n = \frac{E_{th}}{E_b} \right); \quad (3-22)$$

$$\beta = \frac{I_{th} y_{2th,d}}{I_{lh} y_{1th,d}} \quad \left(\text{tính với } n = \frac{E_{th}}{E_b} \right),$$

trong đó các đặc trưng hình học tính với tiết diện đã giảm bớt.

Tính đại lượng $M^I + M^{II}\alpha + M^h\beta$ tại một số tiết diện dầm (thường chỉ cần tại giữa nhịp và 1/4 nhịp là đủ) và nối lại thành biểu đồ dạng đường cong.

Tính đại lượng $\frac{R_{u,th} \cdot I_{th}}{y_{1th,d}}$, kẻ biểu đồ nằm ngang. Giao điểm của hai biểu đồ chính là điểm cắt lí thuyết phải tìm.

Tiến hành một cách tương tự để xác định vị trí thay đổi biên của dầm thép theo điều kiện cân bằng ứng suất ở biên trên. Lúc này các kí hiệu $y_{1th,d}$, $y_{2th,d}$ được thay bằng $y_{1th,tr}$, $y_{2th,tr}$; $R_{u,th}$ được thay bằng $m_2 R_{u,th}$.

Nếu bố trí nhiều chỗ thay đổi tiết diện dầm thì lại tiếp tục xác định vị trí như đã làm ở trên.

Việc xác định điểm cắt thực tế tương tự như đối với dầm thép không liên hợp (xem mục 2.4).

3.4.5. Kiểm tra ứng suất tương đương

Việc kiểm tra ứng suất tương đương trong phần thép của dầm thép liên hợp với bản BTCT cũng tiến hành tương tự như đối với kết cấu nhịp dầm thép đơn thuần (xem mục 2.4.3).

Cần chú ý rằng khi tính các ứng suất σ và τ phải xét đến sự làm việc có tính chất giai đoạn của tiết diện.

3.5. TÍNH TOÁN KIỂM TRA ỨNG SUẤT TRONG DẦM CHỊU TÁC DỤNG CỦA TỔ HỢP PHỤ

Trong tổ hợp phụ, ngoài tác dụng của tĩnh tải, lực điều chỉnh ứng suất và hoạt tải, còn phải kể đến ảnh hưởng của sự chênh lệch nhiệt độ giữa dầm thép và bản BTCT, của bê tông bản bị co ngót.

Có hai tổ hợp ứng suất cần phải xét:

+ Nhiệt độ dầm thép cao hơn nhiệt độ bản BTCT và co ngót bê tông (chênh lệch nhiệt độ dương), gây ra ứng suất kéo trong bản bê tông và biên dưới dầm thép;

+ Nhiệt độ dầm thép thấp hơn nhiệt độ bản BTCT, không kể co ngót (chênh lệch nhiệt độ âm), gây ra ứng suất nén trong bê tông.

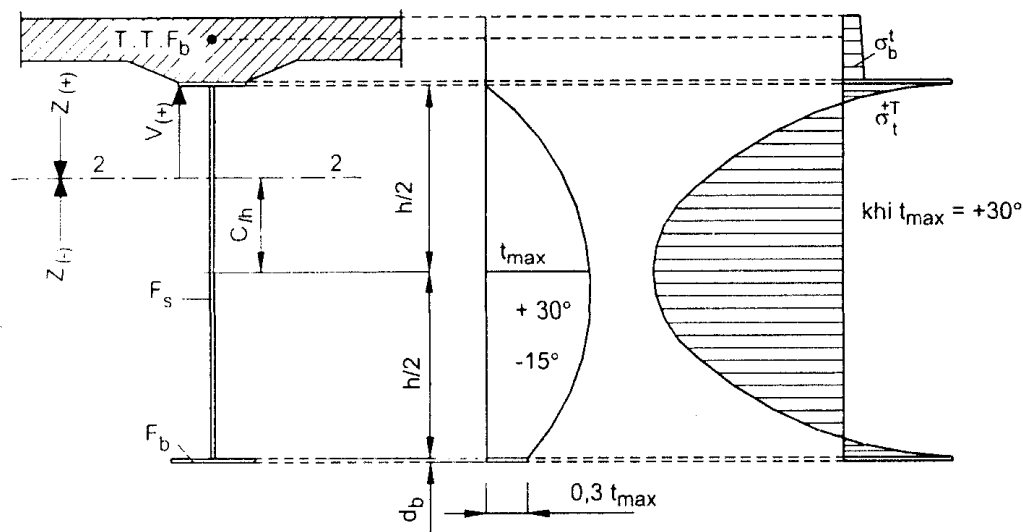
Ứng suất do chênh lệch nhiệt độ tính với hệ số siêu tải 1,1, còn ứng suất do co ngót tính với hệ số siêu tải 1,0.

Hệ số siêu tải của hoạt tải lúc này giảm đi 20%.

Tổng của các ứng suất nêu trên không được vượt quá cường độ tính toán giới hạn của vật liệu.

3.5.1. Ứng suất trong dầm liên hợp do nhiệt độ thay đổi

Giả thiết rằng biểu đồ chênh lệch nhiệt độ trong dầm liên hợp có dạng như trên hình 3-8.



Hình 3-8. Biểu đồ nhiệt độ thay đổi và ứng suất pháp

Theo quy trình, khi chênh lệch nhiệt độ dương $t_{\max} = +30^{\circ}\text{C}$, trong bê tông bản và các thớ ngoài cùng của biên dầm thép xuất hiện ứng suất kéo, trong sườn dầm có ứng suất nén. Khi chênh lệch nhiệt độ âm $t_{\max} = -15^{\circ}\text{C}$, ứng suất trong dầm có dấu ngược lại.

Hệ số giãn nở vì nhiệt α của thép và BTCT có thể lấy giống nhau bằng 0,00001.

Gọi:

F_s, F_b - diện tích tiết diện của sườn dầm và của biên dưới dầm thép;

F_T, S_T - diện tích và mô men tĩnh quy ước của phần tiết diện bị đốt nóng, được tính theo công thức:

$$F_T = 0,8F_s + 0,3F_b; \quad (3-33)$$

$$S_T = 0,8F_s \cdot c_{lh} + 0,3F_b(0,5h_s + c_{lh} + 0,5d_b),$$

trong đó:

h_s - chiều cao sườn dầm thép;

d_b - chiều dày của bản biên dưới dầm thép;

c_{lh} - khoảng cách từ điểm chia đôi chiều cao sườn dầm thép đến trục 2-2 (trục đi qua trọng tâm của tiết diện dầm liên hợp, xem mục 3.3.3).

Ứng suất pháp trong dầm được tính theo các công thức sau:

+ tại thớ dưới dầm thép:

$$\sigma_{th,d}^T = \alpha t_{\max} E_{th} \left[\frac{F_T}{F_{lh}} + \frac{S_T}{I_{lh}} y_{2th,d} - 0,3 \right]; \quad (3-34)$$

+ tại thớ trên dầm thép:

$$\sigma_{th,tr}^T = \alpha t_{\max} E_{th} \left[\frac{F_T}{F_{lh}} + \frac{S_T}{I_{lh}} y_{2th,tr} \right]; \quad (3-35)$$

+ Tại thớ dưới bản BTCT:

$$\sigma_{bt,d}^T = \alpha t_{\max} E_b \left[\frac{F_T}{F_{lh}} + \frac{S_T}{I_{lh}} y_{2bt,d} \right]; \quad (3-36)$$

+ Tại thớ trên bản BTCT:

$$\sigma_{bt,tr}^T = \alpha t_{\max} E_b \left[\frac{F_T}{F_{lh}} + \frac{S_T}{I_{lh}} y_{2bt,tr} \right], \quad (3-37)$$

+ Tại trọng tâm cốt thép thường trong bê tông:

$$\sigma_{bt,tr}^T = \alpha t_{\max} E_{ct} \left[\frac{F_T}{F_{lh}} + \frac{S_T}{I_{lh}} y_{2ct} \right] \quad (3-38)$$

trong đó:

F_{lh}, I_{lh} - diện tích và mô men quán tính của tiết diện dầm liên hợp, tính với $n = \frac{E_{th}}{E_b}$,

E_{ct} - mô đun đàn hồi của cốt thép thường đặt trong bản bê tông.

$y_{2th,d}, y_{2th,tr}, y_{2bt,d}, y_{2bt,tr}$ và y_{2ct} - khoảng cách từ các thớ và trọng tâm cốt thép thường trong bê tông cần xác định ứng suất đến trục trung hoà của tiết diện liên

hợp, đã tính được trong mục 3.3.3. Khi lấy các khoảng cách này cần chú ý đến dấu của chúng (về phía dưới trục 2-2 lấy dấu cộng, về phía trên trục 2-2 lấy dấu trừ).

Biểu đồ ứng suất do chênh lệch nhiệt độ gây ra thể hiện trên hình 3-8.

3.5.2. Ứng suất do bê tông bản co ngót

Khi xác định ứng suất phụ do co ngót của bê tông, người ta lấy các biến dạng tương đối như sau:

+ với bản đúc tại chỗ: $\varepsilon_c = 0,0002$;

+ với bản lắp ghép $\varepsilon_c = 0,0001$.

Ảnh hưởng của từ biến được kể tới khi tính toán về co ngót bằng cách dùng mô đun đàn hồi có hiệu E_h (xem mục 3.3.3).

Ứng suất trong dầm được xác định theo các công thức:

+ tại thớ dưới dầm thép:

$$\sigma_{th,d}^c = \varepsilon_c E_h \left[\frac{F_{th}}{F_{lh}} + \frac{F_{th} y_2}{I_{lh}} y_{2th,d} - 1 \right]; \quad (3-39)$$

+ tại thớ trên dầm thép:

$$\sigma_{th,tr}^c = \varepsilon_c E_h \left[\frac{F_{th}}{F_{lh}} + \frac{F_{th} y_2}{I_{lh}} y_{2th,tr} - 1 \right]; \quad (3-40)$$

+ tại thớ dưới bản BTCT:

$$\sigma_{bt,d}^c = \varepsilon_c E_h \left[\frac{F_{th}}{F_{lh}} + \frac{F_{th} y_2}{I_{lh}} y_{2bt,d} \right]; \quad (3-41)$$

+ tại thớ trên bản BTCT:

$$\sigma_{bt,tr}^c = \varepsilon_c E_h \left[\frac{F_{th}}{F_{lh}} + \frac{F_{th} y_2}{I_{lh}} y_{2bt,tr} \right], \quad (3-42)$$

Tại trọng tâm cốt thép thường đặt trong bản BTCT

$$\sigma_{ct}^c = \varepsilon_c E_{ct} \left[\frac{F_{th}}{F_{lh}} + \frac{F_{th} y_2}{I_{lh}} y_{2ct} - 1 \right] \quad (3-43)$$

trong đó:

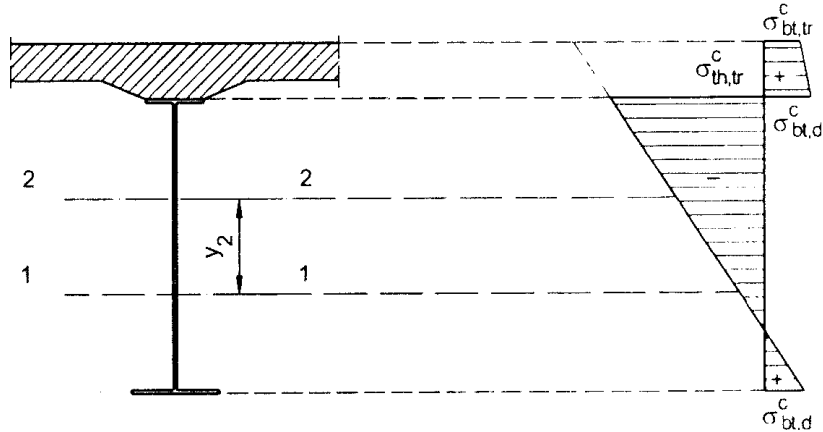
F_{lh} , I_{lh} - diện tích và mô men quán tính của tiết diện dầm liên hợp, tính với $n = \frac{E_{th}}{E_h}$;

F_{th}, I_{th} - diện tích và mô men quán tính của tiết diện dầm thép;

y_2 - khoảng cách từ trọng tâm của tiết diện dầm thép đến trọng tâm của tiết diện liên hợp, đã tính trong mục 3.3.3 nhưng có giá trị dương vì trục 1-1 nằm phía dưới trục 2-2;

$y_{2th,d}, y_{2th,tr}, y_{2bt,d}$ và $y_{2bt,tr}$ - xem giải thích ở mục 0.

Trên hình 3-9 vẽ biểu đồ ứng suất do co ngót của bê tông trong tiết diện liên hợp.



Hình 3-9. Biểu đồ ứng suất do co ngót của bê tông

3.6. KIỂM TRA ĐIỀU KIỆN CHỊU MỎI

Khi kiểm tra theo điều kiện chịu mỏi, mô men uốn do tải trọng tiêu chuẩn chỉ xác định với tổ hợp chính, hoạt tải chỉ lấy của ô tô (có kể đến hệ số xung kích) và đoàn người. Việc xét đến ảnh hưởng của từ biến và ép sát mối nối cũng giống như trong tính toán về cường độ.

Các điều kiện kiểm tra:

$$\text{- tại thớ dưới dầm thép: } \sigma_{th,d}^l + \sigma_{th,d}^h \leq \gamma_d R_{u,th}; \quad (3-44)$$

$$\text{- tại thớ trên dầm thép: } \sigma_{th,tr}^l + \sigma_{th,tr}^h \leq \gamma_t R_{u,th},$$

trong đó: γ_d, γ_t - hệ số giảm cường độ tính toán khi tính mỏi, xác định theo phần Chỉ dẫn chung.

Các hệ số tập trung ứng suất β để xác định γ_d và γ_t cũng lấy các giá trị như khi tính dầm thép đơn thuần (xem mục 2.3.6).

3.7. KIỂM TRA ỔN ĐỊNH CỦA DẦM

Trong giai đoạn sử dụng, biên trên của dầm được bản BTCT liên kết chắc chắn, cho nên trong dầm đơn giản không xảy ra hiện tượng mất ổn định chung. Tuy nhiên, sự nguy hiểm về mất ổn định chung lại có khả năng xảy ra trong giai đoạn thi công, khi mà dầm

thép còn chưa liên kết với bản BTCT. Cho nên, việc kiểm tra ổn định chung cũng tiến hành như khi tính dầm thép đơn thuần.

Các phương pháp tính toán ổn định sườn dầm và gia cố bằng sườn bản thép hoặc thép góc tăng cường của dầm liên hợp và dầm thép đơn thuần đều giống nhau.

Thông thường, người ta dựa vào những kích thước cấu tạo của kết cấu và những chỉ dẫn (đã nêu ở mục 2.5.1) để bố trí các sườn tăng cường, sau đó mới kiểm tra xem điều kiện ổn định có thoả mãn hay không.

Các nội dung cần tính toán kiểm tra, cũng như cách xác định mô men uốn và lực cắt tại vị trí tương ứng với các mảnh sườn dầm cũng giống như đã trình bày trong phần tính dầm thép đơn thuần (mục 2.5.3).

Khi kiểm tra, cần xem xét sự ổn định của các mảnh sườn dầm riêng rẽ nằm giữa các biên dầm, các sườn tăng cường đứng và các sườn tăng cường ngang nếu có.

Ứng suất pháp σ tại mép các mảnh sườn dầm do mô men uốn gây ra, được tính theo công thức:

$$\begin{aligned}\sigma^t &= \frac{M^I z_1}{I_{th}} + \frac{M^{II} z_2}{I_{lh}} \quad (I_{lh}, z_2 \text{ tính với } n = \frac{E_{th}}{E_b} \text{ hoặc } n = \frac{E_{th}}{E_h}); \\ \sigma^h &= \frac{M^h z_2}{I_{lh}} \quad (I_{lh}, z_2 \text{ tính với } n = \frac{E_{th}}{E_b}); \\ \sigma &= \sigma^t + \sigma^h,\end{aligned}\tag{3-45}$$

trong đó:

z_1 và z_2 - khoảng cách từ trục 1-1 và trục 2-2 đến mép của mảnh sườn dầm;
các kí hiệu còn lại đều đã biết (xem mục 3.3).

Ứng suất tiếp τ do lực cắt gây ra khi không có sườn tăng cường dọc, xác định tương tự như ở mục 3.4.3, theo công thức:

$$\begin{aligned}\tau^t &= \frac{Q^I S_1}{I_{th} \delta} + \frac{Q^{II} S_2}{I_{lh} \delta}; \\ \tau^h &= \frac{Q^h S_2}{I_{lh} \delta}; \\ \tau &= \frac{2}{3} \tau_{\max} = \frac{2}{3} (\tau^t + \tau^h).\end{aligned}\tag{3-46}$$

Khi có sườn tăng cường dọc, ứng suất τ cũng xác định như đối với dầm thép đơn thuần (xem mục 2.5.3) và có xét đến sự làm việc theo các giai đoạn của dầm.

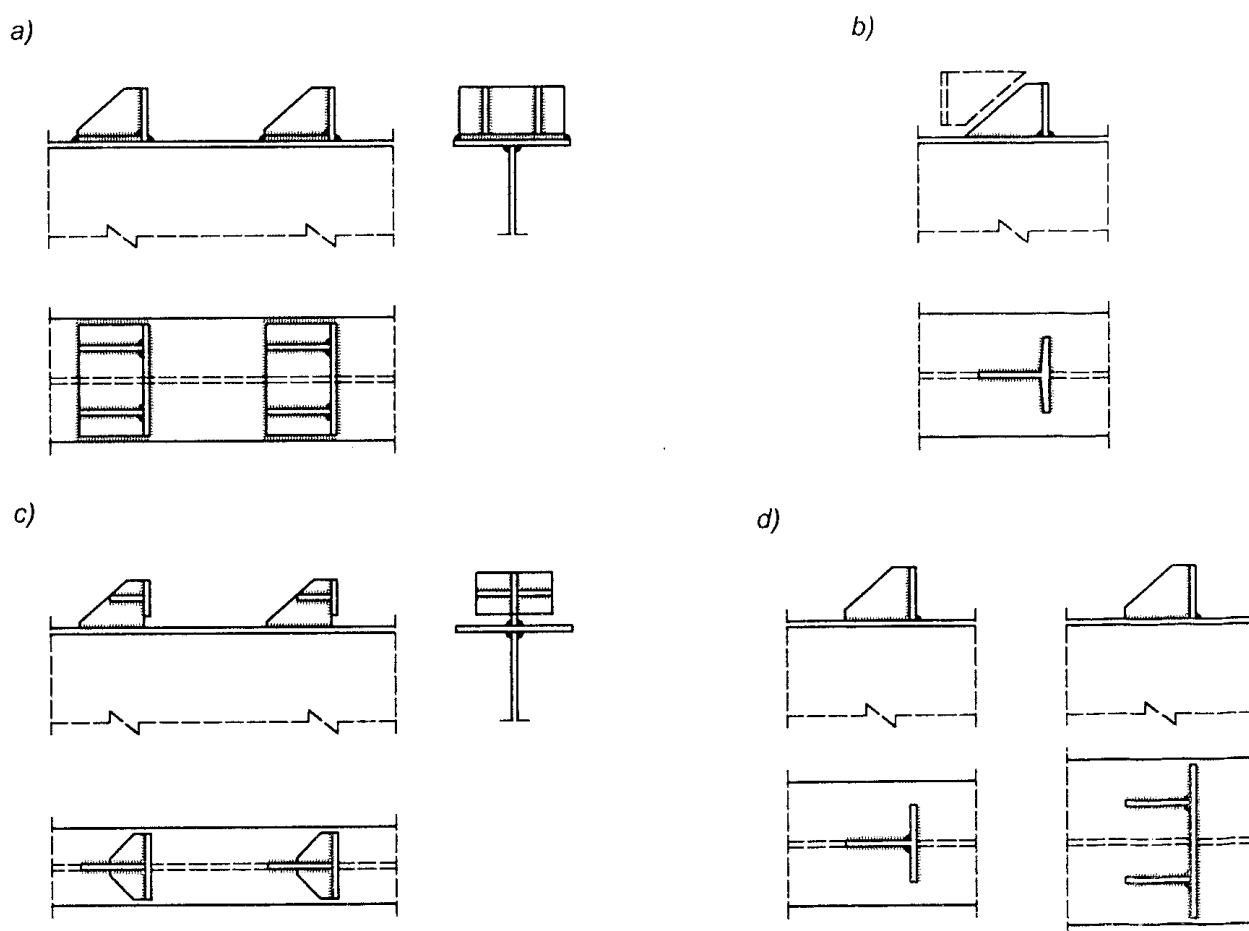
Các nội dung tính toán kiểm tra ứng suất tiếp theo cũng tiến hành như khi tính toán dầm thép đơn thuần.

3.8. CẤU TẠO VÀ TÍNH TOÁN NEO LIÊN KẾT BẢN BTCT VỚI DẦM THÉP

Để tạo được sự liên kết chắc chắn giữa bản với dầm cần phải liên kết các neo vào mặt trên của biên trên dầm thép. Hình thức cấu tạo, kích thước và số lượng neo phải đủ chịu được các lực trượt phát sinh tại mặt tiếp xúc giữa bản và dầm thép khi dầm liên hợp chịu tác dụng của tải trọng, khi bê tông bản bị co ngót và nhiệt độ thay đổi không đều.

3.8.1. Chọn hình thức cấu tạo neo

Trong tài liệu này đề cập đến các loại neo được sử dụng phổ biến nhất hiện nay, đó là neo cứng và neo mềm và neo cốt thép nghiêng.



Hình 3-10. Một số kiểu neo cứng

Neo cứng (hình 3-10) được làm bằng thép góc có cánh dày 10-12mm hoặc thép bản, có hàn 1 hoặc 2 sống tăng cường dày 8 đến 10mm. Có thể giảm bớt công chế tạo neo

nếu dùng thép I cắt cánh. Chiều rộng neo được chọn sao cho đủ bố trí các đường hàn, thường lấy nhỏ hơn bề rộng biên trên dầm thép chừng 3-5cm. Nếu neo chỉ nằm trong phạm vi sườn hoặc vút của bản BTCT thì chiều rộng neo không được lớn hơn $b_s/1,5$, trong đó: b_s - chiều rộng sườn hoặc vút của bản BTCT tại mức ứng với điểm giữa chiều cao của neo.

Neo cốt thép nghiêng (hình 3-13) làm từ các thanh thép tròn, đường kính 12-16mm, uốn thành hình quai sanh. Loại này phù hợp với tiết diện dầm có phần BTCT hình chữ T. Khi cần bê đổ xong ra trên mặt bằng thì cấu tạo neo theo kiểu các nhánh đơn có móc ở đầu. Theo phương dọc cầu, neo cốt thép được bố trí nghiêng một góc 45° . Chiều dài tính toán của neo không được nhỏ hơn $7d$ và $12cm$ với neo hình quai sanh và $25d$ với neo nhánh đơn (d - đường kính thanh neo). Nếu neo quai sanh nằm gọn trong sườn BTCT và có chiều dài nhỏ hơn $25d$ thì bề rộng quai sanh không được vượt quá $1/3$ bề rộng sườn. Khoảng cách tính không giữa các neo theo phương dọc cầu không được nhỏ hơn $3d$.

3.8.2. Tính khả năng chịu lực của neo cứng

Khả năng chịu lực của một neo cứng chính là lực trượt tối đa mà neo có thể tiếp nhận, được tính theo công thức:

$$T_0 = 1,6R_{lt}F_{cm}, \quad (3-47)$$

trong đó:

F_{cm} - diện tích chịu ép mặt của bê tông;

$$F_{cm} = b_n h_n; \quad (3-48)$$

b_n, h_n - chiều rộng và chiều cao của neo;

R_{lt} - cường độ chịu nén dọc trục của bê tông bản;

1,6 - hệ số kể đến sự ép mặt cục bộ.

Trường hợp neo chỉ nằm trong phạm vi sườn hoặc vút của bản BTCT thì cường độ của bê tông giảm đi bằng cách nhân thêm với hệ số điều kiện làm việc:

$$0,9 \text{ nếu } 1,3 b_n < b_s \leq 1,5 b_n; \quad (3-49)$$

$$0,7 \text{ nếu } b_s \leq 1,3 b_n.$$

Lực T_0 không được gây ra ứng suất quá lớn trong neo hoặc làm đứt mối hàn.

Để tính bản tựa của neo, cần cắt ra một dải ngang có chiều rộng bằng một đơn vị và xác định mô men uốn trong đó như trong dầm có hai đầu mút thừa (hình 3-11) chịu tải trọng phân bố đều:

$$p = \frac{T_0}{b_n h_n} \quad (3-50)$$

Với neo có một sườn tăng cường:

$$M = \frac{pb_n^2}{8} \quad (3-51)$$

Với neo có hai sườn tăng cường, bố trí sao cho độ võng ở giữa nhịp và đầu mút thừa bằng nhau ($b_1 = 0,56 b_n$ và $b_2 = 0,22 b_n$). Khi đó, mô men uốn tại ngàm mút thừa:

$$M = \frac{pb_n^2}{2} \approx 0,025pb_n^2; \quad (3-52)$$

Kiểm tra ứng suất:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{6M}{l\delta^2} \leq R_u, \quad (3-53)$$

trong đó:

δ - chiều dày bản neo.

R_u - cường độ chịu uốn tính toán của thép làm neo.

Diện tích và mô men chống uốn của mối hàn liên kết neo vào biên dầm được tính theo các công thức:

- nếu neo chỉ được hàn bằng các mối hàn cạnh (xem hình 3-11b):

$$F_h = 2 \times 0,7 h_h c;$$

$$W = \frac{2 \times 0,7 h_h c^2}{6}; \quad (3-54)$$

- nếu neo được hàn bằng các mối hàn cạnh và mối hàn đầu mặt (xem hình 3-11c):

$$F_h = 2 \times 0,7 h_h (c + b_n)$$

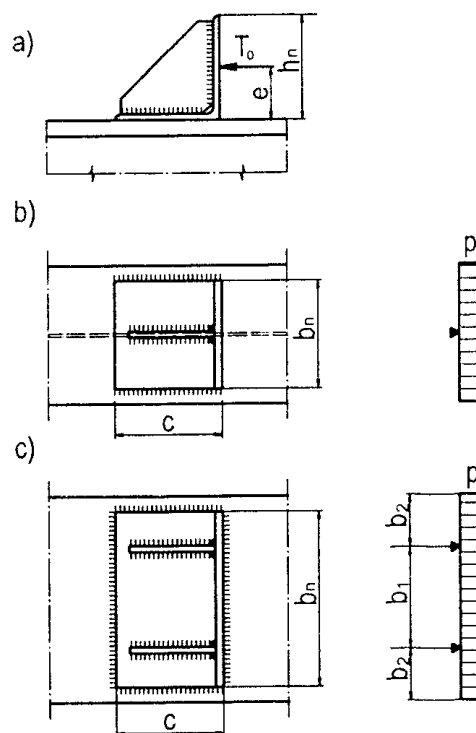
$$W_h = \frac{2 \times 0,7 h_h c^2}{6} + 2 \times 0,7 h_h b_n \frac{c^2}{4} \frac{2}{c} = \frac{2 \times 0,7 h_h c^2}{6} + 0,7 h_h b_n c \quad (3-55)$$

trong đó: $0,7 h_h$ - chiều cao tính toán của đường hàn.

Ứng suất trong mối hàn:

$$\tau_h = \frac{T_0}{F_h} \text{ và } \sigma_h = \frac{T_0 e}{W_h} \quad (3-56)$$

Điều kiện kiểm tra theo ứng suất chính:

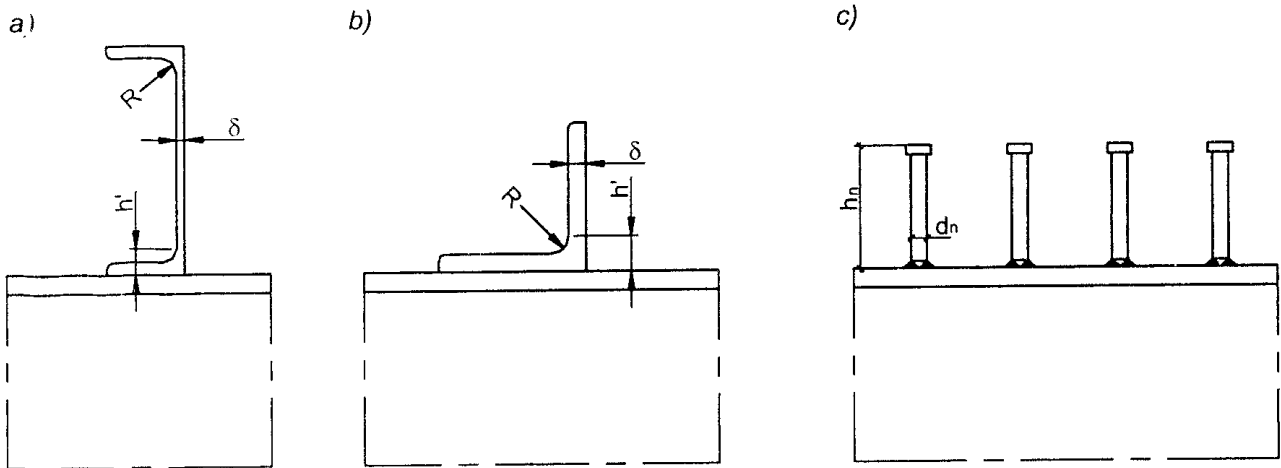


Hình 3-11. Sơ đồ tính toán neo cứng

$$\sigma_{ch} = \frac{\sigma_h}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_h}{2}\right)^2 + \tau_h^2} \leq R_h \quad (3-57)$$

trong đó: R_h - cường độ chịu cắt tính toán của mối hàn.

3.8.3. Tính khả năng chịu lực của neo mềm



Hình 3-12. Một số kiểu neo mềm

Khả năng chịu lực trượt của neo mềm làm bằng thép hình được xác định theo công thức sau:

$$T_0 = 55(h' + 0,5\delta)b_n\sqrt{R_b} \quad (3-58)$$

Đối với neo làm bằng thanh thép tròn

$$T_0 = 24h_nd_n\sqrt{R_{lt}} \quad \text{khi } \frac{h_n}{d_n} < 4,2 \quad (3-59)$$

$$T_0 = 100d_n^2\sqrt{R_{lt}} \quad \text{khi } \frac{h_n}{d_n} > 4,2$$

và $[T_0] \leq 0,63 \times d^2 R_0 \quad (3-60)$

Trong đó:

h' - tổng bán kính cong và bề dày cánh của thép hình, cm

δ - bề dày sườn hình, cm

h_n, d_n chiều dài và đường kính thanh thép tròn.

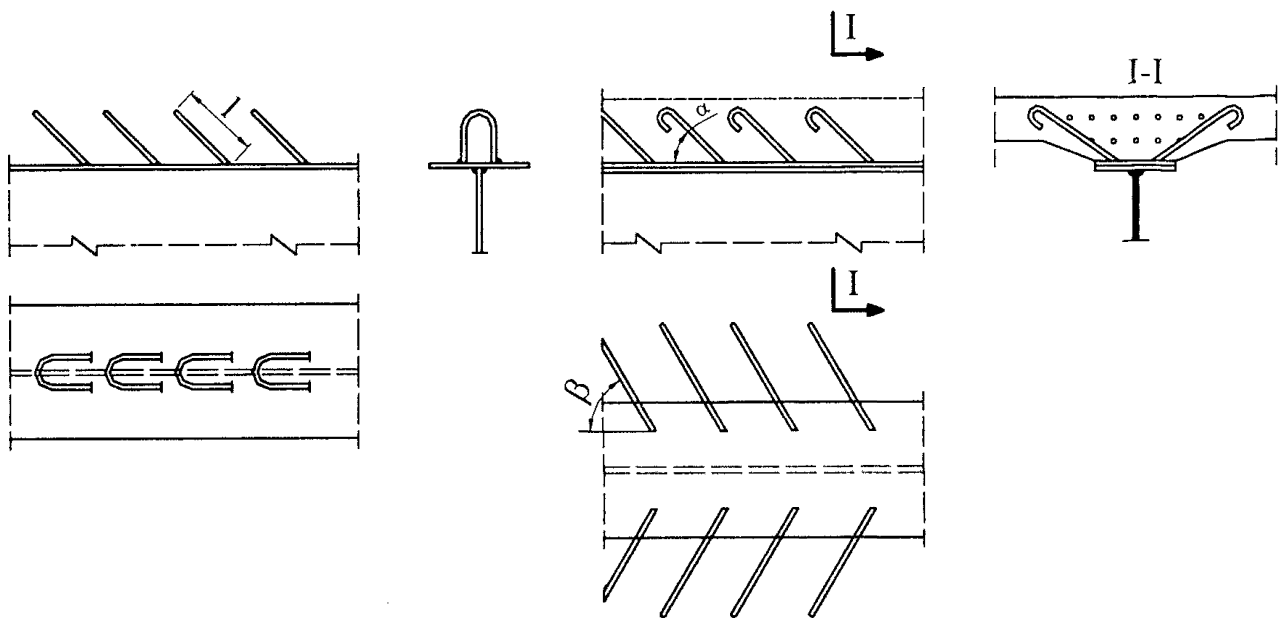
R_0 - cường độ tính toán của thép chịu lực dọc

Một số yêu cầu cấu tạo của neo mềm theo quy trình AASHTO-LRFD 98:

- Tỷ lệ của chiều cao và đường kính của neo đỉnh chịu cắt không được nhỏ hơn 4,0.

- Bước từ tim đến tim của các neo chống cắt không được vượt quá 600mm và không được nhỏ hơn 6 lần đường kính dầm.
- Các neo dầm chống cắt không được đặt gần hơn 4 lần đường kính từ tim đến tim theo phương ngang
- Khoảng cách tính giữa mép của bản cánh trên và mép của neo chống cắt gần nhất (theo phương ngang) không được nhỏ hơn 25mm
- Chiều cao tính của lớp bê tông phủ ở trên các đỉnh của các neo chống cắt không được nhỏ hơn 50mm. Các neo chống cắt cần được chôn sâu ít nhất 50mm vào trong mặt cầu.

3.8.4. Tính khả năng chịu lực của neo cốt thép nghiêng



Hình 3.13. Neo cốt thép nghiêng

Khả năng chịu lực trượt của một neo hoặc một nhánh neo hình quai sanh được lấy bằng trị số nhỏ hơn giữa các trị số xác định theo những công thức sau đây:

$$T_0 = R_t F_t \cos \alpha \cos \beta + 100 d^2 \sqrt{R_{lt}} \sin \alpha \quad (3-61)$$

và
$$T_0 = R_t F_t (\cos \alpha \cos \beta + 0,8 \sin \alpha), \quad (3-62)$$

trong đó:

d và F_t - đường kính và diện tích tiết diện thanh neo, tính bằng cm và cm^2 ;

α - góc nghiêng của neo so với biên dầm trong mặt phẳng của dầm;

β - góc giữa hình chiếu bằng của neo và phương dọc dầm;

R_t và R_{lt} - cường độ tính toán của thép làm neo và cường độ lắng trụ của bê tông, kg/m^2 .

Khi chiều dài neo quai sanh lấy bằng kích thước tối thiểu (xem mục 3.8.1) thì khoảng cách b giữa các nhánh của nó phải đủ lớn để thoả mãn điều kiện bê tông không bị ép mặt quá lớn:

$$b \geq \frac{2R_t F_t}{3,5R_{lt}d}. \quad (3-63)$$

3.8.5. Tính lực trượt giữa bản BTCT và dầm thép do tải trọng

Lực trượt trên một đơn vị chiều dài giữa bản BTCT và dầm thép khi dầm liên hợp chịu uốn dưới tác dụng của các tải trọng thẳng đứng trong giai đoạn 2 được tính theo công thức:

$$T^{II} = \frac{Q^{II} S_{2bt}}{n I_{lh}}; \quad (3-64)$$

$$T^h = \frac{Q^h S_{2bt}}{n I_{lh}}; \quad (3-65)$$

trong đó:

Q^{II}, Q^h - lực cắt tính toán do tĩnh tải phần 2 và hoạt tải gây ra (đã tính ở mục 3.2.3)

S_{2bt} - mô men tĩnh của toàn bộ tiết diện bản hoặc phần bản chịu nén đối với trục trung hoà tiết diện liên hợp (đã tính ở mục 3.3.3)

I_{lh} - mô men quán tính của tiết diện dầm liên hợp;

n - tỉ số mô đun đàn hồi của thép dầm và bê tông bản.

Nếu trong tính toán có xét tới ảnh hưởng từ biến của bê tông và ép sát mối nối, thì lực trượt được xác định dựa trên các giá trị của n và đặc trưng hình học khác nhau của tiết diện liên hợp.

Trường hợp có sử dụng biện pháp điều chỉnh ứng suất thì cần phải tính cả lực trượt do lực xả kích gây ra.

3.8.6. Tính lực trượt lên neo do co ngót và nhiệt độ thay đổi

Do co ngót của bê tông và tác dụng của nhiệt độ thay đổi không đều, tại đầu dầm liên hợp phát sinh lực trượt cục bộ, được xác định như sau:

$$T^c = \sigma_{bt,0}^c F_{bt} - \sigma_{ct}^c F_{ct}; \quad (3-66)$$

$$T^T = \sigma_{bt,0}^T F_{bt} + \sigma_{ct}^T F_{ct}, \quad (3-67)$$

trong đó:

F_{bt} và F_{ct} - diện tích tiết diện bê tông bản và cốt thép dọc đặt trong bản tại tiết diện cách đầu dầm một đoạn có độ dài bằng $\bar{a}$ (hình 3-14) là trị số lớn hơn

giữa 0,7 lần chiều cao toàn bộ của dầm liên hợp, phần chiều rộng tính toán của cánh bản b hoặc c (xem mục 3.3.1);

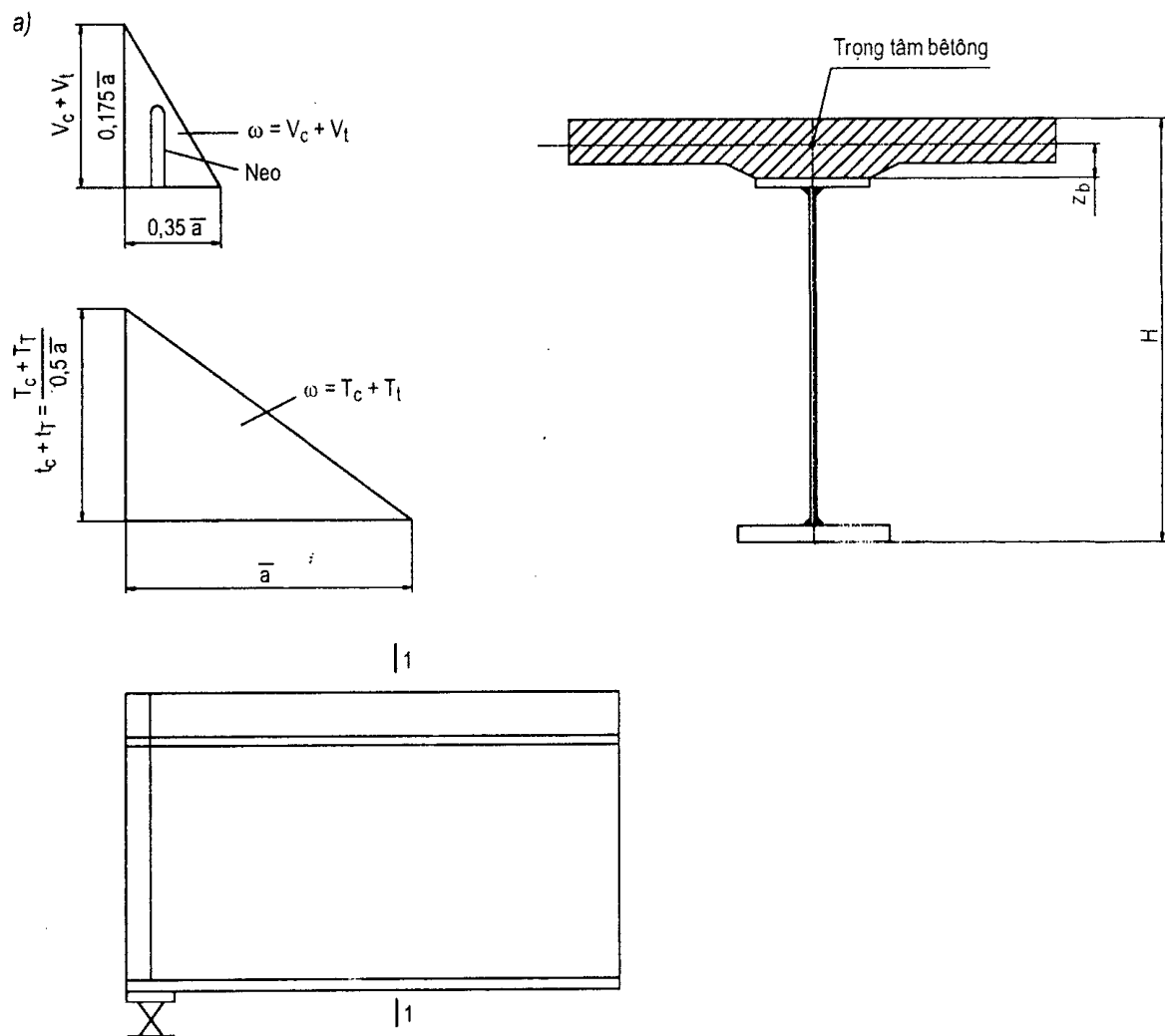
$\sigma_{bt,0}^c$, σ_{ct}^c , $\sigma_{bt,0}^T$, σ_{ct}^T - ứng suất do co ngót và tác dụng của nhiệt độ thay đổi không đều tại trọng tâm bản và trọng tâm cốt thép:

$$\sigma_{bt,0}^c = \varepsilon_c E_h \left[\frac{F_{th}}{F_{lh}} + \frac{F_{th} y_2}{I_{lh}} y_{2bt,0} \right]; \quad (3-68)$$

$$\sigma_{ct}^c = \varepsilon_c E_h \left[\frac{F_{th}}{F_{lh}} + \frac{F_{th} y_2}{I_{lh}} y_{2ct} \right]; \quad (3-69)$$

$$\sigma_{bt,0}^T = \alpha t_{\max} E_b \left[\frac{F_T}{F_{lh}} + \frac{S_T}{I_{lh}} y_{2bt,0} \right]; \quad (3-70)$$

$$\sigma_{ct}^T = \alpha t_{\max} E_b \left[\frac{F_T}{F_{lh}} + \frac{S_T}{I_{lh}} y_{2ct} \right]; \quad (3-71)$$



Hình 3-14. Biểu đồ lực trượt và lực bó ép đầu dầm do co ngót và nhiệt độ thay đổi không đều

$y_{2th.0}$, y_{2ct} - khoảng cách từ trọng tâm bản và cốt thép đến trục trung hoà của tiết diện liên hợp, đã tính được trong mục 3.3.3. Khi lấy các khoảng cách này cần chú ý đến dấu của chúng (về phía dưới trục 2-2 lấy dấu cộng, về phía trên trục 2-2 lấy dấu trừ);

các kí hiệu còn lại, xem mục 3.5.1 và 3.5.2.

Các lực trượt T^c và T^T được coi là phân bố trên chiều dài $\bar{a}$ của đoạn đầu dầm theo biểu đồ hình tam giác (hình 3-14), trong đó tung độ lớn nhất tại đầu bằng $\frac{T^c}{0,5\bar{a}}$ và $\frac{T^T}{0,5\bar{a}}$.

3.8.7. Tính lực bóc tại đầu dầm do co ngót và nhiệt độ thay đổi

Ngoài lực trượt giữa bản và mặt trên dầm thép, ở đầu dầm còn phát sinh lực bóc do co ngót và tác dụng của nhiệt độ thay đổi được không đều (chênh lệch nhiệt độ dương). Lực này được xác định theo công thức:

$$V^c = \frac{2z_b T^c}{a}; \quad (3-72)$$

$$V^T = \frac{2z_b T^T}{a}, \quad (3-73)$$

trong đó: z_b - khoảng cách từ trọng tâm bản đến mặt trên của dầm thép,
các kí hiệu khác, xem mục 3.8.6.

Giả thiết rằng các lực V^c và V^T phân bố theo biểu đồ hình tam giác trên chiều dài $0,35\bar{a}$, nếu $\bar{a}$ lấy bằng b hoặc c (xem hình 3-14) hoặc $0,25\bar{a}$, nếu $\bar{a}$ lấy bằng $0,7$ chiều cao dầm. Tung độ lớn nhất của biểu đồ tương ứng sẽ là $\frac{(V^c + V^T)}{0,175\bar{a}}$ hoặc $\frac{(V^c + V^T)}{0,125\bar{a}}$.

3.8.8. Các tổ hợp tải trọng và yếu tố tác dụng lên neo

Trong kết cấu nhịp giản đơn có tiết diện dầm không thay đổi, chỉ cần xác định lực trượt lên neo tại tiết diện đầu dầm và tiết diện giữa nhịp là có thể bố trí được các neo trên chiều dài dầm. Nếu tiết diện dầm thay đổi thì cần xác định lực trượt tại trước và sau vị trí thay đổi đó.

Tại mỗi tiết diện, cần phải tính 4 tổ hợp sau:

+ Tổ hợp chính thứ nhất: tĩnh tải phân 2, lực xả kích, hoạt tải đứng trên phần dương của đường ảnh hưởng lực cắt.

+ Tổ hợp chính thứ hai: tĩnh tải phần 2, lực xả kích, hoạt tải đứng trên phần âm của đường ảnh hưởng lực cắt.

+ Tổ hợp phụ thứ nhất: tĩnh tải phần 2, lực xả kích, hoạt tải đứng trên phần dương của đường ảnh hưởng lực cắt, chênh lệch nhiệt độ âm ($t_{\max} = -15^{\circ}\text{C}$).

+ Tổ hợp phụ thứ hai: tĩnh tải phần 2, lực xả kích, hoạt tải đứng trên phần âm của đường ảnh hưởng lực cắt, tác dụng của bê tông co ngót và chênh lệch nhiệt độ dương ($t_{\max} = +30^{\circ}\text{C}$).

Khi tính với tổ hợp phụ, hệ số siêu tải của hoạt tải lấy giảm đi 20%.

Nếu lực trượt do tĩnh tải phần 2 và lực xả kích gây ra có cùng dấu với lực trượt do hoạt tải, thì hệ số siêu tải của tĩnh tải n_1 lấy lớn hơn 1, còn nếu khác dấu thì n_1 lấy bằng 0,9.

3.8.9. Bố trí neo trên chiều dài dầm

Sử dụng các kết quả tính toán lực trượt ở mục trên, chọn ra các giá trị bất lợi nhất để vẽ biểu đồ bao lực trượt T trên một nửa chiều dài dầm. Căn cứ vào biểu đồ này và khả năng chịu lực tối đa của một neo T_0 (đã tính được trong 3.8.2 và 3.8.4) để tính ra khoảng cách a giữa các neo:

$$a = \frac{T_0}{T} \quad (3-74)$$

Vì độ lớn của T thay đổi trên chiều dài dầm, nên khoảng cách giữa các neo (bước neo) sẽ thay đổi theo: đầu dầm bước neo dày, vào giữa nhịp bước neo sẽ thưa dần. Để đơn giản, nên chia dầm ra thành một số đoạn, trên mỗi đoạn các neo được bố trí cách đều nhau.

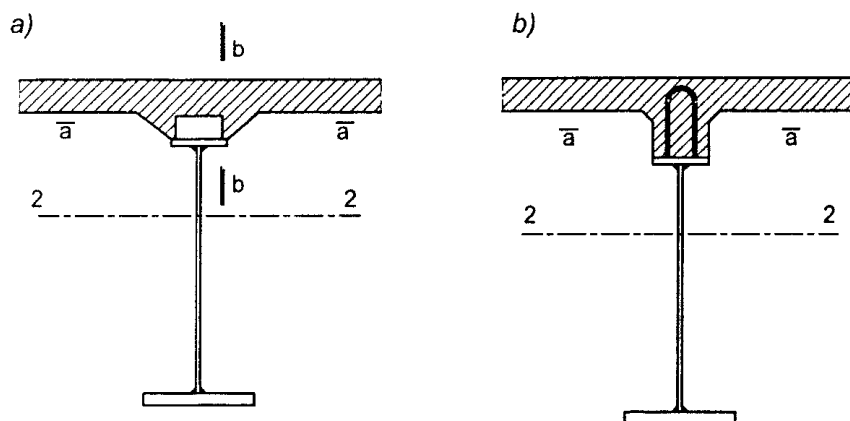
Để tránh lực tập trung lên neo và ứng suất cục bộ quá lớn, khoảng cách giữa các neo cũng không được vượt quá $8h_b$, trong đó h_b - chiều dày trung bình của bản (xem mục 3.3.1).

Mặt khác, bước của neo không được nhỏ hơn $3,5h_n$ (h_n - chiều cao của neo, xem mục 3.8.2) để cho bê tông giữa các neo không bị phá hoại do bị cắt quá lớn.

Để chịu lực bóc ở đầu dầm, có thể bố trí một vài neo quai sanh thẳng đứng. Các neo này được hàn vào dầm thép tại trọng tâm của biểu đồ phân bố lực $V^c + V^T$ (hình 3-14a).

3.8.10. Kiểm tra ứng suất tiếp và ứng suất chính tại thớ liên kết bản vào dầm

Sau khi bố trí neo, cần phải kiểm tra ứng suất cắt và ứng suất chính trong các tiết diện dọc của bản, nằm sát theo đường bao ngang và đứng của neo cứng (thớ nằm ngang a-a và thớ thẳng đứng b-b trên hình 3-15a) hoặc thớ tiếp giáp giữa đáy bản bê tông với mặt trên của dầm thép nếu dùng neo cốt thép nghiêng (thớ a-a, hình 3-15b).



Hình 3-15. Vị trí tính ứng suất tiếp và ứng suất chính tại thớ liên kết bản vào dầm

Tính ứng suất tiếp do lực cắt tiêu chuẩn lớn nhất gây ra:

Tại thớ nằm ngang a-a:

$$\begin{aligned}\tau_1^{\text{II}} &= \frac{Q^{\text{II}} S_{2a}}{n I_{\text{lh}} b_1} \quad (I_{\text{lh}}, S_{2a} \text{ tính với } n = \frac{E_{\text{th}}}{E_b} \text{ hoặc } n = \frac{E_{\text{th}}}{E_h}); \\ \tau_1^{\text{h}} &= \frac{Q^{\text{h}} S_{2a}}{n I_{\text{lh}} b_1} \quad (I_{\text{lh}}, S_{2a} \text{ tính với } n = \frac{E_{\text{th}}}{E_b}); \\ \tau_1 &= \tau_1^{\text{II}} + \tau_1^{\text{h}} \leq R_{\text{kc}}^0,\end{aligned}\tag{3-75}$$

trong đó:

b_1 - bề rộng của phần BTCT tại thớ a-a;

S_{2a} - mô men tĩnh đối với trục 2-2 của phần BTCT nằm phía trên thớ a-a;

R_{kc}^0 - cường độ chịu kéo của bê tông khi duyệt ứng suất chính xem Phụ lục 2 các kí hiệu còn lại đã biết.

Tại thớ thẳng đứng b-b:

$$\begin{aligned}\tau_2^{\text{II}} &= \frac{1,5 Q^{\text{II}} S_{2b}}{n I_{\text{lh}} h_b}; \\ \tau_2^{\text{h}} &= \frac{1,5 Q^{\text{h}} S_{2b}}{n I_{\text{lh}} h_b}; \\ \tau_2 &= \tau_2^{\text{II}} + \tau_2^{\text{h}} \leq R_{\text{kc}}^0,\end{aligned}\tag{3-76}$$

trong đó:

h_b - chiều cao bản BTCT tại thớ b-b;

S_{2b} - mô men tĩnh đối với trục 2-2 của phần BTCT nằm phía ngoài thớ b-b.

Tính ứng suất tiếp và ứng suất pháp tại thớ nằm ngang a-a của tiết diện vừa có lực cắt vừa có mô men uốn tương đối lớn gây ra:

Ứng suất tiếp tính như ở trên.

Công thức tính ứng suất pháp:

$$\begin{aligned}\sigma_l^{\text{II}} &= \frac{M^{\text{II}} y_{2a}}{n I_{lh}} \quad (I_{lh}, y_{2a} \text{ tính với } n = \frac{E_{th}}{E_b} \text{ hoặc } n = \frac{E_{th}}{E_h}); \\ \sigma_l^h &= \frac{M^h y_{2a}}{n I_{lh}} \quad (I_{lh}, y_{2a} \text{ tính với } n = \frac{E_{th}}{E_b}), \\ \sigma_l &= \sigma_l^{\text{II}} + \sigma_l^h,\end{aligned}\tag{3-77}$$

trong đó: y_{2a} - khoảng cách từ trục 2-2 của tiết diện liên hợp đến thớ a-a.

Điều kiện kiểm tra ứng suất chính:

$$\sigma_{ch} = -\frac{\sigma_l}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_l}{2}\right)^2 + \tau_l^2} \leq 0,7 R_k^0,\tag{3-78}$$

trong đó: R_k^0 - cường độ tính toán của bê tông chịu kéo dọc trục xem Phụ lục 2, bảng 7-8.

3.9. TÍNH TOÁN VỀ CẤU TẠO DẦM THÉP

Những tính toán về cấu tạo của dầm thép liên hợp với BTCT phần lớn tương tự như các tính toán dầm thép đơn thuần. Dưới đây sẽ nêu một số đặc điểm của những tính toán đó.

3.9.1. Tính toán liên kết biên dầm vào sườn dầm

Lực trượt dọc truyền từ biên dầm sang sườn dầm (trên một đơn vị chiều dài) có thể tính theo các công thức:

$$\text{do tĩnh tải phần 1:} \quad T^I = \frac{Q^I S_{1b}}{I_{th}};\tag{3-79}$$

$$\text{do tĩnh tải phần 2:} \quad T^{\text{II}} = \frac{Q^{\text{II}} S_{2b}}{I_{lh}} \quad (I_{lh}, S_{2b} \text{ tính với } n = \frac{E_{th}}{E_b} \text{ hoặc } n = \frac{E_{th}}{E_h});\tag{3-80}$$

$$\text{do hoạt tải:} \quad T^h = \frac{Q^h S_{2b}}{I_{lh}} \quad (I_{lh}, S_{2b} \text{ tính với } n = \frac{E_{th}}{E_b});\tag{3-81}$$

$$T = T^I + T^{\text{II}} + T^h,\tag{3-82}$$

trong đó:

I_{1b} , S_{1b} - mô men quán tính của tiết diện dầm thép và mô men tĩnh của biên dầm đối với trục 1-1 (xem mục 3.3.2).

I_{1b} , S_{2b} - mô men quán tính của tiết diện dầm liên hợp và mô men tĩnh của biên dầm đối với trục 2-2 (xem mục 3.3.3).

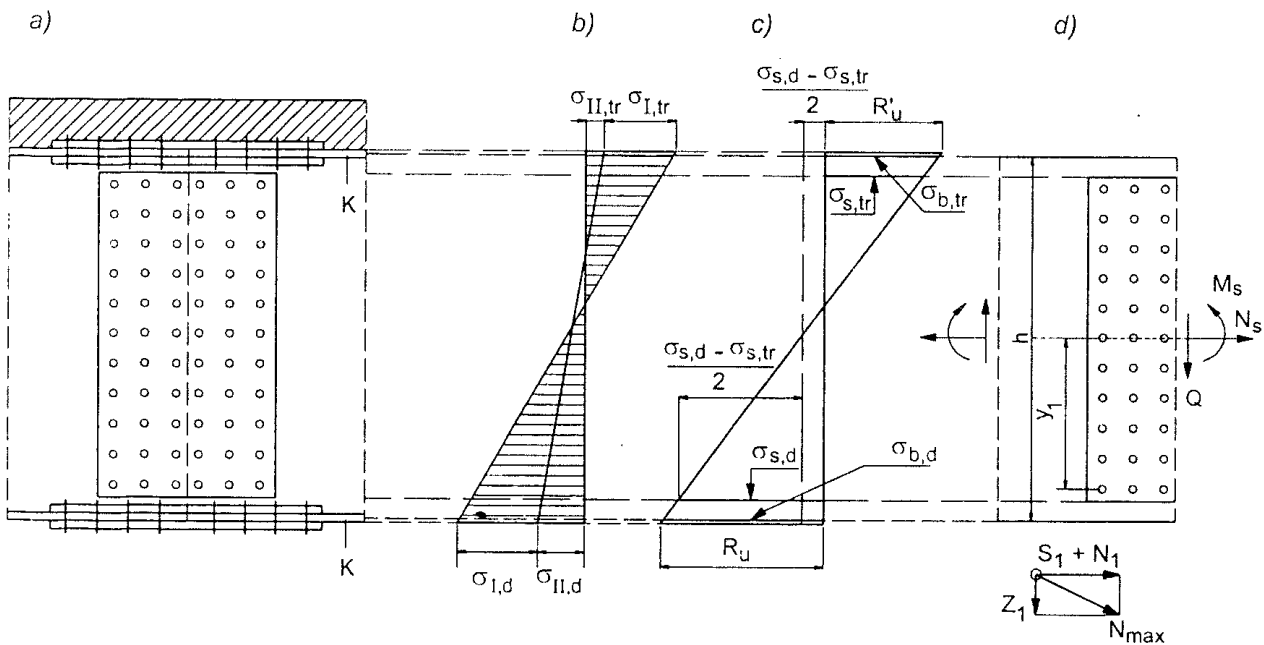
Khi tính lực trượt tại biên trên, S_{1b} và S_{2b} là mô men tĩnh của biên trên. Khi tính lực trượt tại biên dưới, S_{1b} và S_{2b} là mô men tĩnh của biên dưới.

Sau khi xác định được lực trượt trên đơn vị chiều dài đối với biên trên và biên dưới, phân tích toán tiếp theo có thể tiến hành theo cùng một trình tự như khi tính dầm thép đơn thuần (xem mục 2.6.1).

3.9.2. Tính toán mối nối

Mối nối của dầm thép trong cầu thép - BTCT liên hợp có cấu tạo tương tự như mối nối trong cầu thép đơn thuần. Tuy nhiên, do kích thước biên dầm và ứng suất trong biên trên và biên dưới khác nhau, nên kích thước bản nối cũng như số đinh tán (hoặc bu lông) ở mỗi biên có thể không giống nhau.

Trên hình 3-16 trình bày sơ đồ tính tổng quát mối nối tại công trường bằng đinh tán (hoặc bu lông) của dầm hàn (hình 3-16 a). Mối nối dầm tán đinh cũng tính toán tương tự.



Hình 3-16. Để tính toán mối nối dầm thép liên hợp với bản BTCT

Khi tính đặc trưng hình học của tiết diện mối nối, cần kể đến sự giảm yếu của các bản nối do có lỗ đinh tán hoặc bu lông. Mức độ giảm yếu của bản nối biên dầm lấy theo đường kính lỗ đinh và số đinh thực tế bố trí trên một hàng ngang. Mức độ giảm yếu của

sườn dầm có thể lấy gần đúng (khoảng 15%). Tiết diện giảm yếu của bản nối không được nhỏ hơn tiết diện nguyên của phân tố cần nối.

Biểu đồ ứng suất pháp lớn nhất trong tiết diện mỗi nối (hình 3-16b) do tĩnh tải và hoạt tải gây ra được xác định theo những công thức cơ bản về kiểm tra ứng suất đã nêu trong mục 3.4.1.

Giả thiết rằng, ứng suất lớn nhất tại thớ mép dầm thép (ở dưới hoặc ở trên) đạt tới cường độ tính toán R_u , còn thớ kia đạt tới R'_u được lấy theo tỉ lệ. Chẳng hạn, ứng với biểu đồ vẽ trên hình 3-16c thì:

$$R'_u = \frac{\sigma_{I,tr} + \sigma_{II,tr}}{\sigma_{I,d} + \sigma_{II,d}} R_u.$$

Nội lực tính toán trong biên dầm:

$$N_{tr} = \sigma_{b,tr} F_{tr} \text{ và } N_d = \sigma_{b,d} F_d,$$

trong đó:

$\sigma_{b,tr}$ và $\sigma_{b,d}$ - ứng suất tại trọng tâm của các bản nối biên (xác định bằng cách tính tỉ lệ trên biểu đồ trên hình 3-16c);

F_{tr} và F_d - diện tích tiết diện giảm yếu của các bản nối biên.

Số lượng đỉnh tán hoặc bu lông cường độ cao để liên kết chúng (một bên của mỗi nối) được tính theo công thức:

$$n_{tr} = \frac{N_{tr}}{m_2 [S_d]} \text{ và } n_d = \frac{N_d}{m_2 [S_d]}, \quad (3-83)$$

trong đó:

$[S_d]$ - khả năng chịu lực của một đỉnh tán hoặc bu lông (xem mục 2.6.1);

m_2 - hệ số điều kiện làm việc, bằng 1,0 đối với biên chịu nén, và 0,9 đối với biên chịu kéo.

Biểu đồ ứng suất ở sườn dầm có tính chất của biểu đồ khi nén lệch tâm, do mô men uốn M_s và lực dọc N_s gây ra. Từ biểu đồ trên hình 3-16c có thể xác định được các trị số của chúng:

$$M_s = \frac{\sigma_{s,d} + \sigma_{s,tr}}{2} \cdot \frac{I_s}{0,5h_s};$$

$$N_s = \frac{\sigma_{s,d} - \sigma_{s,tr}}{2} \cdot F_s,$$
(3-84)

trong đó:

$\sigma_{s,d}$ và $\sigma_{s,tr}$ - ứng suất ở mép dưới và mép trên của sườn dầm;

h_s , F_s và I_s - lần lượt là chiều cao, diện tích và mô men quán tính đã trừ giảm yếu của sườn dầm;

$$F_s = 0,85 \delta h_s ; \quad I_s = 0,85 \delta \frac{h_s^3}{12}. \quad (3-85)$$

Để thêm an toàn, có thể coi các đỉnh tán (hoặc bu lông) của mỗi sườn dầm chịu toàn bộ lực cắt Q tác dụng tại mỗi nối.

Trên hình 3-16d thể hiện một nửa bản nối của mỗi nối sườn dầm với các lực tác dụng M_s , N_s , Q .

Lực tác dụng lên mỗi đỉnh do lực dọc và lực cắt:

$$S_l = \frac{N_s}{k}; \quad Z = \frac{Q}{k}, \quad (3-86)$$

trong đó: k - số đỉnh tán trên $1/2$ mỗi nối.

Lực tác dụng lên đỉnh tán ngoài cùng do mô men uốn:

$$N_l = \frac{M_s y_{\max}}{n \sum y_k^2}, \quad (3-87)$$

trong đó:

y_k và $y_{\max}$ - khoảng cách từ trục trung hoà của mỗi nối sườn đến các hàng đỉnh và đến hàng đỉnh xa nhất;

n - số hàng thẳng đứng trên một nửa bản nối.

Tổng hợp lực tác dụng lên đỉnh làm việc nặng nhất (xem hình 3-16d):

$$N_{\max} = \sqrt{(S_l + N_l)^2 + Z^2} \leq [S_d]. \quad (3-88)$$

3.10. TÍNH ĐỘ VÔNG CỦA KẾT CẤU NHỊP

Độ võng của cầu dầm thép liên hợp với bản BTCT sẽ tăng dần theo thời gian do ảnh hưởng của bê tông bị biến dạng dẻo.

Nếu không làm trụ tạm để điều chỉnh ứng suất thì độ võng do tĩnh tải phần 1 tiêu chuẩn được tính theo công thức:

$$f_l = \frac{5g_l l^4}{384E_{th}I_{th}} \left[1 + \frac{3}{25} \cdot \frac{I_{th} - I_{0,th}}{I_{0,th}} \right], \quad (3-89)$$

trong đó:

I_{th} và $I_{0,th}$ - mô men quán tính của tiết diện dầm thép tại giữa nhịp và tại gối.

g_l - cường độ phân bố đều của tĩnh tải phần 1 (kể cả tải trọng ván khuôn).

Khi có bố trí trụ tạm nhưng chưa kích dầm thì độ võng nói trên bằng không. Dưới tác dụng của lực điều chỉnh Δ_R (xem mục 3.4.2), dầm thép sẽ võng lên một đoạn:

$$f_1 = \frac{5\Delta_R l^3}{48E_{th}I_{th}} \left[1 + \frac{3}{25} \cdot \frac{I_{th} - I_{0,th}}{I_{0,th}} \right]. \quad (3-90)$$

Độ võng do tĩnh tải phần 2 tiêu chuẩn, lực xả kích, tháo dỡ trụ tạm và ván khuôn được tính theo công thức:

$$f_2 = \left[\frac{5(g_2 - g_v)l^4}{384E_{th}I_{lh}} + \frac{5(R + \Delta_R)l^3}{48E_{th}I_{lh}} \right] \cdot \left[1 + \frac{3}{25} \cdot \frac{I_{lh} - I_{0,lh}}{I_{0,lh}} \right], \quad (3-91)$$

trong đó: I_{lh} và $I_{0,lh}$ - mô men quán tính của tiết diện liên hợp tại giữa nhịp và tại gối tính với $n = \frac{E_{th}}{E_h}$;

các kí hiệu khác xem ở mục 3.2.3 và 3.4.2.

Độ võng do bê tông bản co ngót f_c có thể tính trên cơ sở sử dụng công thức xác định ứng suất đã nêu trong mục 3.5.2. Nếu $\sigma_{th,tr}^c$ và $\sigma_{th,d}^c$ là giá trị tuyệt đối của các ứng suất tại thớ trên và thớ dưới, thì độ cong của dầm thép do co ngót bê tông sẽ là:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\sigma_{th,tr}^c + \sigma_{th,d}^c}{hE_{th}}, \quad (3-92)$$

trong đó: h - chiều cao tiết diện dầm thép.

Coi như độ cong không thay đổi trên chiều dài dầm, ta được:

$$f_c = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{l^2}{8}. \quad (3-93)$$

Độ võng do hoạt tải được tính theo công thức:

$$f_1 = \frac{5M^h}{48E_{th}I_{lh}} \left[1 + \frac{3}{25} \cdot \frac{I_{lh} - I_{0,lh}}{I_{0,lh}} \right], \quad (3-94)$$

trong đó:

M^h - mô men uốn tiêu chuẩn do hoạt tải gây ra giữa nhịp dầm;

I_{lh} và $I_{0,lh}$ - mô men quán tính của tiết diện liên hợp tại giữa nhịp và tại gối tính

với $n = \frac{E_{th}}{E_b}$.

Các quy định về độ võng giới hạn và cách tính độ võng ngược tương tự như đối với cầu dầm thép đơn thuần (đã được giới thiệu trong mục 2.8).

Phần 4

CẦU GIÀN THÉP

4.1. CHỌN SƠ ĐỒ VÀ KÍCH THƯỚC CƠ BẢN CỦA KẾT CẤU NHỊP

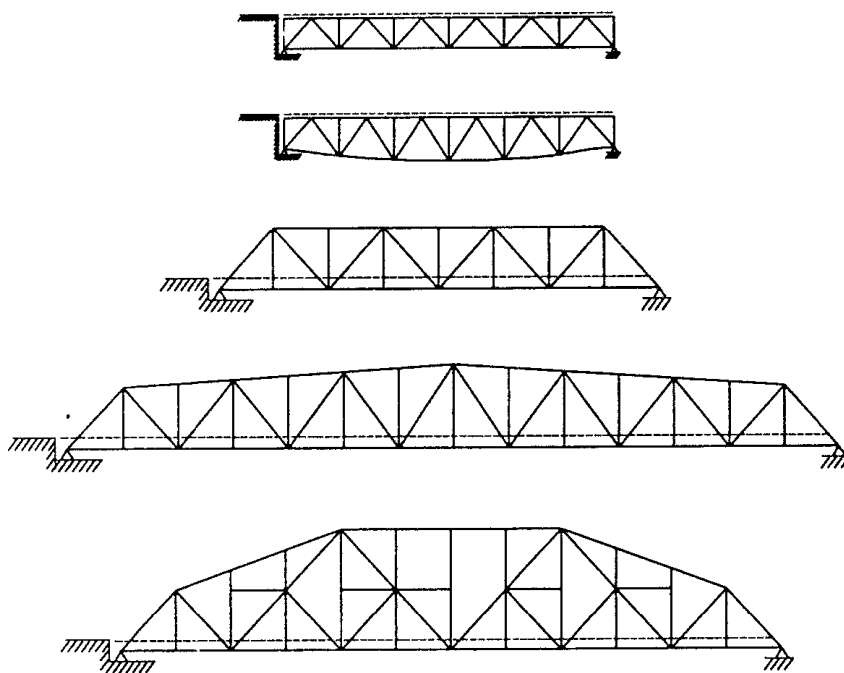
Kết cấu nhịp giàn thép gồm có: các giàn chủ, hệ mặt cầu (dầm dọc, dầm ngang, bản mặt cầu phân xe chạy, đường người đi) và hệ thống liên kết.

Để chọn sơ đồ và kích thước cơ bản của kết cấu nhịp phải căn cứ vào chiều dài nhịp tính toán, khổ đường xe chạy và tải trọng thiết kế.

4.1.1. Sơ đồ kết cấu nhịp

Nếu như nhịp tính toán không lớn lắm và điều kiện địa hình cho phép thì có thể dùng kết cấu nhịp có đường xe chạy bố trí ở biên trên của giàn. Còn khi cao độ đáy giàn (hay chiều cao kiến trúc) bị hạn chế, cũng như đối với các cầu có nhịp tương đối lớn thì thường áp dụng kết cấu có đường xe chạy bố trí ở biên dưới của giàn.

Tùy thuộc vào tải trọng thiết kế và chiều dài nhịp, có thể chọn một trong các sơ đồ giàn chủ thuộc hệ thống giản đơn ghi ở bảng 4-1 và giới thiệu trên hình 4-1.



Hình 4-1. Các sơ đồ cầu giàn.

Bảng 4-1

Cầu có đường xe chạy	Tải trọng	Chiều dài nhịp, m	Sơ đồ giàn chủ
trên	ô tô	50 - 80	Giàn tam giác có hai biên song song
	xe lửa	50 - 80	Giàn tam giác có biên song song hoặc biên dưới đa giác
dưới	ô tô và xe lửa	5 - 100	Giàn tam giác có hai biên song song
		100 - 120	Giàn tam giác có biên trên đa giác
		> 120	Giàn tam giác có phân nhỏ và biên trên đa giác

4.1.2. Số lượng và khoảng cách giữa các giàn chủ

Cầu có đường xe chạy dưới bố trí hai giàn chủ với khoảng cách giữa chúng lớn hơn khổ đường xe chạy $1,0 \div 1,5m$ để kể đến phần đá vữa và bề rộng của các thanh giàn.

Cầu có đường xe chạy trên có thể bố trí hai giàn chủ cách nhau $5 \div 7m$ hoặc nhiều giàn chủ cách nhau $2,5 \div 4,0m$.

4.1.3. Chiều cao giàn chủ

Chiều cao giàn có thể chọn theo kinh nghiệm. Tỷ số chiều cao trên chiều dài nhịp tính toán của giàn thường nằm trong phạm vi dưới đây:

+ khi biên song song $\frac{h}{l} = \frac{1}{7} \div \frac{1}{10};$

+ khi biên đa giác $\frac{h}{l} = \frac{1}{5,5} \div \frac{1}{8};$

+ cầu xe lửa thiên về trị số lớn, cầu ô tô thiên về trị số nhỏ.

+ cầu có đường xe lửa chạy trên mà có nhiều giàn chủ thì lấy chiều cao nhỏ hơn cả trị số nêu trên.

Với cầu có đường xe chạy dưới, khi chọn h phải chú ý sao cho bảo đảm chiều cao tĩnh không của phần xe chạy H , sơ bộ có thể lấy:

$$h \geq H + h_{\text{dng}} + h_{\text{mc}} + h_{\text{cc}}, \quad (4-1)$$

trong đó:

h_{dng} - chiều cao dầm ngang, trong cầu ô tô thường bằng $\left(\frac{1}{7} \div \frac{1}{12}\right)B$; cầu xe lửa

bằng: $\left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{10}\right)B$, chú ý rằng khi khoảng giàn d càng dài thì h_{dng} càng phải cao;

h_{mc} - chiều cao bản mặt cầu và các lớp mặt đường trên cầu, có thể lấy 32÷36cm đối với cầu ô tô và cầu xe lửa có tà vẹt kê trực tiếp lên dầm dọc, hoặc 80÷100cm đối với cầu xe lửa có máng đá dầm;

h_{cc} - chiều cao cổng cầu, tùy hình thức cấu tạo: cầu ô tô $h_{cc} = (0,15 \div 0,30)B$; cầu xe lửa $h_{cc} = (0,4 \div 0,60)B$.

4.1.4. Chiều dài khoang giàn

Chọn sao cho góc nghiêng α của các thanh xiên so với phương ngang ở trong khoảng 45÷60°; mỗi nhịp nên có 8÷10 khoang, chú ý rằng chiều dài khoang d và chiều cao h nên lấy bội số của 0,5m.

4.1.5. Cấu tạo hệ mặt cầu

Các dầm ngang bố trí tại nút giàn chủ, sơ bộ chọn chiều cao như đã nói ở trên. Các dầm dọc, bản mặt cầu, đường người đi trong cầu ô tô và cầu xe lửa, trong cầu đi trên và đi dưới có cấu tạo khác nhau.

4.1.5.1. Cầu ô tô

Các dầm dọc đặt cách nhau từ 1,2 đến 1,8m, chiều cao khoảng 1/8 đến 1/15 chiều dài khoang giàn, nên lấy thấp hơn dầm ngang khoảng 35 đến 40cm để đủ cấu tạo vai kê.

Bản phần xe chạy bằng bê tông cốt thép kê tự do hoặc liên hợp với dầm dọc.

Trong cầu có đường xe chạy dưới, đường người đi bố trí ở hai phía ngoài giàn chủ, còn trong cầu đi trên, đường người đi bố trí ở phần bản mút thừa như trong cầu bê tông cốt thép.

4.1.5.2. Cầu xe lửa

Mỗi đường xe lửa có hai dầm dọc, khoảng cách giữa chúng rộng hơn khoảng cách giữa hai đường ray từ 50÷80cm. Chiều cao dầm dọc khoảng 1/6÷1/10 chiều dài khoang giàn và nên bằng chiều cao dầm ngang để có thể liên kết đồng mức bằng hai bản con cá trên và dưới.

Mặt cầu có thể cấu tạo kiểu tà vẹt gỗ đặt trực tiếp hoặc có máng đá dầm.

Đường người đi rộng 1m để phục vụ công nhân đi lại sửa chữa cầu và đặt các thiết bị, máy móc sửa chữa khi cần thiết.

4.1.6. Cấu tạo hệ liên kết

Gồm có liên kết dọc trên, hệ liên kết dọc dưới và hệ liên kết ngang.

Hệ liên kết dọc có thể có cấu tạo sơ đồ giàn tam giác hoặc giàn hai thanh chéo. Khi khoảng cách giữa hai giàn chủ khá lớn so với chiều dài khoang thì có thể dùng sơ đồ giàn kiểu chữ “K”.

Khoang của hệ liên kết dọc thường trùng với khoang giàn chủ. Các hệ liên kết ngang bố trí trong một mặt phẳng các thanh đứng hoặc thanh xiên của giàn chủ. Hai đầu giàn có công cầu.

Trong cầu xe lửa cần có cấu tạo liên kết truyền lực hãm.

4.2. THIẾT KẾ PHẦN MẶT CẦU

Bản mặt cầu bê tông cốt thép được kê lên các dầm dọc, dầm ngang của hệ mặt cầu được tính như trong cầu bê tông cốt thép, ở đây không nhắc lại mà chỉ trình bày cách tính toán dầm dọc, dầm ngang.

4.2.1. Xác định nội lực trong dầm dọc của cầu ô tô

Tải trọng tác dụng lên dầm dọc gồm có:

+ tính tải các lớp mặt đường $q_{cl} (T/m^2)$;

+ tính tải bản bê tông cốt thép mặt cầu $q_{mc}(T/m^2)$;

giá trị của chúng phụ thuộc vào kết cấu mặt đường và kích thước của bản mặt cầu;

+ trọng lượng bản thân dầm dọc g_{dd} sơ bộ có thể lấy : $0,1 \div 0,12 (T/m)$.

Tính tải tổng cộng tác dụng lên 1m dài dầm dọc có xét đến các hệ số siêu tải được viết như sau:

$$g_t = (1,5 q_{cl} + 1,1 q_{mc})b + 1,1 g_{dd} \quad (4-2)$$

trong đó : b - khoảng cách giữa các dầm dọc đối với các dầm dọc ở giữa và là nửa khoảng cách giữa các dầm dọc cộng với chiều dài đoạn nút thừa của bản mặt cầu đối với dầm dọc biên.

Thông thường, liên kết giữa các dầm dọc tương đối yếu, nên áp lực của hoạt tải truyền lên dầm dọc được tính theo nguyên tắc đòn bẩy, đường ảnh hưởng áp lực có dạng tam giác.

Xếp xe lên phương ngang cầu sẽ tính được hệ số phân phối ngang.

$$\eta = 0,5 \sum y_i . \quad (4-3)$$

Nếu dầm dọc là gián đoạn tại vị trí liên kết vào dầm ngang thì tính toán như dầm một nhịp giản đơn có nhịp tính toán bằng khoảng cách d giữa các dầm ngang.

Mô men uốn tính toán tại tiết diện giữa nhịp dầm dọc, lực cắt tại gối và lực cắt giữa nhịp được xác định theo công thức:

$$S_0 = g_l \Omega + n_h (1 + \mu) \eta \sum P_i y_i; \quad (4-4)$$

hoặc
$$S_0 = g_l \Omega + n_h (1 + \mu) \eta k \Omega_h$$

trong đó:

Ω và Ω_h - diện tích toàn bộ và diện tích riêng phần dương của đường ảnh hưởng;
 k - tải trọng tương đương của ô tô, xe đặc biệt hoặc xe xích tương ứng với phần đường ảnh hưởng Ω_h ;

P_i - trị số tải trọng tập trung tác dụng lên trục thứ i khi xếp xe lên đường ảnh hưởng;

y_i - tung độ đường ảnh hưởng dưới tải trọng P_i ;

$n_h = 1,4$ đối với tải trọng ô tô; $1,1$ đối với tải trọng xe đặc biệt và xe xích;

$(1 + \mu)$ - lấy theo phần Chỉ dẫn chung với $\lambda = d$.

Để tính mômen, phải xác định S_{0max}^{tc} (do tĩnh tải và ô tô) và S_{0min}^{tc} (chỉ do tĩnh tải). Khi đó các hệ số siêu tải của hoạt tải lấy bằng 1.

Nếu dầm dọc là kết cấu hoàn toàn liên tục, chẳng hạn khi dầm dọc đặt chồng lên dầm ngang, thì trước tiên tính như dầm giản đơn, sau đó nhân với các hệ số kể đến sự làm việc liên tục của dầm.

4.2.2. Xác định nội lực trong dầm dọc của cầu xe lửa

Tính tải tác dụng lên một dầm:

+ trọng lượng ray và tà vẹt hoặc có cả máng đá dầm g_{mc} (T/m);

+ trọng lượng bản thân dầm dọc và hệ liên kết của nó g_{dd} , sơ bộ có thể lấy $0,12 \div 0,20$ (T/m).

Hoạt tải được tính với hệ số phân phối ngang $\eta = 0,5$.

Các hệ số siêu tải của tĩnh tải và hoạt tải cũng như hệ số xung kích lấy theo phần Chỉ dẫn chung.

Nội lực trong dầm dọc cũng được xác định theo công thức (4-4), trong đó cần chú ý:

$$g_l = n_{l1} g_{mc} + n_{l2} g_{dd} \quad (4-5)$$

ở đây: n_{l1} và n_{l2} - các hệ số siêu tải của tĩnh tải mặt cầu và bản thân dầm dọc.

4.2.3. Xác định nội lực trong dầm ngang của cầu ô tô

Nói chung, dầm ngang được liên kết bằng đinh tán hoặc bu lông vào bản nút của giàn chủ thông qua các thép góc liên kết. Liên kết này dễ bị xoay nên dầm ngang được tính theo sơ đồ dầm giản đơn có nhịp tính toán bằng khoảng cách B giữa tim các giàn chủ.

Dù bản mặt cầu có kê trực tiếp lên dầm ngang hay không, khi tính toán vẫn xem như tải trọng thẳng đứng truyền lên dầm ngang thông qua các dầm dọc.

Tính tải gồm có: trọng lượng các lớp mặt đường, bản mặt cầu, trọng lượng các dầm dọc và của bản thân dầm ngang.

Khi các dầm dọc đặt tương đối gần nhau (cũng như khi không có dầm dọc), tính tải nói trên được coi là phân bố đều theo chiều dài dầm ngang và có giá trị như sau:

$$g_t = g_t^{dd} \frac{d}{b} + 1,1 g_{dng}, \quad (4-6)$$

trong đó :

g_t^{dd} - tính tải tính toán phân bố trên dầm dọc, tính theo công thức (4-2);

g_{dng} - trọng lượng bản thân dầm ngang, sơ bộ có thể lấy $0,15 \div 0,20$ (T/m);

b - khoảng cách giữa các dầm dọc;

d - khoảng cách giữa các dầm ngang.

Khi dầm dọc đặt thưa thì trọng lượng của mặt đường, bản mặt cầu và dầm dọc truyền lên dầm ngang được coi là các lực tập trung, giá trị của chúng bằng:

$$P_i = g_t^{dd} d. \quad (4-7)$$

Còn tải trọng bản thân dầm ngang vẫn là phân bố đều:

$$g_t = 1,1 g_{dng}. \quad (4-8)$$

Để tính được hoạt tải truyền lên dầm ngang, cần vẽ đường ảnh hưởng áp lực lên dầm ngang. Đường này có dạng tam giác, chiều dài $\lambda = 2d$, đỉnh ở giữa có tung độ bằng 1.

Áp lực do một dãy bánh xe đứng trong phạm vi hai khoang kề bên dầm ngang tính được bằng cách xếp xe lên đường ảnh hưởng hoặc tra bảng tải trọng tương đương.

$$A = 0,5(1 + \mu) \sum P_i y_i; \quad (4-9)$$

hoặc $A = 0,5(1 + \mu) k \Omega,$

trong đó: $(1+\mu)$ lấy với chiều dài đặt tải $\lambda = 2d$.

Để xác định nội lực trong dầm ngang, trước tiên phải vẽ đường ảnh hưởng lực cắt tại gối và mô men uốn tại tiết diện:

+ giữa nhịp dầm ngang nếu các dầm dọc bố trí dày hoặc các dầm dọc bố trí thưa với số lượng dầm là lẻ;

+ ứng với vị trí có dầm dọc đặt gần giữa nhịp dầm ngang nhất nếu số dầm dọc là chẵn và thưa.

Nội lực trong dầm ngang sẽ có được bằng cách chất tải và xếp các áp lực A nói trên theo các vị trí bất lợi lên đường ảnh hưởng.

$$S_0 = g_t \Omega + \sum P_t y_t + n_h A \sum y_i, \quad (4-10)$$

trong đó:

Ω - diện tích đường ảnh hưởng;

y_t và y_i - tung độ đường ảnh hưởng ứng với vị trí các dầm dọc và điểm đặt lực A.

Để kiểm tra ứng suất tương đương trong dầm ngang, cần phải xác định nội lực tính toán tại các tiết diện có M và Q đều lớn, thường là các tiết diện có dầm dọc liên kết vào. Tại đó cần vẽ đường ảnh hưởng M và đường ảnh hưởng Q và tính với hai trường hợp đặt hoạt tải:

+ đặt theo $M_{\max}$ và Q tương ứng (cùng một thể tải gây ra);

+ đặt theo $Q_{\max}$ và M tương ứng.

Nếu cầu có nhiều làn xe và $2d \geq 25m$ thì trong số hạng thứ 3 của công thức (4-10) phải xét thêm hệ số làn xe β (xem phần Chỉ dẫn chung).

Khi xếp hoạt tải trên dầm ngang cần chú ý đảm bảo các quy định về khoảng cách tối thiểu giữa các làn xe cũng như từ bánh xe ngoài cùng đến mép đá vữa.

Giá trị nội lực tính toán sẽ là trị số lớn hơn khi xếp xe ô tô và khi xếp xe đặc biệt hoặc xe xích.

Để tính mỗi, cần phải xác định $S_{0\max}^{lc}$ (do tĩnh tải và ô tô) và $S_{0\min}^{lc}$ (chỉ do riêng tĩnh tải). Khi đó trong các công thức thức trên, các hệ số siêu tải không đưa vào.

Nếu cầu có dầm ngang kê lên nhiều giàn chủ (thường gặp trong cầu có đường xe chạy trên), thì nội lực trong dầm ngang phải xác định theo sơ đồ dầm liên tục trên các gối đàn hồi.

4.2.4. Xác định nội lực trong dầm ngang của cầu xe lửa

Trong cầu có một đường xe lửa, do vị trí đường ray là cố định và đối xứng nên việc tính toán khá đơn giản. Sơ đồ tính là dầm giản đơn có nhịp tính toán bằng khoảng cách B giữa các giàn chủ

Tĩnh tải của mặt cầu và dầm dọc tác dụng lên dầm ngang là hai lực tập trung P_t :

$$P_t = g_t^{dd} d, \quad (4-11)$$

trong đó:

g_t^{dd} tính theo công thức (4-5);

d - khoảng cách giữa các dầm ngang.

Tải trọng bản thân dầm ngang phân bố đều trên chiều dài:

$$g_t = 1,1 \, g_{dng} , \quad (4-12)$$

trong đó: g_{dng} có thể sơ bộ lấy 0,18-0,30 (T/m).

Áp lực hoạt tải tác dụng lên dầm ngang xác định tương tự như trong cầu ô tô:

$$A = 0,5 \, n_h (1 + \mu) \sum P_i y_i , \quad (4-13)$$

Ở đây: n_h và $(1 + \mu)$ lấy với chiều dài đặt tải $\lambda = 2d$.

Mô men uốn tại giữa nhịp dầm ngang được tính theo công thức:

$$M_{l/2} = g_t \frac{B^2}{8} + (P + A) \frac{B-b}{2} . \quad (4-14)$$

Mô men uốn tại tiết diện có dầm dọc kê lên (chỗ cần tính ứng suất tương đương):

$$M_d = g_t \frac{B^2 - b^2}{8} + (P_t + A) \frac{B-b}{2} . \quad (4-15)$$

Lực cắt tại gối dầm ngang:

$$Q_g = g_t \frac{B}{2} + P_t + A. \quad (4-16)$$

Lực cắt tại tiết diện có dầm dọc kê lên:

$$Q_d = g_t \frac{b}{2} + P_t + A. \quad (4-17)$$

Các ký hiệu ở trên đây đều đã biết.

Để tính mỗi, cần xác định các giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của các nội lực nói trên do tải trọng tiêu chuẩn gây ra.

4.2.5. Chọn tiết diện và kiểm tra cường độ của dầm dọc, dầm ngang

Các dầm dọc, dầm ngang thường dùng tiết diện chữ I, khi nhịp của dầm nhỏ, tải trọng nhẹ có thể dùng dầm I cán sẵn. Khi nhịp lớn hơn thì dùng dầm I tán ghép hoặc hàn ghép.

Các quy định về cấu tạo tiết diện dầm, trình tự chọn các thành phần của tiết diện, Nội dung kiểm tra cường độ tương tự như đối với dầm chủ của cầu dầm, xem các mục 2.3.2 ÷ 2.3.6 và 2.4.3.

Sau đây là một số điểm cần chú ý:

- + Chiều cao dầm không nhất thiết phải tính toán như mục 2.3.1 mà lấy theo mục 4.1.5.
- + Chỉ cần tính toán kiểm tra ứng suất tương đương đối với dầm ngang.
- + Khi chọn tiết diện dầm dọc, dầm ngang, cần dự kiến trước hình thức cấu tạo liên kết dầm dọc vào dầm ngang và dầm ngang vào giàn chủ.

4.2.6. Tính toán liên kết biên dầm vào sườn dầm

Việc tính toán liên kết biên dầm vào sườn dầm được thực hiện như ở mục 2.6.1. Tuy nhiên, khi tính liên kết giữa biên dầm và sườn dầm đối với dầm ngang không có thành phần lực thẳng đứng V do tải trọng cục bộ của bánh xe.

4.2.7. Một số quy định để đảm bảo ổn định của dầm dọc và dầm ngang

Đối với các dầm dọc và dầm ngang nên bố trí hệ liên kết dọc và ngang (xem mục 2.7) cũng như bố trí các sườn tăng cường (xem mục 2.5) sao cho không cần phải kiểm tra ổn định chung cũng như ổn định cục bộ. Ở đây cần chú ý rằng chiều dài tự do của biên dầm ngang lấy theo giá trị lớn hơn giữa hai trị số:

- + khoảng cách giữa các dầm dọc;
- + khoảng cách từ tim giàn chủ đến dầm dọc gần nhất.

4.2.8. Tính toán liên kết dầm dọc vào dầm ngang và dầm ngang vào giàn chủ

Thông thường, khi dầm dọc, dầm ngang là dầm tán ghép, mối liên kết cũng dùng đinh tán. Nếu sử dụng dầm hàn hay dầm I cán sẵn, mối liên kết có thể dùng bu lông cường độ cao hoặc tán đinh.

Khi tính toán mối liên kết cần chú ý đến tính chất làm việc của đinh tán hoặc bu lông: nếu là đinh tán thì chịu cắt một mặt hay hai mặt, nếu là bu lông cường độ cao thì có một hay hai mặt phẳng chịu ma sát, ngoài ra phải phân biệt giữa đinh được tán ở nhà máy hay tán ở công trường.

Nói chung, các mối liên kết được tính toán theo cường độ, khi cần thiết cũng cần được tính theo mô men.

Lực tác dụng lên liên kết dầm dọc vào dầm ngang gồm có:

- + mô men uốn tại gối dầm dọc M_g lấy bằng 0,6 lần mô men uốn giữa nhịp;
- + phản lực thẳng đứng (bằng lực cắt Q) tại gối của dầm dọc.

Tại liên kết dầm ngang vào giàn chủ chỉ có phản lực thẳng đứng (bằng lực cắt Q) tại gối dầm ngang.

4.2.8.1. Liên kết dầm dọc và dầm ngang có chiều cao bằng nhau

Toàn bộ mô men uốn tại gối dầm dọc do hai bản con cá trên và dưới chịu. Lực cắt Q sẽ do các thép góc liên kết ở sườn dầm chịu (xem hình 4-2).

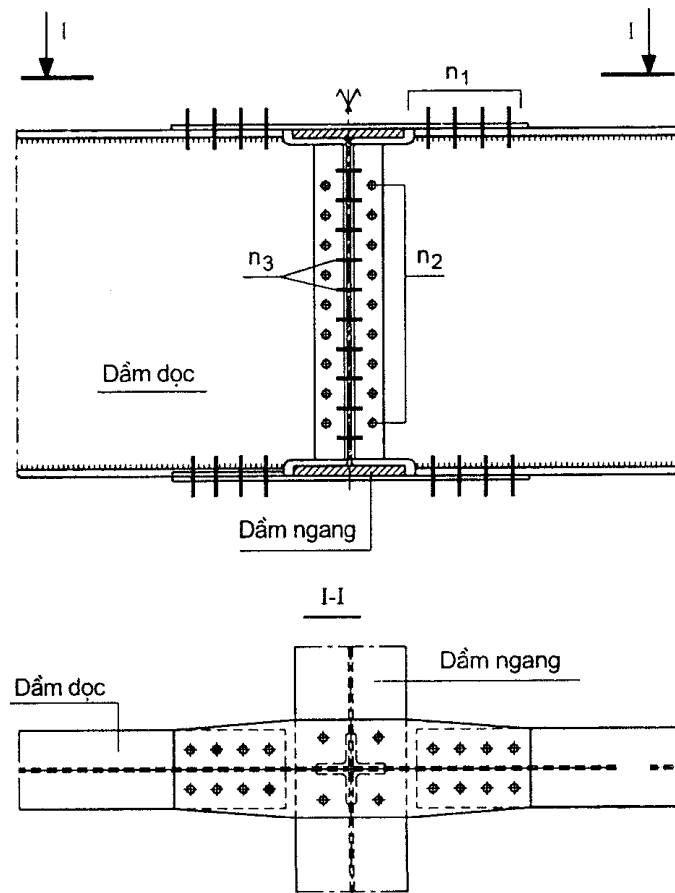
Nội lực trong các bản cá:

$$S = \frac{M_g}{h + \delta}, \quad (4-18)$$

trong đó:

h - chiều cao của dầm dọc (cũng là của dầm ngang);

δ - bề dày bản con cá (thường lấy chừng 2cm).



Hình 4-2. Liên kết dầm dọc và dầm có chiều cao bằng nhau

Cần kiểm tra ứng suất trong bản con cá theo công thức:

$$\sigma = \frac{S}{b_{gy} \delta} \leq R_0, \quad (4-19)$$

trong đó: b_{gy} - bề rộng bản con cá đã trừ đi giảm yếu do các lỗ đinh.

Chiều dày bản con cá không nhỏ hơn 10mm và riêng trong mặt cầu xe lửa có tà vẹt gỗ đặt trực tiếp lên dầm dọc còn quy định thêm δ không lớn quá 20mm.

Số lượng đinh tán hoặc bu lông cường độ cao để liên kết bản con cá vào dầm dọc có thể xác định theo công thức:

$$n_1 = F_{gy} \mu \frac{1}{m_2}, \quad (4-20)$$

trong đó:

F_{gy} - diện tích đã trừ giảm yếu của bản con cá;

μ - hệ số biểu thị số đinh tán để liên kết 1cm^2 diện tích bản cá, lấy giá trị lớn hơn của μ_c (cắt) và μ_{em} (ép mặt) tra ở Phụ lục 4. Nếu liên kết bằng bu lông cường độ cao thì μ tra ở bảng 7-16 của phụ lục này;

m_2 - hệ số điều kiện làm việc, bằng 1,0 nếu liên kết đinh tán; 0,9 nếu liên kết bu lông cường độ cao.

Ngoài việc tính toán bản con cá và số lượng đinh tán hoặc bu lông liên kết nó theo cường độ, cũng cần phải tính mỗi theo mô men uốn tiêu chuẩn.

$$M'_g = 0,6M'_{1/2}, \quad (4-21)$$

ở đây $M'_{1/2}$ tính với các hệ số siêu tải bằng 1, cường độ bản cá và đinh tán được nhân với các hệ số γ tương ứng (xem Chỉ dẫn chung).

Thép góc liên kết sườn dầm không cần phải tính toán tiết diện mà lấy với kích cỡ không nhỏ hơn $100+100 \times 12\text{mm}$.

Khi liên kết bằng bu lông cường độ cao, số lượng bu lông xác định theo công thức:

+ Để liên kết sườn dầm dọc với thép góc liên kết:

$$n_2 \geq \frac{Q}{R_0} \frac{\mu}{2} \frac{1}{m_2}; \quad m_2 = 0,9, \quad (4-22)$$

trong đó: R_0 - cường độ tính toán của thép làm dầm.

+ Để liên kết thép góc liên kết vào dầm ngang:

$$n_3 = 2 n_2 + 2. \quad (4-23)$$

Khi liên kết bằng đinh tán:

+ Số đinh tán n_2 (tán ở nhà máy):

$$n_2 \geq \frac{Q}{R_0} \mu \frac{1}{m_2}; \quad m_2 = 0,9, \quad (4-24)$$

trong đó: μ lấy giá trị lớn hơn khi chịu cắt hai mặt và chịu ép mặt.

Số đinh tán n_3 (tán ở công trường) phải tính theo hai trường hợp sau đây và lấy kết quả lớn hơn:

$$n_3 \geq \frac{Q}{R_0} \mu_{1c} \frac{1}{m_2} \quad (4-25)$$

và

$$n_3 \geq \frac{Q_2}{R_0} \mu_{em} \frac{1}{m_2},$$

trong đó:

$$m_2 = 0,9;$$

Q_2 - lực từ dầm dọc truyền lên dầm ngang khi hoạt tải đứng cả trên hai khoang kề bên nó.

Cần bố trí các nhóm đỉnh tán n_3 và n_2 sao cho chúng có cùng đường kính và bước đỉnh như nhau.

Nếu biên dưới của dầm dọc được gắn trực tiếp với các thanh chéo của hệ liên kết dọc của giàn chủ mà bỏ qua sự làm việc đồng thời giữa dầm dọc, dầm ngang với các thanh biên của giàn chủ, thì số đỉnh tán và bu lông cường độ cao tính được theo các công thức trên phải tăng thêm 10%.

4.2.8.2. Liên kết dầm dọc vào dầm ngang có chiều cao dầm dọc thấp hơn dầm ngang

Liên kết gồm có: bản con cá ở biên trên, các thép góc liên kết đứng và vai kê. Thông thường thì chọn trước cấu tạo liên kết, sau đó tiến hành tính toán kiểm tra.

a) Trường hợp vai kê tán đỉnh (hình 4-3a)

Nội lực trong bản con cá, tiết diện của nó, số đỉnh tán hoặc bu lông cường độ cao tính toán giống như trong mục 4.2.8.1.

Số đỉnh tán (bu lông) đứng để liên kết dầm dọc với vai kê lấy như liên kết với bản con cá.

Giả thiết phản lực gối Q phân phối đều cho tất cả các đỉnh tán n trên thép góc liên kết sườn dầm và vai kê. Phần phản lực truyền cho vai kê sẽ là:

$$A_V = Q \frac{n_V}{n}, \quad (4-26)$$

trong đó: n_V - số lượng đỉnh tán liên kết vai kê vào thép góc.

Dưới tác dụng của lực A_V và S vai kê sẽ chịu mô men uốn:

$$M_V = A_V c - S z, \quad (4-27)$$

trong đó:

c - khoảng cách từ điểm đặt lực A_V đến trục của các đỉnh tán liên kết;

z - khoảng cách từ mức đặt lực S đến trọng tâm số đỉnh tán liên kết vai kê.

Dưới tác dụng của các lực A_V , S và mô men uốn M_V , nội lực trong đỉnh tán làm việc nặng nhất sẽ là:

$$N_{\max} = \sqrt{\left(\frac{A_V}{n_V}\right)^2 + \left(\frac{S}{n_V} + M_V \frac{e_{\max}}{\sum e_i^2}\right)^2}, \quad (4-28)$$

trong đó:

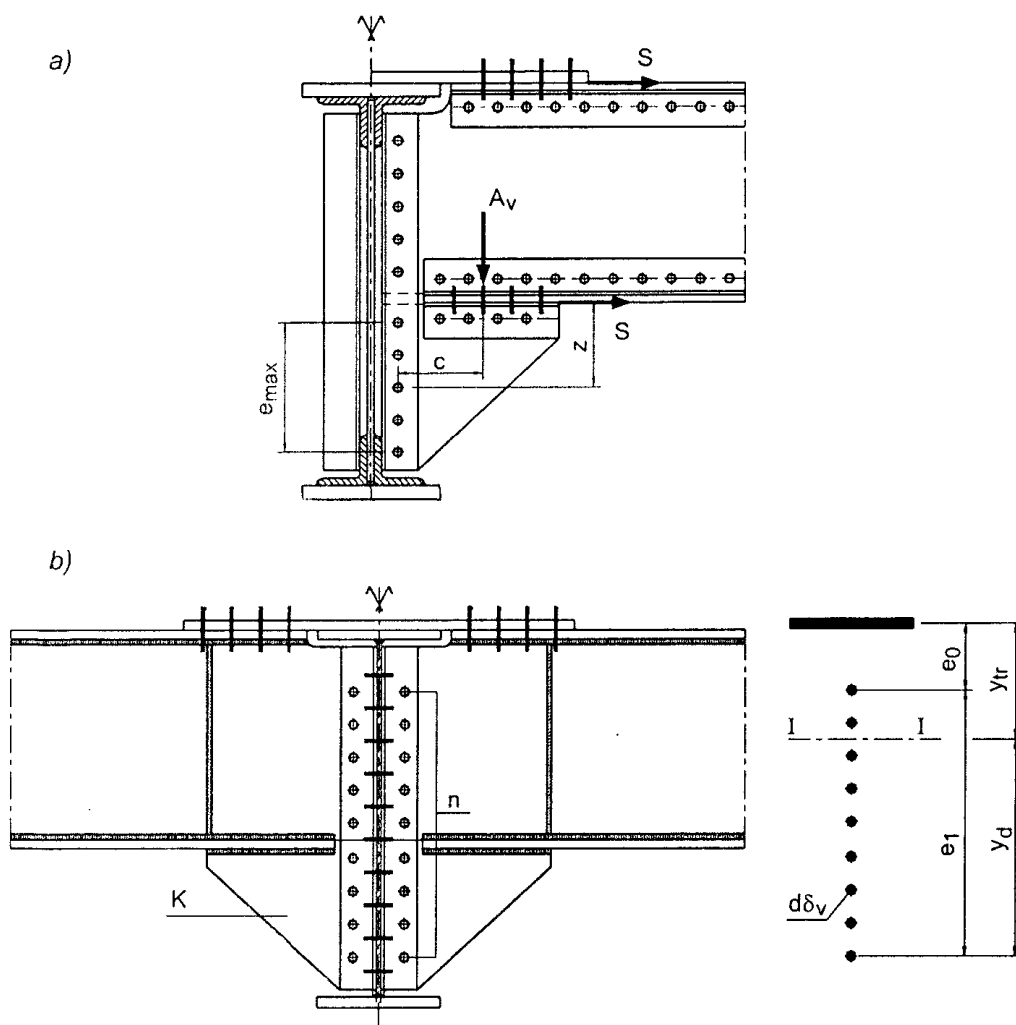
e_i - khoảng cách giữa các cặp đỉnh tán đối xứng nhau qua trung tâm của mối nối liên kết vai kê;

$e_{\max}$ - như trên, đối với hai đỉnh xa nhau nhất.

Điều kiện kiểm tra: $N_{\max} \leq [S_d]$, (4-29)

trong đó: $[S_d]$ - trị số nhỏ hơn giữa khả năng chịu ép mặt và chịu cắt hai mặt của đỉnh tán. Nếu liên kết bu lông cường độ cao thì $[S_d]$ là khả năng chịu lực của bu lông có hai mặt phẳng ma sát.

b) Trường hợp vai kê liên kết hàn (hình 4-3b)



Hình 4-3. Để tính toán liên kết bản cá - vai kê

Đầu dầm dọc và vai kê được hàn với nhau thành một khối thống nhất, khi đó bản biên dưới của dầm dọc phải khoét rãnh để tấm thép ở đầu dầm đặt lọt vào.

Xem như bản con cá và các đỉnh tán liên kết tấm thép đầu dầm vào thép góc liên kết cùng làm việc với nhau. Diện tích của tiết diện sẽ là:

$$F = F_0 + n d \delta_v, \quad (4-30)$$

trong đó:

F_0 - diện tích tiết diện đã trừ giảm yếu của bản con cá;

n - số đỉnh tán trên toàn thép góc liên kết;

d - đường kính của đỉnh tán;

δ_v - chiều dày vai kê.

Mô men tĩnh của tiết diện hỗn hợp đối với trục đi qua đỉnh tán dưới cùng được tính theo công thức:

$$S_c = n d \delta_v \frac{e_1}{2} + F_c (e_0 + e_1), \quad (4-31)$$

trong đó: e_1 - khoảng cách giữa các đỉnh tán ngoài cùng.

Khoảng cách từ đỉnh tán dưới cùng đến trục chính của tiết diện hỗn hợp (trục I-I) sẽ là:

$$y_d = \frac{S_c}{F}. \quad (4-32)$$

Khoảng cách từ trục chính đến tim bản con cá:

$$y_t = e_0 + e_1 - y_d. \quad (4-33)$$

Mô men quán tính của tiết diện hỗn hợp:

$$I = \frac{d \cdot \delta_v}{2} \sum e_i^2 + n \cdot d \cdot \delta_v \left(y_d - \frac{e_1}{2} \right)^2 + F_c y_t^2. \quad (4-34)$$

trong đó: e_i - khoảng cách giữa các cặp đỉnh tán đối xứng nhau qua trung tâm hàng đỉnh liên kết.

Nội lực trong bản con cá:

$$S = \frac{M_g}{I} y_t F_c. \quad (4-35)$$

Nội lực trong đỉnh tán dưới cùng do mô men gối:

$$N_l = \frac{M_g}{I} y_d \cdot d \delta_v. \quad (4-36)$$

Nội lực trong đỉnh tán do lực cắt:

$$T = \frac{Q}{n}. \quad (4-37)$$

Nội lực tổng cộng trong đỉnh tán dưới cùng phải thoả mãn công thức:

$$N_{\max} = \sqrt{N_1^2 + T^2} \leq [S_d]. \quad (4-38)$$

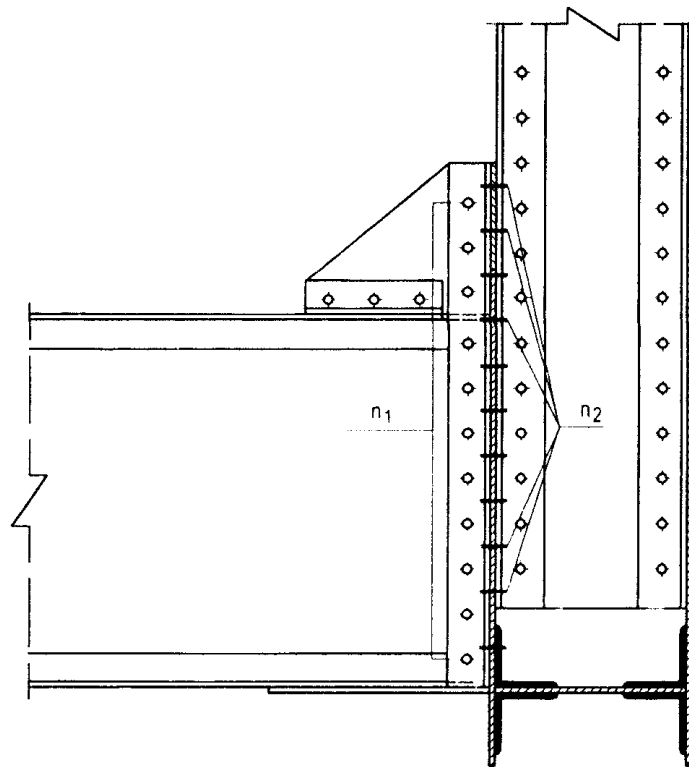
Bản con cá và đỉnh tán liên kết nó phải tính toán với nội lực S giống như trong mục 4.2.8.1.

+ Trường hợp dầm dọc và dầm ngang có chiều cao chênh lệch ít (khoảng 20-40cm), không đủ để bố trí vai kê thì có thể hàn thêm vào phía bên dưới của đầu dầm dọc một mảnh thép hình, phía dưới của mảnh này phải có cánh để liên kết được với bản con cá bên dưới. Việc tính toán giống hệt như đối với liên kết đồng mức (mục 4.2.8.1).

4.2.8.3. Liên kết dầm ngang vào giàn chủ

Dầm ngang liên kết với giàn chủ chỉ qua các thép góc liên kết có kích cỡ không nhỏ hơn 100+100×12 mm, liên kết này chỉ chịu được phản lực gối của dầm ngang Q_2 .

Trên hình 4-4 giới thiệu một kiểu liên kết mà trong thực tế hay dùng.



Hình 4-4. Liên kết dầm ngang vào giàn chủ

Nếu liên kết bằng bu lông cường độ cao, số bu lông xác định theo các công thức sau:

Đối với bu lông để liên kết sườn dầm ngang với thép góc liên kết:

$$n_1 \geq \frac{Q_2 \mu}{R_0} \frac{1}{2 m_2}; \quad m_2 = 0,9. \quad (4-39)$$

Đối với bu lông liên kết thép góc liên kết với giàn chủ:

$$n_2 \geq \frac{Q_2}{R_0} \mu \frac{1}{m_2}; \quad m_2 = 0,85. \quad (4-40)$$

Nếu liên kết đỉnh tán, thông thường nhóm đỉnh n_1 tán ở nhà máy, nhóm đỉnh n_2 tán ở công trường.

$$n_1 \geq \frac{Q_2}{R_0} \mu \frac{1}{m_2}; \quad m_2 = 0,9; \quad (4-41)$$

$$n_2 \geq \frac{Q_2}{R_0} \mu_{1c} \frac{1}{m_2}; \quad m_2 = 0,85 \text{ (nếu cấu tạo như hình 4-4).}$$

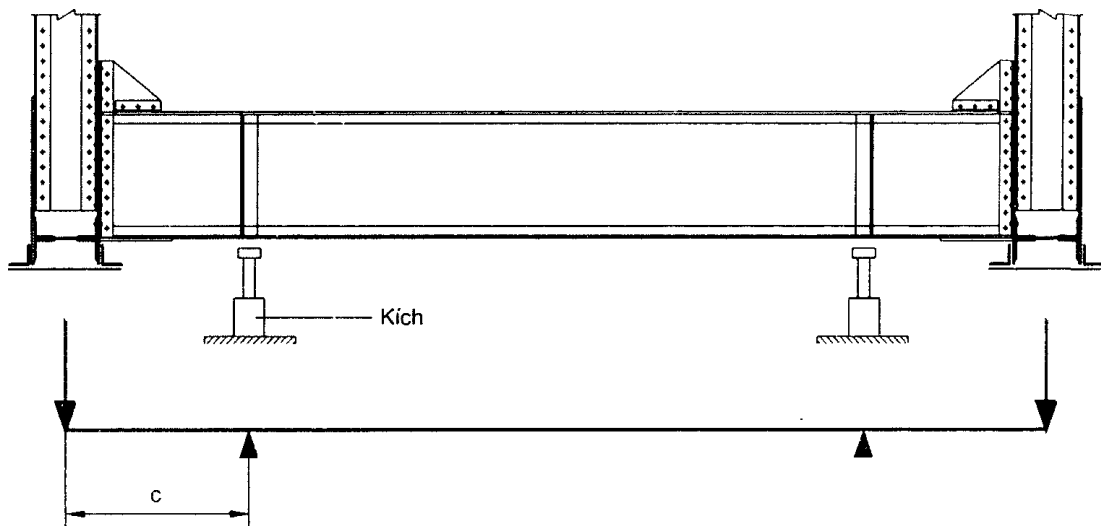
Nếu theo tính toán mà số bu lông hoặc đỉnh tán không bố trí trong phạm vi chiều cao dầm ngang thì phải có thêm bản góc (hình 4-4) để tăng thêm diện bố trí đỉnh hoặc phải dùng thép góc cánh rộng để đủ bố trí hai hàng đỉnh, lúc đó sẽ liên quan tới bề rộng cánh của thanh đứng của giàn chủ.

Cần chú ý rằng: số đỉnh tán dùng để liên kết cánh thép góc với thành đứng của thanh biên giàn chủ sẽ không thuộc nhóm đỉnh n_2 .

4.2.9. Tĩnh dầm ngang đầu giàn theo điều kiện kích giàn

Ngoài nhiệm vụ truyền lực, các dầm ngang tại nút bố trí gối cầu còn phải chịu lực kích nâng kết cấu nhấc lên.

Sơ đồ tính của dầm ngang lúc đó sẽ là dầm giản đơn có hai đầu mút thừa (hình 4-5).



Hình 4-5. Để tính dầm ngang khi kích giàn

Khoảng cách c lấy từ điểm đặt kích đến tim giàn chủ lấy khoảng 0,5-1m (trong cầu ô tô nên đặt kích tại vị trí dầm dọc ngoài cùng).

Lực tác dụng lên mỗi đầu dầm ngang sẽ bằng $1/4$ trọng lượng của toàn bộ kết cấu nhịp (cũng có thể khi kích dầm, chưa lắp bản mặt cầu) có nhân với hệ số siêu tải.

Sau khi xác định được mô men uốn và lực cắt trong dầm ngang cần phải tính toán kiểm tra các nội dung sau:

- + Kiểm tra ứng suất pháp, ứng suất tiếp (xem mục 2.3.6) và ứng suất tương đương (mục 2.4.3)
- + Kiểm tra dính tan liên kết biên dầm với sườn dầm (mục 2.6.1), lúc này cần phải xét đến thành phần cục bộ thẳng đứng V do lực kích gây ra.
- + Bố trí và tính toán sườn tăng cường cho dầm ngang tại vị trí đặt kích (mục 2.5.4).
- + Kiểm tra dính tán (hoặc bu lông) liên kết dầm ngang vào nút giàn chủ (mục 4.2.8).

4.3. XÁC ĐỊNH NỘI LỰC TRONG GIÀN CHỦ THUỘC HỆ TĨNH ĐỊNH CHỊU TẢI TRỌNG THẲNG ĐỨNG

4.3.1. Tải trọng tác dụng lên giàn chủ

Các tĩnh tải gồm có:

- + trọng lượng các lớp mặt đường;
- + bản bê tông cốt thép mặt cầu;
- + ray, tà vẹt, máng đá dầm (trong cầu xe lửa);
- + các dầm dọc và dầm ngang;
- + đường người đi và lan can, sơ bộ có thể lấy $0,2 \text{ T/m}^2$ đối với cầu ô tô và cầu xe lửa có máng đá dầm; $0,1 \text{ T/m}^2$ đối với cầu xe lửa có đường người đi làm bằng gỗ.

Các tải trọng trên chỉ trừ lan can và đường người đi, còn lại đều đã tính được ở mục 4.2 theo các kích thước thực tế của các bộ phận và phải đưa chúng về tải trọng phân bố trên 1 m dài của giàn chủ.

+ Trọng lượng của giàn chủ (T/m) xác định theo công thức (2-8) ở mục 2.2. Cần chú ý rằng, trong công thức (2-8) hệ số đặc trưng trọng lượng của giàn lấy bằng $3,5$ và trọng lượng giàn thực tế phải nhân với hệ số cấu tạo bằng $1,8-2,0$.

+ Trọng lượng của hệ liên kết lấy bằng $0,1-0,12$ trọng lượng giàn chủ chưa nhân với hệ số cấu tạo.

Hoạt tải thẳng đứng tác dụng lên giàn được đưa vào tính toán dưới dạng tải trọng tương đương. Tùy thuộc vào số giàn chủ và hình thức liên kết giữa chúng mà chọn phương pháp tính hệ số phân phối ngang η cho phù hợp (xem mục 2.2.1).

Các hệ số siêu tải, xung kích, làn xe... xem phần Chỉ dẫn chung.

4.3.2. Vẽ các đường ảnh hưởng nội lực

Để xác định nội lực trong các thanh của giàn do tải trọng thẳng đứng gây ra cần phải vẽ và tính sẵn diện tích của các đường ảnh hưởng. Nếu đường ảnh hưởng có hai dấu thì phải tính riêng Ω_1 và Ω_2 (có mang cả dấu) và quy ước Ω_1 có giá trị tuyệt đối lớn hơn Ω_2 .

Cách xây dựng các đường ảnh hưởng nội lực của các thanh trong giàn tĩnh định rất đơn giản, nên ở đây không trình bày.

4.3.3. Xác định nội lực

Trình tự và các công thức tính toán nội lực trong các thanh giàn được giới thiệu theo mẫu số 4.1 cho cầu ô tô và mẫu số 4.2 cho cầu xe lửa.

Đối với các thanh có đường ảnh hưởng hai dấu, để tính cường độ cần đặt tải trọng tương đương lên từng phần đường ảnh hưởng. Hệ số siêu tải n_h (riêng tải trọng xe lửa) lấy theo chiều dài các phần, còn hệ số xung kích lấy theo toàn bộ chiều dài đường ảnh hưởng. Để tính mỗi, cũng đặt tải trọng lên từng phần của đường ảnh hưởng, nhưng phải chú ý rằng chỉ khảo sát chuyển động của hoạt tải từ trái sang phải hoặc từ phải sang trái và xác định $S'_{\max}$ và $S'_{\min}$ đối với một hướng chuyển động nào đó. Bởi vậy để nhận được $S'_{\max}$ cần phải đặt tải trọng tương đương lên phần đường ảnh hưởng có diện tích Ω_1 , còn để nhận được $S'_{\min}$ phải xếp tải trọng lên phần đường ảnh hưởng có diện tích Ω_2 . Đối với tải trọng xe lửa, hệ số xung kích khi tính mỗi có thể có trị số khác với khi tính cường độ.

Đối với những thanh biên và thanh xiên của giàn thì trọng lượng bản thân của thanh có thể gây nội lực phụ khá lớn. Khi chọn tiết diện thanh sẽ phải để ý đến nội lực này.

Mẫu số 4-1

Tên thanh	Phần 1 của đường ảnh hưởng			Phần 2 của đ.a.h			Diện tích toàn bộ đ.a.h $\Sigma\Omega$	Tải trọng						Hệ số xung kích $(1 + \mu)$
	Chiều dài đoạn λ_1	Vị trí đỉnh $\alpha_1 = \frac{a_1}{\lambda_1}$	Diện tích Ω_1	λ_2	α_2	Ω_2		Tính tải lên một giàn		Tải trọng tương đương				
								g_1	g_2	k_{1010}	k_{2010}	k_{1db}	k_{2db}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Nội lực để tính cường độ							
$S_t = \Sigma n_i g_i \Sigma \Omega$ khi		S_h do				$S_t + S_h$ khi đặt tải lên	
$n_i > 1$ có S_{t1}	$n_i = 0,9$ có S_{t2}	ô tô và người: $S_h = 1,4 [(1+\mu) \eta_{010} \beta_0 k_{010} + \eta_n T] \Omega$		Xe đặc biệt hoặc xe xích $S_h = 1,1 \eta_{db} k_{db} \Omega$		Phần 1 của đ.a.h $S_{tt} = S_{t1} + \max S_{h1}$	Phần 2 của đ.a.h $S_{tt} = S_{t2} + \max S_{h2}$
		Với Ω_1 , k_{010} có S_{h1}	Với Ω_2 , k_{010} có S_{h2}	Với Ω_1 , k_{010} có S_{h1}	Với Ω_2 , k_{010} có S_{h2}		
16	17	18	19	20	21	22	23

Nội lực để tính mỗi						
$S_t = \sum g_i \sum \Omega$	$S_h = [(1+\mu)\eta_{\text{đỗ}}\beta_o k_{\text{đỗ}} + \eta_n T]\Omega_1$	$S_h = (1+\mu)\eta_{\text{đỗ}}\beta_o \sum P_i y_i + \eta_n \Omega_2$	$S_t + S_h$ khi đặt tải lên		$\rho = \frac{S_{\min}}{S_{\max}}$	γ
			Phần 1 của đ.a.h có $S_{\max}$	Phần 2 của đ.a.h có $S_{\min}$		
24	25	26	27	28	29	30

Mẫu số 4-2

Tên thanh	Phần 1 của đường ảnh hưởng			Phần 2 của đ.a.h			Diện tích toàn bộ đ.a.h $\Sigma\Omega$	Tải trọng			
	Chiều dài đoạn λ_1	Vị trí đỉnh $a_1 = \frac{a_1}{l_1}$	Diện tích Ω_1	λ_2	α_2	Ω_2		Tĩnh tải lên một giàn		Tải trọng tương đương	
								g_1	g_2	k_1	k_2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Nội lực để tính cường độ								
$S_t = \sum n_i g_i \sum \Omega$ khi		Hệ số xung kích $(1+\mu)$	Hệ số siêu tải		$S_h = \eta_n (1+\mu) 0,5 k \Omega$ với		$S_t + S_h$ với	
$n_i > 1$ có S_{t1}	$n_i = 0,9$ có S_{t2}		η_{h1}	η_{h2}	Phần 1 của đ.a.h	Phần 2 của đ.a.h	Phần 1 của đ.a.h	Phần 2 của đ.a.h
13	14	15	16	17	18	19	20	21

Nội lực để tính mỗi							
$S_t = \sum g_i \sum \Omega$	Hệ số xung kích $(1+\mu)$	Phần 1 của đ.a.h $S_h = (1+\mu) 0,5 k_1 \Omega_1$	Phần 2 của đ.a.h $S_h = (1+\mu) 0,5 \sum P_i y_i$	$S_t + S_h$ với		$\rho = \frac{S_{\min}}{S_{\max}}$	γ
				Phần 1 của đ.a.h $S_{\max}$	Phần 2 của đ.a.h $S_{\min}$		
22	23	24	25	26	27	28	29

4.4. CHỌN VÀ KIỂM TRA TIẾT DIỆN THANH GIÀN

4.4.1. Chọn tiết diện các thanh

Thông thường, nên cấu tạo các thanh giàn có tiết diện hình chữ H để chế tạo đơn giản và dễ lắp ráp. Khi chiều dài nhịp lớn và do đó nội lực trong các thanh giàn khá lớn, có thể phải dùng tiết diện kiểu chữ Π hoặc hai chữ “ $]$ ” đối xứng nhau.

4.4.1.1. Xác định các kích thước cơ bản và diện tích của các thanh

Việc chọn tiết diện thường bắt đầu từ thanh có nội lực nén lớn nhất, các kích thước cơ bản của thanh này sẽ quyết định bề rộng b của tất cả mọi thanh và cố gắng giữ không

đổi để các thanh liên kết vào nút được thuận lợi. Chiều cao h của các thanh biên cũng nên giữ cố định để cho việc cấu tạo giàn được đơn giản.

Có thể xác định sơ bộ h và b theo công thức kinh nghiệm:

$$h = \left[l - \frac{l^2}{400} \right]; b = [h \quad 0,2l]. \quad (4-42)$$

trong đó: l - nhịp của giàn, m.

Thực tế, trị số của h chọn có thể sai lệch $\pm 10\text{cm}$ so với h tính được theo công thức trên.

Diện tích cần thiết của tiết diện được tính sơ bộ theo công thức gần đúng sau:

+ đối với thanh biên chịu nén:

$$F_{ng} \approx \frac{S}{0,82(R_0 - 100)}; \quad (4-43)$$

+ thanh biên chịu kéo có xét giảm yếu do lỗ đinh:

$$F_{ng} \approx \frac{S}{0,85(R_0 - 100)}, \quad (4-44)$$

nếu tiết diện thanh không bị giảm yếu (chẳng hạn các thanh hàn có cấu tạo bản bù tại nút), thì không có hệ số 0,85:

$$+ \text{ thanh xiên chịu nén: } F_{ng} \approx \frac{S}{0,6(R_0 - 100)}; \quad (4-45)$$

$$+ \text{ thanh xiên chịu kéo: } F_{ng} \approx \frac{S}{0,85(R_0 - 100)}; \quad (4-46)$$

trong các công thức trên:

S - nội lực trong các thanh giàn do tải trọng tính toán,

0,82, 0,6 - các hệ số uốn dọc lấy áng chừng,

$(R_0 - 100)$ - cường độ tính toán lấy với mức dự trữ 100kg/cm^2 .

4.4.1.2. Cấu tạo tiết diện các thanh

Trong kết cấu tán đỉnh tiết diện thanh biên được thay đổi theo chiều dài giàn nhờ sự thay đổi bản thép đứng. Đối với tiết diện chữ H cũng có thể thay đổi cỡ bề rộng cánh thép góc nhưng vẫn giữ nguyên bề dày để dễ nối. Bề dày của các bản đứng trong hai khoang kề nhau nếu có chênh lệch thì ít nhất là 4 mm, bằng bề dày cho phép nhỏ nhất đối với bản đệm. Bên cạnh đó, trọng tâm tiết diện của các thanh thuộc hai khoang kề nhau không sai lệch nhau quá 1,5% chiều cao tiết diện chữ Π , hình hộp và 0,7% chiều cao tiết diện chữ H. Nếu điều đó không đảm bảo thì phải kể đến mô men uốn ở nút gây ra bởi sự truyền lực lệch tâm.

Đối với thanh ghép từ các nhánh thì tùy theo nội lớn hay nhỏ và điều kiện vật liệu mà dùng bản thép liền, bản khoét lỗ, bản giằng hay thanh giằng để liên kết các nhánh với nhau.

Trong cầu hàn hay dùng tiết diện chữ H và liên kết vào bản nút bằng đinh tán hoặc bu lông cường độ cao.

Căn cứ vào diện tích, chiều cao, chiều rộng của từng thanh đã xác định sơ bộ ở trên để tiến hành chọn kích thước từng bộ phận của tiết diện. Khi chọn cần phải đảm bảo các yêu cầu cấu tạo sau đây:

Bề dày lớn nhất của bản thép:

- + tiết diện tán đinh: 20mm;
- + tiết diện hàn: 50mm đối với thép than và 40mm đối với thép hợp kim thấp (tuy nhiên không nên chọn quá 30mm).

Bề dày nhỏ nhất của các bản thép: 10mm.

Kích cỡ nhỏ nhất của thép góc: 100+100×10mm.

Bề dày nhỏ nhất của bản thép hoặc tập bản thép nằm ngang trong tiết diện chữ H:

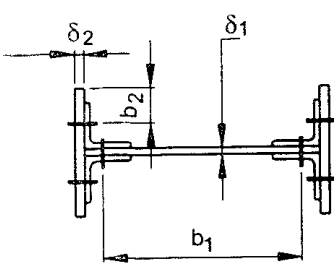
- + đối với kết cấu tán đinh: $0,4\delta$;
- + đối với kết cấu hàn: $0,5\delta$ khi $\delta \geq 30\text{mm}$ và $0,6\delta$ khi $\delta \geq 25\text{mm}$,

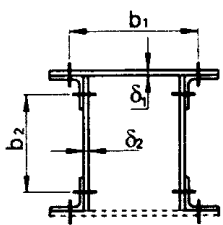
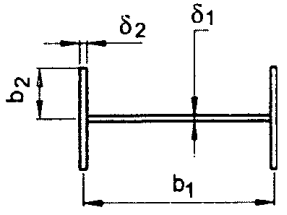
trong đó: δ - chiều dày tập bản thép (hoặc bản thép) nằm trong mặt phẳng của giằng.

Chiều dày tán ghép lớn nhất (kể cả thép góc, bản nút, bản đệm, bản nối) không được vượt quá 4,5 lần đường kính đinh tán (cho phép 5,5 lần nếu tán bằng búa hình móc câu hoặc tán bằng hai búa hơi ép có giá đỡ).

Để đảm bảo sự ổn định cục bộ của thanh, tỷ số giữa bề rộng tính toán của tập bản thép hoặc bản thép trên bề dày của chúng trong các thanh chịu nén không vượt quá các trị số ghi trong bảng 4-2.

Bảng 4-2

Tiết diện	Loại thép	Độ mảnh λ của thanh	b_1/δ_1	b_2/δ_2
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Than	< 60	45	12
		≥ 60	$(0,35\lambda + 25) \leq 60$	$0,2\lambda \leq 20$
	Hợp kim	< 65	40	-
		≥ 65	$0,6\lambda \leq 60$	-
		≤ 60	-	10
		> 60	-	$(0,25\lambda - 5) \leq 20$

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Than	< 60	45	35
		≥ 60	$(0,35\lambda+25) \leq 60$	$0,6\lambda \leq 50$
	Hợp kim	< 65	40	30
		≥ 65	$0,6\lambda \leq 60$	$(0,85\lambda-25) \leq 50$
	Than	≤ 60	35	14
		> 60	$(\lambda-25) \leq 45$	$(0,15\lambda+5) \leq 20$
	Hợp kim	≤ 60	30	12
		> 60	$(\lambda-30) \leq 45$	$0,2\lambda \leq 20$

4.4.1.3. Kiểm tra độ mảnh của thanh

Sau khi chọn được tiết diện của thanh cần tính toán các đặc trưng hình học (xem mẫu số 4-3) và tính toán độ mảnh của thanh.

$$\lambda = \frac{l_0}{r}, \quad (4-47)$$

trong đó:

$$r = \sqrt{\frac{I_{ng}}{F_{ng}}};$$

I_{ng} - mô men quán tính tiết diện nguyên trong mặt phẳng cần tính độ mảnh;

F_{ng} - diện tích tiết diện nguyên;

l_0 - chiều dài tự do của thanh, lấy như sau:

Đối với thanh biên:

+ bị uốn trong mặt phẳng của giàn: l_0 bằng khoảng cách giữa tim hai nút giàn theo lý thuyết;

+ bị uốn ra ngoài mặt phẳng của giàn: l_0 bằng khoảng cách giữa các nút của liên kết dọc;

Đối với thanh xiên:

+ bị uốn trong mặt phẳng của giàn: $l_0 = 0,8l$, trong đó: l - khoảng cách tim hai nút giàn theo lý thuyết. Riêng đối với thanh xiên hoặc thanh đứng đầu giàn $l_0 = l$;

+ bị uốn ra ngoài mặt phẳng của giàn: l_0 bằng khoảng cách từ tim nút dưới của giàn đến điểm giao nhau với thanh của hệ liên kết ngang (hoặc cổng cầu);

trường hợp một thanh chịu nén giao với một thanh chịu kéo hoặc với thanh không làm việc (trong giàn có hai thanh chéo, giàn phân nhỏ...):

+ bị uốn trong mặt phẳng của giàn: l_0 bằng khoảng cách giữa nút các thanh giao nhau;

+ bị uốn ra ngoài mặt phẳng của giàn: $l_0 = 0,7l$;

Đối với thanh ghép bằng bản giằng, thanh giằng cần phải tính λ tương đương (xem mục f của 4.4.3).

Độ mảnh của các thanh không được vượt quá trị số cho dưới đây:

+ đối với các thanh biên và thanh xiên chịu nén hoặc vừa nén vừa kéo: 100;

+ đối với thanh đứng và thanh xiên chịu kéo cũng như đối với thanh không chịu lực: 150.

4.4.2. Kiểm tra tiết diện các thanh

Sau khi đã chọn được tiết diện các thanh cần phải kiểm tra chúng theo cường độ và mỏi. Khi đó, ngoài lực dọc trong các thanh cần phải kể đến thanh bị uốn cục bộ do trọng lượng bản thân và trọng lượng của hệ liên kết gắn vào đoạn giữa thanh.

Mô men uốn tại giữa và đầu thanh do trọng lượng bản thân của nó lấy bằng 0,8 giá trị tính được khi coi là liên kết khớp ở hai đầu.

$$M_{bt} = \pm 0,8n_t \frac{g_b l^2}{8} \cos \alpha, \quad (4-48)$$

trong đó:

g_b - trọng lượng trên 1m dài thanh;

α - góc nghiêng của thanh so với phương ngang.

Các công thức tính toán kiểm tra dưới đây sẽ viết cho thanh chịu lực tổng quát, đối với những thanh chỉ chịu lực dọc thì khi tính toán sẽ bỏ đi những đại lượng có liên quan đến M_{bt} .

4.4.2.1. Kiểm tra cường độ

Đối với thanh chịu nén hoặc chịu kéo:

$$\sigma = \frac{S}{F_{gy}} + \frac{M_{bt}}{I_{gy}} y_{\max} \leq R_0, \quad (4-49)$$

trong đó :

F_{gy} và I_{gy} - diện tích và mô men quán tính của thanh theo mặt phẳng giàn đã trừ giảm yếu do lỗ đinh liên kết các bộ phận của thanh cũng như liên kết đầu thanh vào nút giàn hoặc bản nối;

nếu các thanh hàn có cấu tạo bản bù thì $F_{gy} = F_{ng}$;

$y_{\max}$ - khoảng cách lớn nhất từ trục trung hoà đến thớ mép của thanh.

4.4.2.2. Kiểm tra ổn định trong và ngoài mặt phẳng giàn của thanh chịu nén hoặc nén uốn

Khi thanh chịu nén trung tâm hoặc bị uốn trong mặt phẳng tác dụng của mô men uốn:

$$\sigma = \frac{S}{\varphi F_{ng}} \leq R_0, \quad (4-50)$$

trong đó:

F_{ng} - diện tích của tiết diện nguyên của thanh;

φ - hệ số giảm khả năng chịu nén lấy theo Phụ lục 3 phụ thuộc vào độ mảnh λ và độ lệch tâm tương đối trong mặt phẳng uốn $i = \frac{e_0}{\rho}$, trong đó: $e_0 = \frac{M_{bt}}{S}$ - độ

lệch tâm tính toán và $\rho = \frac{w_{ng}}{F_{ng}}$ - bán kính lõi lấy cùng một phương với độ

lệch tâm e_0 .

Nếu độ mảnh của thanh trong một mặt phẳng tác dụng của mô men uốn lại nhỏ hơn độ mảnh theo mặt phẳng kia thì cần kiểm tra thanh bị uốn ra ngoài mặt phẳng có độ mảnh lớn.

$$\sigma = \frac{S}{\varphi_2 F_{ng}} \leq R_0, \quad (4-51)$$

trong đó: $\varphi_2 = \frac{\varphi}{1 + \varphi \times i}$;

Ở đây φ xác định theo độ mảnh lớn, còn i lấy với mặt phẳng tác dụng của mô men uốn. Riêng đối với các thanh có tiết diện hở (chữ H, U, T) giá trị của φ ở mẫu số lấy ứng với $\lambda = 0$.

4.4.2.3. Kiểm tra chịu mỏi

Khi kiểm tra mỏi, nội lực trong thanh được xác định theo tổ hợp tải trọng chính, các hệ số siêu tải bằng 1.

Công thức kiểm tra:

$$\sigma = \frac{S^{tc}}{F_{gy}} + \frac{M' y_{max}}{I_{gy}} \leq \gamma R_0. \quad (4-52)$$

Đối với các tiết diện nằm trong phạm vi nửa chiều dài ở đoạn giữa thanh và khi độ mảnh $\lambda > 70$ thì:

$$M' = \frac{M_{BT}}{1 + \frac{S^{tc}}{S_E}} \text{ khi thanh chịu kéo và}$$

$$M' = \frac{M_{BT}}{1 - \frac{S^{tc}}{S_E}} \text{ khi thanh chịu nén;} \quad (4-53)$$

trong các trường hợp khác $M' = M_{bt}$,

trong các công thức trên:

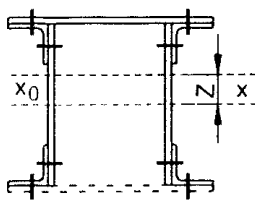
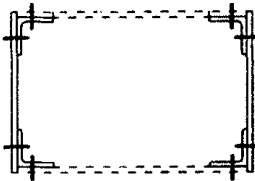
S_E - lực dọc O le đối với thanh chịu nén trung tâm khi uốn dọc trong mặt phẳng tác dụng của mô men uốn:

$$S_E = \frac{\pi^2 EI_{ng}}{l_o^2}; \quad (4-54)$$

γ - hệ số giảm cường độ tính toán khi tính mỗi, tính theo phần Chỉ dẫn chung.

Trình tự tính toán kiểm tra tiết diện thanh được trình bày theo Mẫu số 4-3.

Mẫu số 4-3

Thanh	Tiết diện	Thành phần tiết diện mm	Diện tích tiết diện, cm ²				S _{x0} cm ³	Z cm
			Nguyên F _{ng}	Giảm yếu		Trừ giảm yếu F _{gy}		
				n	ΔF			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
T ₁ -T ₃		BN 760 × 20	152,0	2	9,2			
		4L 100 + 100 × 16	118,8	8	29,4			
		2BĐ 600 × 20	240,0	8	36,8			
			510,8		75,4	435,4	4860	9,5
D ₂ -T ₃		4L 100 + 100 × 16	118,8	8	29,4			
		2 BĐ 600 × 22	264,0	8	40,5			
			382,8		69,9	312,9	0	0

Mô men quán tính nguyên cm ⁴			$\frac{r_x}{r_y}$	$\frac{l_{0,x}}{l_{0,y}}$	$\frac{\lambda_x}{\lambda_y}$	ϕ	ϕF_{ng}	γ	Tính theo bền và ổn định		Tính theo mỗi		
I_{x0}	I_x	I_y							S_{max} (T)	σ (kg/cm ²)	S'_{max} (T)	σ (kg/cm ²)	γ_{so} (kg/cm ²)
(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)
155700		73160	19,5	1095	59,1	0,78							
93740		104800	25,6	1095	42,9	0,64							
72000		156000											
221440	175440	333960					399,0	1,0	-765	1915	-690	-1380	-1900
93740		35200	21	1480	70,5	0,74			-53,5		-60,23		
79200		104900	19,1	1860	95,6	0,59			-413,5		-393,7		
172940	172940	143100					225,6	1,0	-413,5	1835	-393,7	-1255	-1900

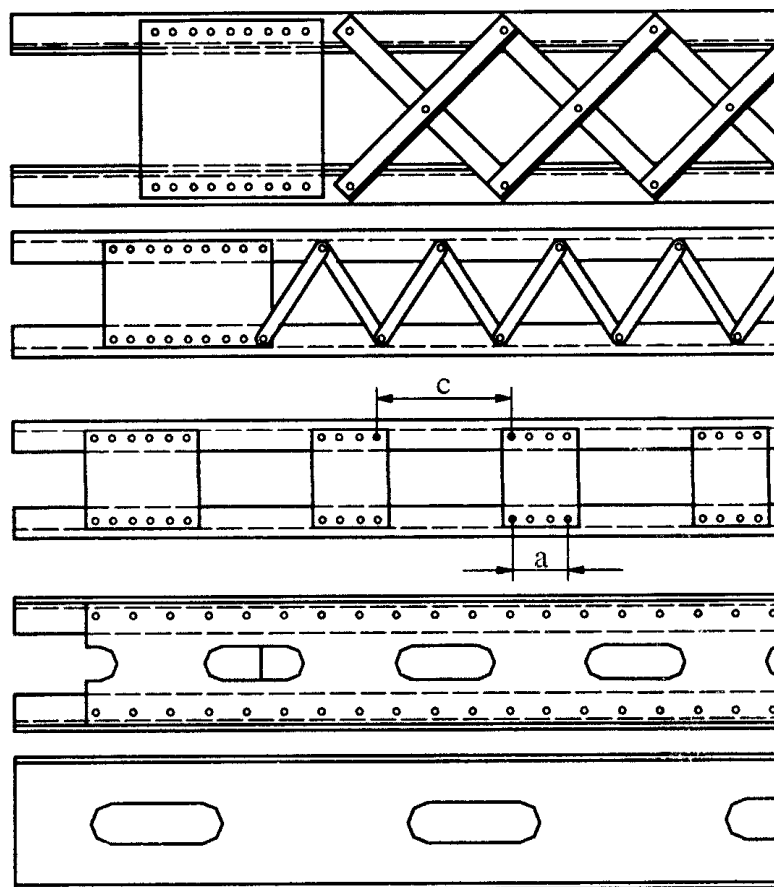
4.4.3. Tính toán thanh giằng, bản giằng và bản có khoét lỗ

Thanh giằng, bản giằng có nhiệm vụ liên kết các nhánh của thanh cơ bản để chúng cùng làm việc như một thanh đơn, đồng thời tạo cho thanh có độ cứng cần thiết.

Đối với thanh chịu nén thì thanh giằng, bản giằng được bố trí trên cơ sở tính toán, còn đối với thanh chịu kéo - bố trí theo yêu cầu cấu tạo.

Với những thanh tán ghép có tiết diện lớn và những thanh hàn ghép thì các nhánh được liên kết với nhau bằng tấm thép giằng có khoét lỗ.

Trên hình 4-6 giới thiệu một số kiểu cấu tạo thanh giằng, bản giằng và bản khoét lỗ.



Hình 4-6. Liên kết các nhánh của thanh hai nhánh

4.4.3.1. Các quy định về cấu tạo

Chiều dày bản giằng δ không được nhỏ hơn $\frac{1}{45}b$ và không được nhỏ hơn 8mm; bề rộng bản a không được nhỏ hơn $0,75b$; riêng bản giằng ở đầu thanh $a_d = 1,7a$ đối với thanh chịu nén và $1,3a$ đối với thanh chịu kéo, trong đó b - khoảng cách giữa các hàng đinh tán hoặc mối hàn để liên kết bản giằng vào nhánh của thanh.

Số lượng đỉnh tán liên kết một bên bản giằng không ít hơn 4 đối với các thanh biên và thanh xiên, không ít hơn 3 đối với các thanh chịu lực cục bộ, còn đối với các thanh không chịu lực thì không ít hơn 2 đỉnh.

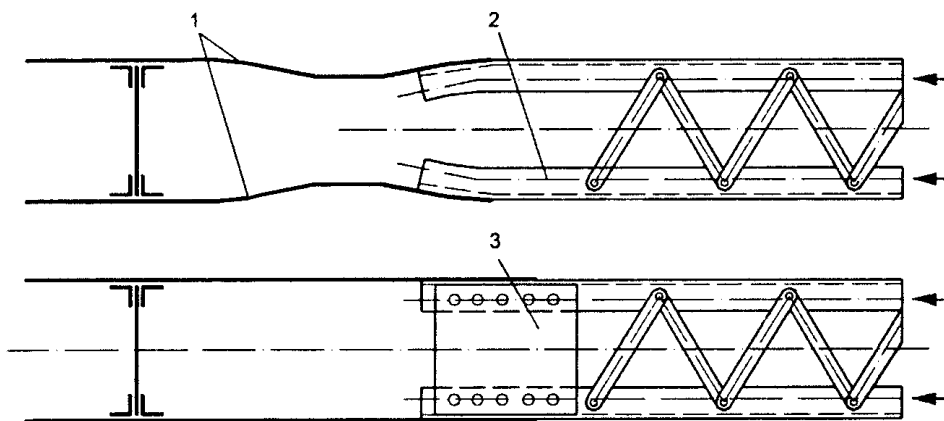
Bước của đỉnh tán trong bản giằng không lớn hơn 120mm.

Khoảng cách giữa hai đỉnh tán ngoài cùng gần nhau hoặc hai đầu mối hàn của hai bản giằng liên tiếp nhau, ký hiệu là l_{nh} thường lấy bằng $2b$, đồng thời phải đảm bảo độ mảnh của nhánh λ_{nh} không lớn hơn 40 đối với thanh chịu nén và không lớn hơn 50 đối với thanh chịu kéo (xem thêm mục 4.4.3.6 ở dưới).

Các thanh giằng được làm từ thép góc có kích cỡ không nhỏ hơn $63 + 63 \times 6$ hoặc bản thép có chiều dày δ không nhỏ 8mm. Độ mảnh tối đa của thanh giằng là 150, góc nghiêng của nó so với trục thanh cơ bản α không nhỏ hơn 45° đối với thanh giằng kép và nhỏ hơn 50° đối với thanh giằng đơn. Phải bố trí sao cho trục của các thanh giằng và trục của nhánh đồng quy.

Ở đầu thanh ghép bằng thanh giằng phải cấu tạo một bản giằng đủ rộng để phân bố lực đều cho hai nhánh (hình 4-7).

Ngoài ra, trong các thanh ghép còn cấu tạo một số bản chắn ngang với số lượng ít nhất là 3. Các bản này được bố trí cách nhau không quá 3m đối với thanh chịu nén, không quá 4m đối với thanh chịu kéo và các thanh thứ yếu. Thép góc liên để kết bản chắn ngang có kích cỡ không nhỏ hơn $80+80 \times 8$.



Hình 4-7. Biến dạng của bản nút và vai trò của bản giằng ở đầu thanh
(1. Bản nút, 2. Nhánh của thanh, 3. Bản giằng đầu thanh)

4.4.3.2. Nội lực tính toán

Thanh giằng, bản giằng, bản khoét lỗ được tính trên cơ sở chịu được lực cắt giả định trong thanh cơ bản.

$$Q = \alpha F_{ng} R_0 \frac{\varphi_{min}}{\varphi}, \quad (4-55)$$

trong đó:

F_{ng} - diện tích tiết diện thanh nguyên (trừ bỏ phần rỗng);

R_0 - cường độ tính toán của vật liệu làm thanh cơ bản;

φ - hệ số uốn dọc (với $i = 0$), khi uốn trong mặt phẳng song song với mặt phẳng bản giằng, thanh giằng;

φ_{min} - hệ số uốn dọc nhỏ hơn khi uốn trong hai mặt phẳng;

$\varphi = 0,024 - 0,00007\lambda$ nhưng không lớn hơn 0,015 đối với thanh làm từ thép than và không lớn hơn 0,017 đối với thanh làm từ thép hợp kim thấp;

λ - độ mảnh của thanh trong mặt phẳng song song với mặt phẳng thanh giằng, bản giằng.

Giả thiết giá trị của lực cắt Q không thay đổi trên cả chiều dài thanh.

Nếu như diện tích tiết diện thanh vừa chịu nén vừa chịu kéo được xác định theo tính toán về mô men với hệ số γ thì trị số của lực cắt giả định Q trong công thức trên phải nhân lên với γ/φ_{min} . Nếu tiết diện thanh xác định theo lực kéo thì giá trị của Q còn nhân thêm tỉ số giữa lực nén trên lực kéo.

Khi có lực cắt thực sự tác dụng, chẳng hạn thanh cổng cầu, thì tính toán với tổng lực cắt thực và lực cắt giả định.

Nếu thanh giằng bố trí trong hai hoặc nhiều mặt phẳng song song thì lực cắt sẽ phân chia đều. Khi liên kết các nhánh thanh bằng một tấm thép bản (hoặc tập bản) dài suốt thì coi bản thép này tiếp nhận một nửa lực Q , một nửa còn lại sẽ chia đều cho các mặt phẳng có bố trí thanh giằng, bản giằng.

4.4.3.3. Tính toán thanh giằng

Thanh giằng được tính toán như các thanh xiên của một giàn với nội lực

$$S = \frac{Q_0}{\sin \alpha} \text{ hoặc } S = \frac{Q_0}{2 \sin \alpha} \text{ (khi cấu tạo thanh giằng kép),} \quad (4-56)$$

trong đó:

Q_0 - lực cắt tác dụng lên một mặt phẳng thanh giằng;

α - góc nghiêng của thanh giằng đối với trục thanh cơ bản (hình 4-8a).

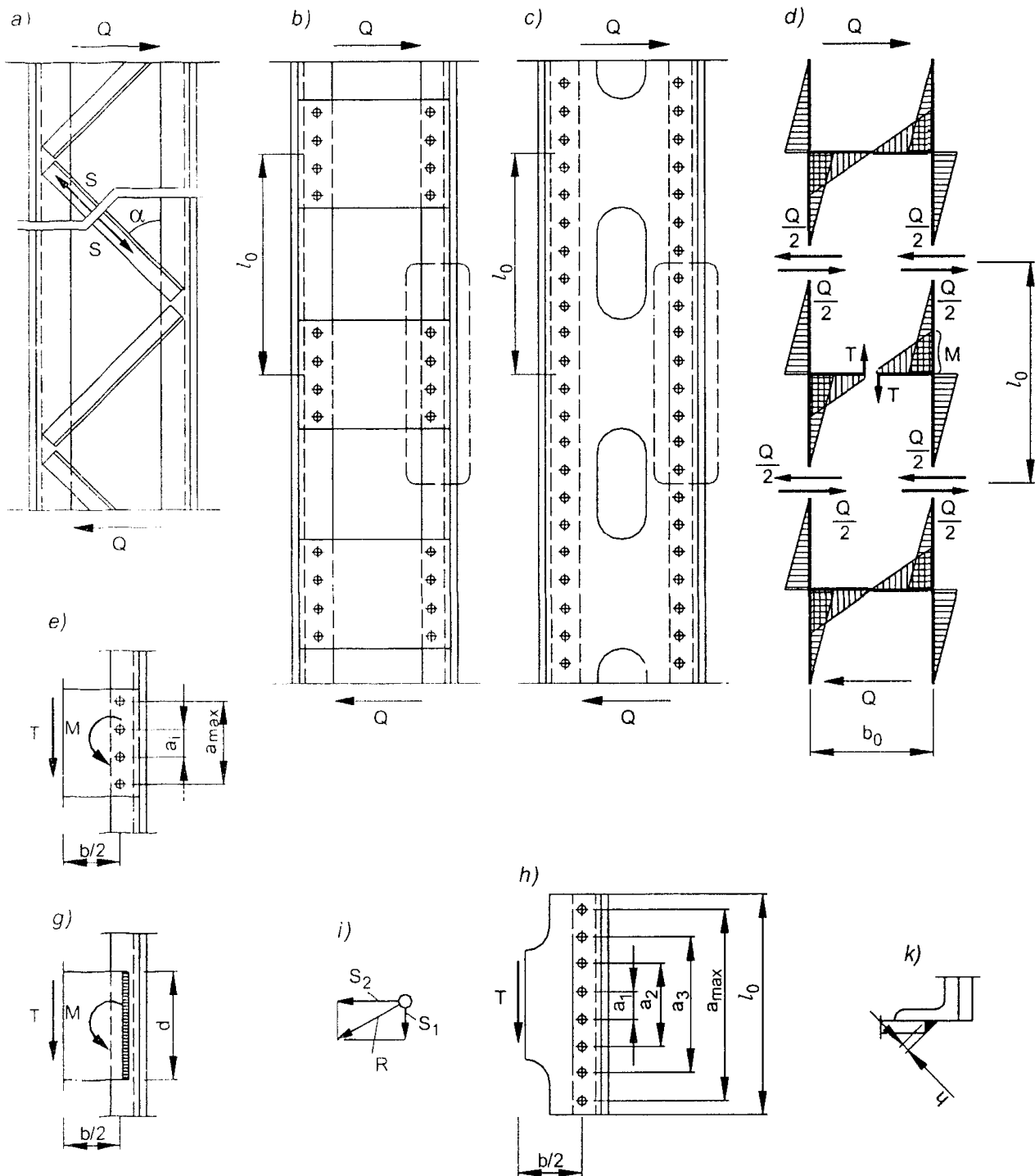
Khi tính thanh giằng làm bằng thép góc, phải đưa vào hệ số điều kiện làm việc m_2 để xét điều kiện liên kết lệch tâm của chúng. Hệ số m_2 lấy như sau:

+ thép góc cánh đều: $m_2 = 0,75$;

+ thép góc cánh không đều liên kết qua cánh nhỏ: $m_2 = 0,7$;

liên kết qua cánh lớn: $m_2 = 0,8$.

Tiết diện của thanh giằng được chọn và kiểm tra theo điều kiện thanh làm việc chịu nén.



Hình 4-8. Sơ đồ tính toán thanh giằng, bản giằng

4.4.3.4. Tính bản giằng

Mô men uốn và lực cắt tại tiết diện đầu bản giằng:

$$M = \frac{Q_0 l_0}{2} \text{ và } T = \frac{Q_0 l_0}{b_0}, \quad (4-57)$$

trong đó: l_0 và b_0 - khoảng cách giữa tâm các bản giằng và giữa các trục của hai nhánh thanh (hình 4-8d).

Nội lực tác dụng lên đỉnh tán ngoài cùng của liên kết bản giằng:

do lực cắt:
$$S_1 = \frac{T}{m}; \quad (4-58)$$

do mô men uốn:
$$S_2 = M \cdot \frac{a_{\max}}{\sum a_i^2}, \quad (4-59)$$

trong đó:

m - số đỉnh tán liên kết một đầu bản giằng vào một nhánh;

a_i - khoảng cách giữa các cặp đỉnh tán đối xứng nhau qua điểm giữa của hàng đỉnh (hình 4-8e);

$a_{\max}$ - khoảng cách hai đỉnh tán ngoài cùng.

Nội lực tổng cộng và điều kiện kiểm tra:

$$R = \sqrt{S_1^2 + S_2^2} \leq [S_d]_{\text{cắt}}, \quad (4-60)$$

trong đó : $[S_d]_{\text{cắt}}$ - nội lực cho phép của đỉnh tán khi chịu cắt một mặt.

Kiểm tra ứng suất cắt trong bản giằng:

$$\tau = \frac{3}{2} \frac{T}{\delta a} \leq 0,6 R_0, \quad (4-61)$$

trong đó : δ và a - chiều dày và chiều rộng (theo phương trục thanh cơ bản) của bản giằng.

Nếu bản giằng liên kết vào các nhánh bằng cách hàn thì ứng suất tại các mối hàn sẽ là:

do lực trượt:
$$\tau_1 = \frac{T}{0.7hd}; \quad (4-62)$$

do mô men uốn:
$$\tau_{21} = \frac{6M}{0.7hd^2}, \quad (4-63)$$

trong đó:

d - chiều dài đường hàn, bằng $a - 2 \text{ cm}$;

h - chiều cao của đường hàn.

Ứng suất tính toán tổng cộng và điều kiện kiểm tra:

$$\tau_{\max} = \sqrt{\tau_1^2 + \tau_2^2} \leq 0,75R_0. \quad (4-64)$$

4.4.3.5. Tính bản có khoét lỗ

Tính toán liên kết giữa bản với nhánh thanh cơ bản giống như trường hợp bản giằng và đưa vào tính toán toàn bộ số đỉnh tán nằm trong phạm vi giữa tim của hai lỗ khoét.

4.4.3.6. Tính toán độ mảnh của thanh có tiết diện ghép

Độ mảnh của thanh trong mặt phẳng vuông góc với mặt phẳng của thanh giằng, bản giằng tính như thanh đơn.

Độ mảnh của thanh trong mặt phẳng của thanh giằng, bản giằng xác định như độ mảnh tương đương theo các công thức:

khi ghép bằng bản giằng hoặc bản khoét lỗ:

$$\lambda_{td} = \sqrt{\lambda^2 + \lambda_{nh}^2}; \quad (4-65)$$

khi ghép bằng thanh giằng:

$$\lambda_{td} = \lambda \sqrt{1 + k\beta_{ch} \frac{F_{ng}}{F_{ch}}}, \quad (4-66)$$

trong đó:

λ - độ mảnh của thanh trong mặt phẳng thanh giằng, bản giằng khi xem như một thanh đơn;

λ_{nh} - độ mảnh của một nhánh:

$$\lambda_{nh} = \frac{l_{nh}}{r_{nh}}; \quad (4-67)$$

l_{nh} - chiều dài tự do của nhánh, lấy như sau:

+ đối với bản giằng: bằng khoảng cách giữa hai đỉnh tán ngoài cùng gần nhau hoặc hai đầu mối hàn của hai bản giằng liên tiếp nhau;

+ đối với bản có khoét lỗ: bằng 0,8 chiều dài lỗ;

r_{nh} - bán kính quán tính của tiết diện một nhánh lấy với trục đi qua trọng tâm của nhánh đó và vuông góc với mặt phẳng bản giằng;

F_{ng} và F_{ch} - diện tích tiết diện toàn bộ của thanh ghép không trừ giảm yếu và của các thanh giằng chéo nằm trong một mặt cắt ngang thanh cơ bản;

$\beta_{ch} = 1,8$ nếu thanh giằng làm bằng thép góc;

$\beta_{ch} = 1,4$ nếu thanh giằng làm bằng thép bản;

k - hệ số, lấy bằng $\frac{0,3}{\lambda}$ khi $\lambda \leq 100$ và bằng $\frac{30}{\lambda^2}$ khi $\lambda > 100$.

4.5. TÍNH TOÁN GIÀN CHỦ CHỊU CÁC TẢI TRỌNG NẪM NGANG

4.5.1. Xác định nội lực trong các thanh biên của giàn

Các thanh biên của giàn chủ đồng thời cũng là thanh biên của hệ liên kết dọc, cho nên chúng sẽ chịu các tải trọng nằm ngang.

Khi tính toán cần xét các tổ hợp tải trọng sau:

* Tổ hợp tải trọng phụ 1:

+ Tính tải trọng gió thổi ngang cầu có cường độ $\omega_0 = 50\text{kg/m}^2$ đối với cầu ô tô, 100kg/m^2 đối với cầu xe lửa (hệ số siêu tải của gió $n = 1,2$) tác dụng lên diện chắn gió của kết cấu nhịp và đoàn xe lửa (không tính gió tác dụng lên ô tô, xe xích...).

+ Nội lực tính được sẽ cộng với nội lực do tĩnh tải và hoạt tải thẳng đứng (với hệ số siêu tải của hoạt tải là $0,8n_h$).

* Tổ hợp tải trọng phụ 2:

+ Tính với lực lắc ngang của ô tô hoặc xe lửa, lấy như sau:

➤ xe lửa: tải trọng phân bố đều $z = 0,025Z$ (T/m);

➤ ô tô H-30 $z = 0,4$ (T/m);

➤ ô tô H-10 $z = 0,2$ (T/m);

➤ giá trị của z không phụ thuộc vào số làn xe;

+ xe đặc biệt HK-80: tải trọng tập trung $Z = 5T$;

+ xe xích HΓ-60: tải trọng tập trung $Z = 4T$.

+ hệ số siêu tải của lực lắc ngang cũng lấy bằng $0,8n_h$.

* Tổ hợp tải trọng chính:

+ Tính với tải trọng gió $\omega_g = 180\text{kg/m}^2$ (hệ số siêu tải của gió $n = 1,5$).

+ Nội lực tính được sẽ được cộng với nội lực do tĩnh tải gây ra.

Khi tính với các tổ hợp nêu trên, để tính nội lực do tĩnh tải và hoạt tải thẳng đứng có thể sử dụng các kết quả đã tính được ở mục 4.3.3 và cần chú ý rằng nội lực do hoạt tải thẳng đứng phải giảm đi 20%.

Khi tính áp lực gió tác dụng lên các bộ phận của kết cấu nhịp, cần xét tới hệ số chắn gió, lấy như sau:

+ đối với giàn chủ: $k_g = 0,4$ khi kết cấu nhịp có hai giàn chủ; $k_g = 0,5$ khi có ba giàn chủ trở lên;

+ đối với phần xe chạy (dầm dọc, bản mặt cầu, mặt đường, tà vẹt, ray) và đoàn xe lửa: $k = 1$;

+ đối với lan can: tùy theo mức độ chắn gió ít hay nhiều mà lấy $k_{lc} = 0,3 - 0,8$.

Tải trọng ngang phân chia cho các hệ liên kết dọc như sau:

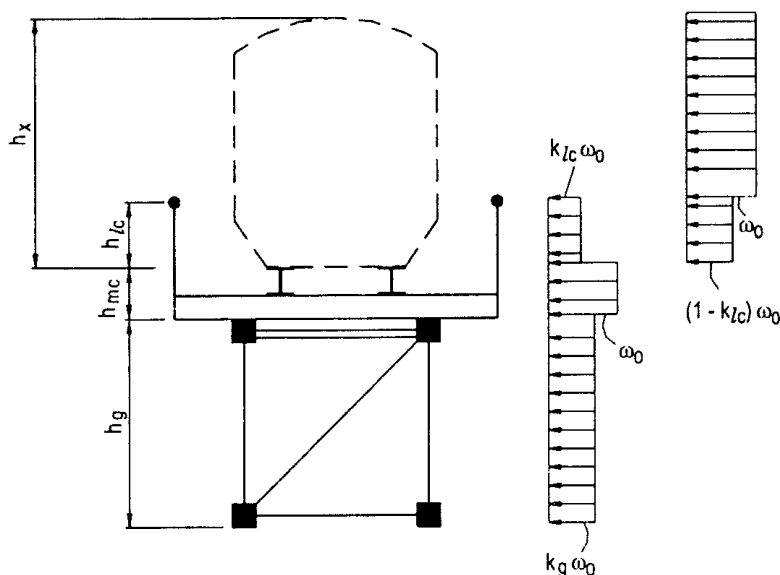
+ trong cầu có hai hệ liên kết dọc trên và dưới mỗi hệ sẽ chịu 60% áp lực gió truyền lên giàn chủ;

+ áp lực gió truyền lên các bộ phận còn lại và lực lắc ngang sẽ truyền 80% lên hệ liên kết dọc ở biên có đường xe chạy và 40% liên hệ liên kết dọc ở biên còn lại;

+ trong cầu chỉ có một hệ liên kết dọc hoặc có bản mặt cầu bê tông cốt thép thay cho hệ liên kết dọc thì chúng sẽ chịu toàn bộ tải trọng ngang.

4.5.1.1. Xác định tải trọng gió lên cầu có đường xe chạy trên

Trước hết cần căn cứ vào mặt cắt ngang cầu để xác định chiều cao của từng bộ phận chắn gió (hình 4-9).



Hình 4-9. Tải trọng gió tác dụng lên giàn có đường xe chạy trên

Ký hiệu: h_g , h_{mc} , h_{lc} , h_x - chiều cao chắn gió của giàn chủ, phần xe chạy, lan can và đoàn xe lửa, trong đó $h_x = 3m$.

Căn cứ vào các hệ số chắn gió, vẽ biểu đồ áp lực gió tác dụng lên mặt cắt ngang cầu.

Tải trọng gió tác dụng lên 1 mét dài của hệ liên kết được tính như sau (tương ứng với hình 4-9):

* Đối với hệ liên kết trên (thuộc biên có đường xe chạy):

+ gió tác dụng lên kết cấu nhịp:

$$\omega'' = (0,6 k_g h_g + 0,8 h_{mc} + 0,8 k_{lc} h_{lc}) \omega_0 \text{ (T/m);} \quad (4-69)$$

+ gió tác dụng lên đoàn xe lửa:

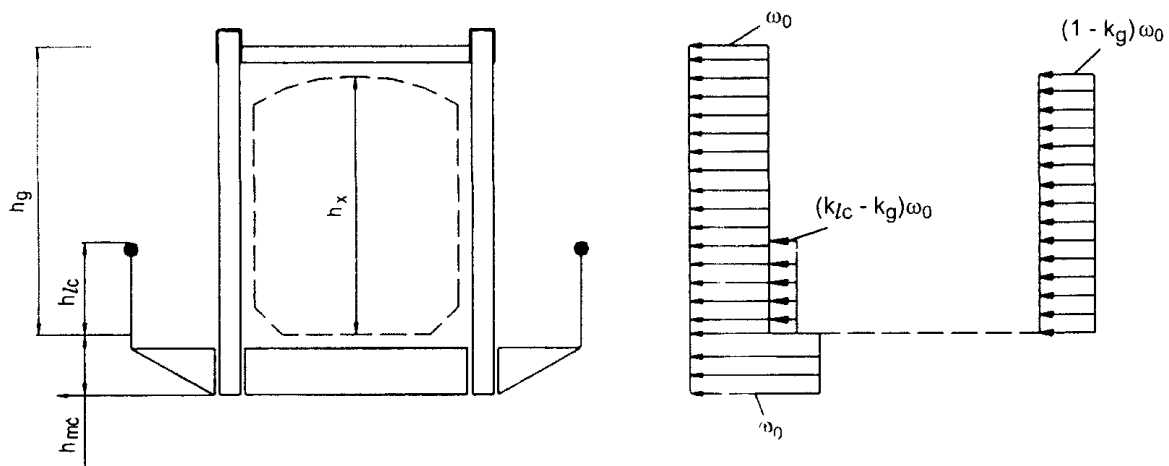
$$\omega_h'' = 0,8 (h_x - k_{lc} h_{lc}) \omega_0. \quad (4-70)$$

* Đối với hệ liên kết dưới, các hệ số 0,8 ở hai công thức trên sẽ thay bằng 0,4.

4.5.1.2. Xác định tải trọng gió lên cầu có đường xe chạy dưới

Việc xác định chiều cao chắn gió và vẽ biểu đồ áp lực gió tác dụng lên mặt cắt ngang cầu theo nguyên tắc như mục 4.5.1.1.

Tải trọng gió tác dụng lên 1 mét dài của hệ liên kết được tính như sau (tương ứng với hình 4-10):



Hình 4-10. Tải trọng gió tác dụng lên giàn có đường xe chạy dưới

* Đối với hệ liên kết dưới (thuộc biên có đường xe chạy):

+ gió tác dụng lên kết cấu nhịp:

$$\omega^d = \left[0,6 k_g h_g + 0,8 h_{mc} + 0,8 (k_{lc} - k_g) h_{lc} \right] \omega_0 \text{ (T/m);} \quad (4-71)$$

Chú ý: $(k_{lc} - k_g)$ không nhỏ hơn 0,1

+ gió tác động lên đoàn xe lửa

$$\omega_h^d = 0,8 (1 - k_g) h_x \omega_0. \quad (4-72)$$

* Đối với hệ liên kết trên, các hệ số 0,8 được thay bằng 0,4.

4.5.1.3. Xác định nội lực trong các thanh biên của giàn có hai biên song song

Nội lực S_ω trong các thanh biên do tải trọng gió có thể xác định một cách gần đúng theo công thức:

$$S_\omega = \frac{n(\omega + \omega_h)a}{2}(l_{lk} - a)\frac{1}{B}, \quad (4-73)$$

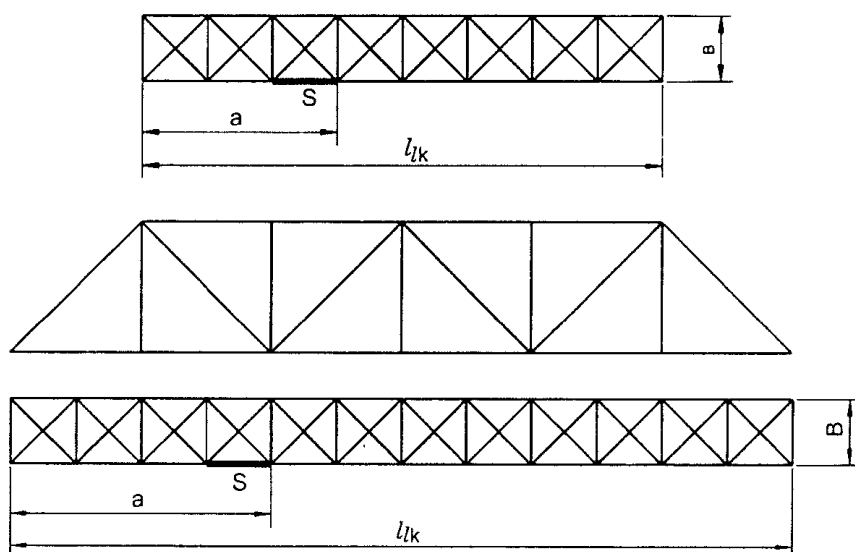
trong đó:

a - khoảng cách từ điểm cuối (điểm gần giữa nhịp) của thanh biên đang khảo sát đến đầu giàn (hình 4-11);

l_{lk} - nhịp của giàn liên kết;

B - khoảng cách giữa hai tim giàn chủ.

Khi không có xe lửa chạy trên cầu thì trong công thức tính S_ω không có ω_h .



Hình 4-11. Để tính giàn liên kết

Nội lực S_Z trong thanh biên do lực lắc ngang của xe lửa và ô tô:

$$S_Z = \frac{0,8n_h.Z.a}{2}(l_{lk} - a)\frac{1}{B}, \quad (4-74)$$

đối với tải trọng xe lửa, hệ số siêu tải n_h lấy theo chiều dài $\lambda = l_{lk}$.

Nội lực do lực lắc ngang của xe đặc biệt hoặc xe xích:

$$S_Z = \frac{0,8n_h.Z.a}{l_{lk}}(l_{lk} - a)\frac{1}{B}. \quad (4-75)$$

Sau khi xác định được S_ω và S_Z , lấy trị số lớn hơn để cộng với nội lực do tĩnh tải và hoạt tải thẳng đứng (tổ hợp tải trọng phụ 1 và 2).

4.5.1.4. Xác định nội lực trong các thanh biên của giàn có biên đa giác

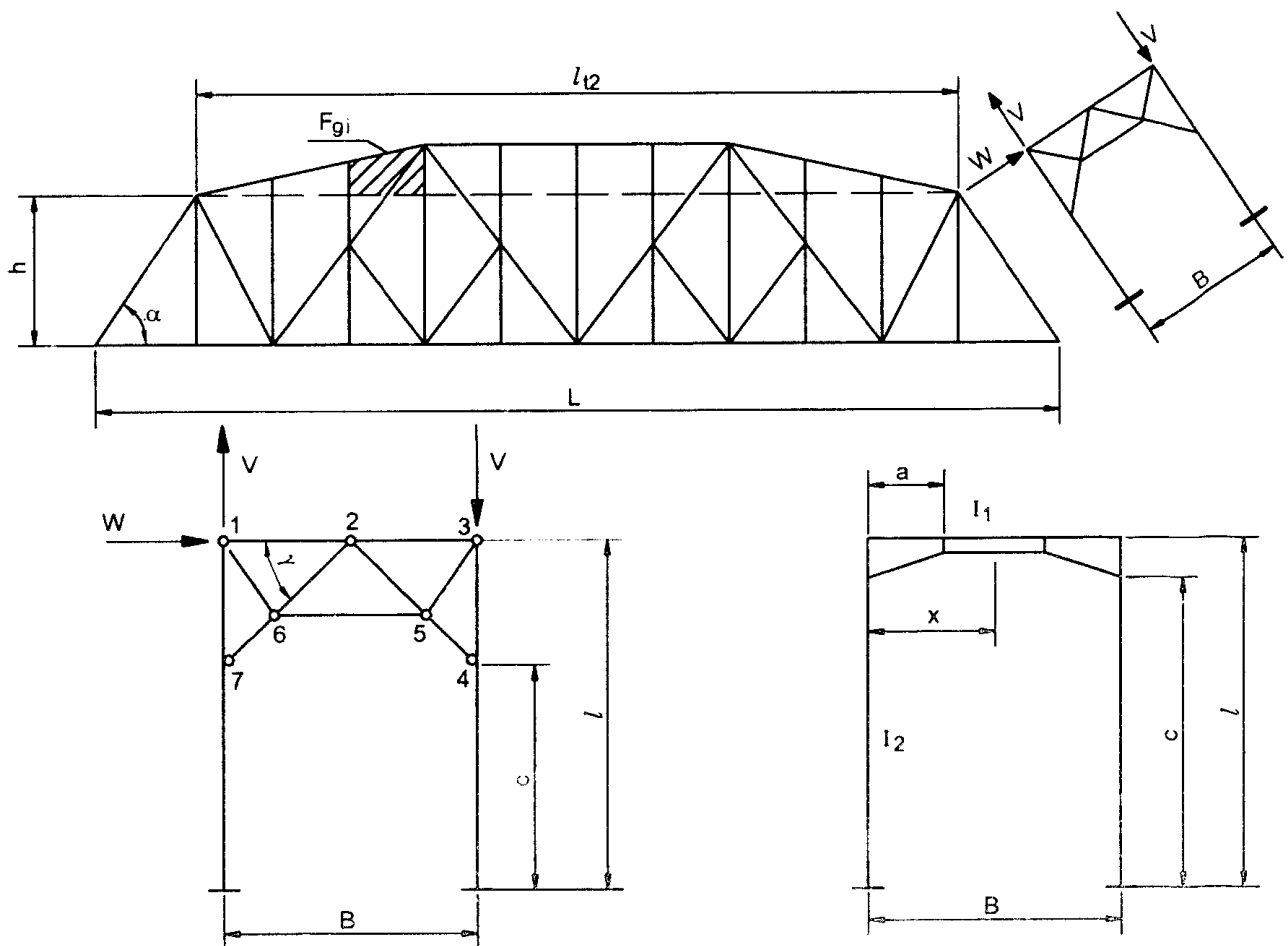
Tải trọng gió có thể coi là không đổi theo chiều dài hệ liên kết.

Trước tiên cứ tính các nội lực S_w , S_z như trong cầu có biên song song, sau đó nhân với $1/\cos\beta$, trong đó β là góc nghiêng so với phương nằm ngang của thanh biên, sẽ được nội lực trong các thanh biên.

4.5.2. Xác định nội lực trong cổng cầu

Trong kết cấu nhịp có đường xe chạy dưới, cần phải cấu tạo cổng cầu trong mặt phẳng các thanh xiên hoặc thanh đứng đầu giàn để truyền tải trọng ngang từ hệ liên kết dọc trên xuống gối cầu.

Sơ đồ tính toán cổng cầu thể hiện trên hình 4-12.



Hình 4-12. Để tính liên kết cổng cầu

Tải trọng tác động lên cổng cầu gồm có:

- Tải trọng nằm ngang

$$W = \frac{\omega l_{tr}}{2} n ; \quad (4-76)$$

- Tải trọng thẳng đứng

$$V = \frac{\sum_0^{L/2} \omega_0 k_g F_{gi} z_i}{B} n, \quad (4-77)$$

trong đó:

ω - cường độ tải trọng gió phân bố đều theo chiều dài của hệ liên kết trên,

$$\omega = \omega^{tr} + \omega_h^{tr};$$

ω^{tr} và ω_h^{tr} đã tính được ở mục 4.5.1b công thức (4-69), (4-70);

ω_0 - cường độ tải trọng gió;

k_g - hệ số chắn gió của giàn chủ;

l_{tr} - chiều dài của hệ liên kết trên;

F_{gi} - diện tích phần nằm phía trên trục nằm ngang đi qua nút trên của cổng cầu (trục nét đứt trong hình 4-12) của khoang giàn thứ i ;

z_i - khoảng cách từ trọng tâm diện chắn gió F_{gi} đến trục nói trên;

B - khoảng cách giữa hai giàn chủ;

n - hệ số siêu tải của tải trọng gió.

Trong kết cấu nhịp giàn có biên trên nằm ngang thì lực $V = 0$.

Giả thiết rằng, chân khung cổng cầu ngàm tại nút gối, khi đó vị trí điểm có mô men bằng 0 cách chân khung một đoạn l_0 được tính theo công thức:

+ Khi phần trên cổng cầu có cấu tạo dạng giàn:

$$l_0 = \frac{c(c+2l)}{2(2c+l)}, \quad (4-78)$$

trong đó: $l = h/\sin\alpha$.

+ Khi phần trên cổng cầu có dạng một dầm:

$$l_0 = \frac{l(B-2a)^2 I_2 + 2Bc(c+2l)I_1}{(B-2a)^2 I_2 + 4B(2c+l)I_1}, \quad (4-79)$$

trong đó:

I_1, I_2 - mô men quán tính của xà ngang và chân khung lấy với trục trung hoà vuông góc với mặt phẳng của cổng cầu;

các ký hiệu khác xem trên hình 4-12.

Lực dọc tính toán trong chân khung sẽ là:

$$N_g = V + \frac{W(l - l_0)}{B}. \quad (4-80)$$

Mô men uốn tính toán trong chân khung:

$$M_g = \frac{W}{2}l_0 \text{ hoặc } \frac{W}{2}(c - l_0) \text{ (tùy theo giá trị nào lớn hơn)}. \quad (4-81)$$

Lực dọc trong các thanh của cổng cầu có dạng giàn:

$$S_{1-2} = -W; \quad S_{2-4} = -\frac{W}{2\cos\gamma}; \quad S_{2-7} = \frac{W}{2\cos\gamma}; \quad S_{3-5} = S_{5-6} = S_{6-1} = 0. \quad (4-82)$$

Mô men uốn trong xà ngang dạng dầm:

$$M_x = \frac{W}{2}(l - l_0) - V.x. \quad (4-83)$$

Để có được nội lực tính toán tổng cộng trong thanh xiên hoặc đứng đầu giàn (có bố trí cổng cầu) cần xét hai tổ hợp tải trọng:

- Tổ hợp tải trọng phụ: khi có tàu xe chạy trên cầu;
- Tổ hợp tải trọng chính: không có tàu xe trên cầu.

Cường độ gió, các hệ số siêu tải của gió, của hoạt tải thẳng đứng xem ở mục 4.5.1.

Ngoài ra, cần xét đến lực dọc trong chân cổng cầu nghiêng sẽ gây ra nội lực phụ trong thanh biên dưới đầu giàn, có giá trị:

$$S_b = N_g \cos\alpha. \quad (4-84)$$

Nội lực S_b sẽ được cộng với nội lực S_w đã tính ở công thức (4-73).

4.5.3. Nội lực trong các thanh do tác dụng của lực hãm, lực ma sát ở gối cầu

Các nội lực này sẽ tính cho biên giàn có bố trí gối cầu.

Đối với cầu ô tô, lực hãm được coi là lực tập trung đặt ở mặt đường xe chạy có giá trị như sau:

+ H = 0,3P nếu chiều dài nhịp	L < 25m;
+ H = 0,6P nếu	25 < L < 50m;
+ H = 0,9P nếu	L > 50m,

trong đó: P - trọng lượng một xe đặc biệt.

Cầu có bao nhiêu làn xe cùng chạy về một hướng thì lực H sẽ được nhân lên bấy nhiêu lần.

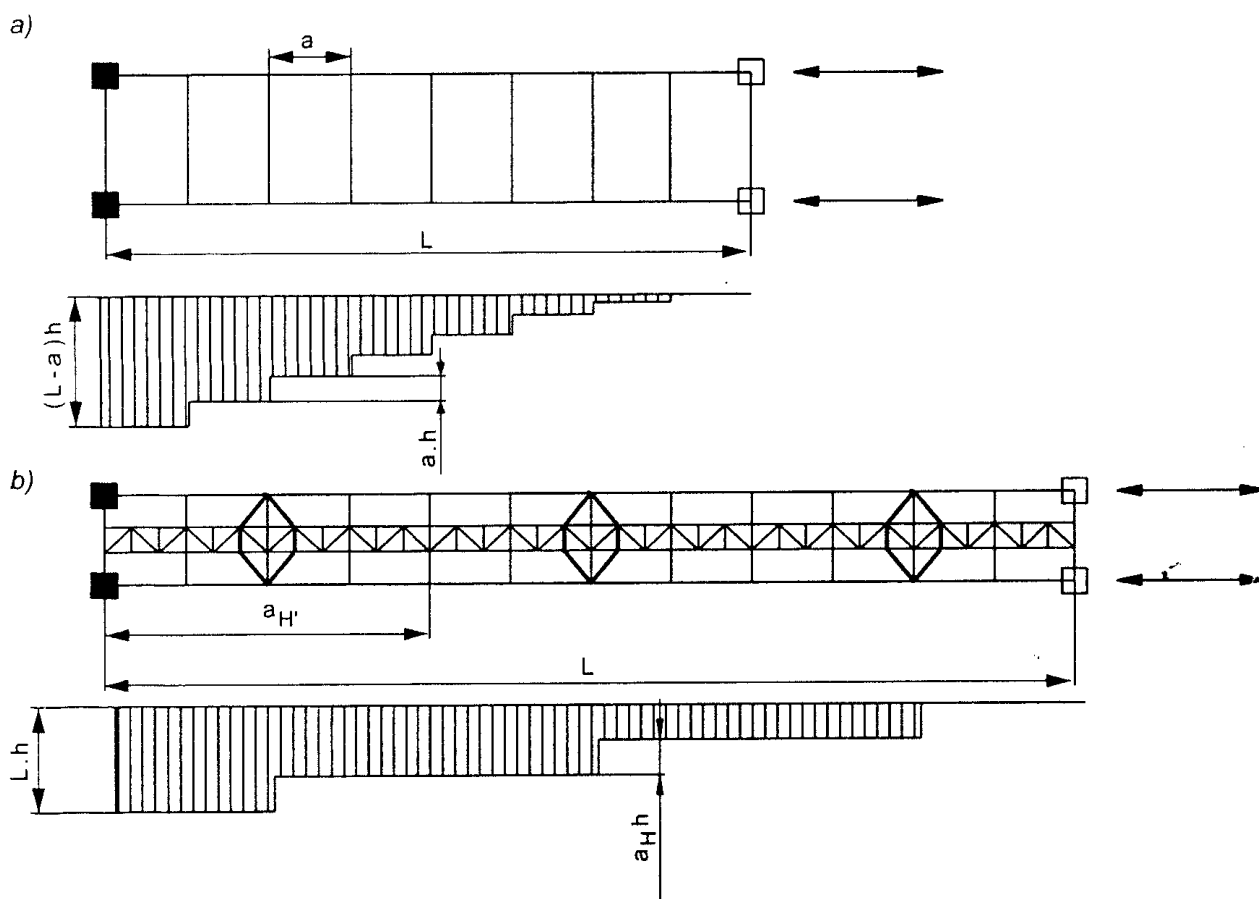
Cũng cần nhớ rằng giá trị lực hãm cho ở trên là tính chung cho tất cả các giàn chủ, để tính toán với một giàn phải chia cho số giàn.

Đối với cầu xe lửa, lực hãm được coi là tải trọng phân bố đều có điểm đặt cách đỉnh ray 2m, giá trị bằng 10% hoạt tải thẳng đứng tác dụng trên kết cấu nhịp.

Trong cầu ô tô, thanh biên của khoang kê với gối di động có nội lực gây ra bởi lực hãm bằng 0, nội lực trong các thanh biên còn lại là như nhau và bằng lực hãm tác dụng lên một giàn chủ.

Trong cầu xe lửa, tại các khoang khác nhau, nội lực trong thanh biên do lực hãm gây ra có giá trị khác nhau. Nội lực trong thanh ở khoang ngay kề với gối di động bằng 0; nội lực trong thanh ở khoang kê với gối cố định có giá trị lớn nhất và bằng $(L - a) \cdot h$; còn các thanh ở hai khoang kê nhau sẽ có nội lực chênh nhau là $a \cdot h$, trong đó: h - lực hãm phân bố lên 1 mét dài một giàn chủ; a - chiều dài của khoang giàn (hình 4-13a).

Nếu cầu tạo các dầm dọc gián đoạn và bố trí các liên kết truyền lực hãm thì các liên kết này sẽ truyền lực hãm lên biên giàn. Khi đó biểu đồ nội lực trong các thanh biên sẽ có dạng trên (hình 4-13b).



Hình 4-13. Nội lực trong thanh biên do lực hãm

Lực hãm cũng sẽ gây ra phản lực nằm ngang tại khớp gối cố định, lệch tâm so với trục của thanh biên một khoảng là e . Mô men uốn phụ tại đầu các thanh quy tụ vào nút gối $M = H \cdot e$ sẽ phân phối cho các thanh theo tỷ lệ độ cứng trên chiều dài của chúng. Chẳng hạn, mô men uốn trong thanh biên (hình 4-14):

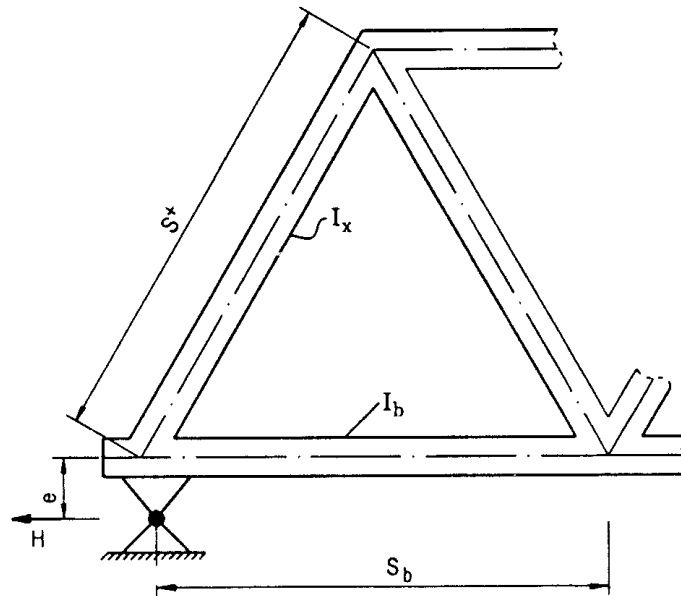
$$M_b = \frac{H.e}{\frac{I_b}{s_b} + \frac{I_x}{s_x}} \cdot \frac{I_b}{s_b} = \frac{H.e}{1 + \frac{I_x.s_b}{I_b.s_x}}, \quad (4-85)$$

trong đó:

I_b và I_x - mô men quán tính của thanh biên và thanh xiên đầu giàn;

s_b, s_x - chiều dài lý thuyết của các thanh đó;

e - khoảng cách từ trục thanh biên đến khớp gối cố định.



Hình 4-14. Để tính nội lực do lệch tâm của lực hãm

Cũng cần tính mô men uốn phụ trong các thanh quy tụ vào nút gối một cách tương tự như trên nhưng do lực ma sát ở gối di động gây ra:

$$H_f = f.A, \quad (4-86)$$

trong đó:

A - phản lực gối do tĩnh tải và hoạt tải (không có hệ số xung kích);

f - hệ số ma sát trong gối di động, khi có con lăn: $f = 0,05$.

Vì giá trị mô men nút gối phụ thuộc vào độ lệch tâm e , nên muốn tính toán và kiểm tra chúng một cách chính xác phải định được kích thước thốt trên của gối cầu (xem mục 4.8).

Nội lực trong các thanh của giàn do lực hãm gây ra sẽ cộng với nội lực do tĩnh tải và hoạt tải thẳng đứng có hệ số siêu tải bằng $0,8n_h$ (tổ hợp tải trọng phụ).

Sau khi đã xác định được nội lực trong các thanh của giàn theo các nội dung đã trình bày trong mục này, cần đem so sánh với các nội lực đã xác định ở mục 4.3.3. Đối với những thanh nào cho kết quả lớn hơn thì phải kiểm tra lại tiết diện theo các nội dung đã nêu ở mục 4.4.2.

4.6. CẤU TẠO VÀ TÍNH TOÁN NÚT GIÀN

4.6.1. Tính mối nối liên kết các thanh xiên và thanh đứng vào bản nút

Các thanh có thể nối áp chồng vào bản nút hoặc vừa áp chồng vừa đối đầu và có thêm bản nối. Việc bố trí các đỉnh tán hoặc bu lông cường độ cao phải tuân theo các quy định về khoảng cách giữa các đỉnh hoặc bu lông nêu trong Phụ lục 6.

4.6.1.1. Liên kết tán đỉnh

Mối liên kết được tính toán theo phương pháp cân bằng cường độ.

- Nếu các đỉnh tán cùng ở trong điều kiện chịu lực như nhau (hình 4-15a), có thể coi nội lực trong thanh chia đều cho các đỉnh cùng chịu như nhau.

Số lượng đỉnh khi tính theo điều kiện chịu cắt:

$$n = \mu_c F_{tt}; \quad (4-87)$$

khi tính theo ép mặt:

$$n = \mu_{em} F_{tt}, \quad (4-88)$$

trong đó:

trị số μ_c và μ_{em} cho ở Phụ lục 4

F_{tt} - diện tích tính toán của tiết diện thanh, lấy theo trị số nhỏ hơn giữa các giá trị sau:

- + diện tích đã trừ giảm yếu của thanh F_{gy} ;
- + diện tích tiết diện nguyên nhân với hệ số uốn dọc φF_{ng} , nếu tiết diện chọn theo cường độ;
- + nếu tiết diện được chọn theo tính toán về mỏi:

$$F_{tt} = F_{gy} \cdot \frac{\gamma_t}{\gamma_d}; \quad (4-89)$$

γ_t , γ_d - hệ số giảm cường độ tính toán của thép phân tố và của đỉnh tán (xem phần Chỉ dẫn chung).

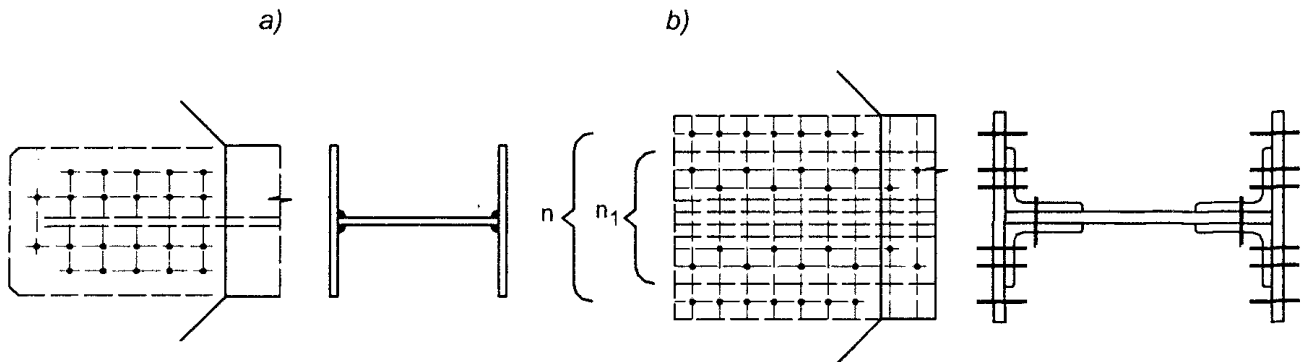
- Nếu thanh có nhiều thành phần, các đỉnh tán liên kết các thành phần khác nhau vào bản nút sẽ làm việc khác nhau (trong hình 4-15b). Các đỉnh thuộc nhóm n_1 làm việc nặng hơn các đỉnh còn lại, vậy sau khi tính được số đỉnh n_1 phải kiểm tra với sự tác dụng đồng thời của nội lực trong tất cả các phân tố mà chúng liên kết. Chẳng hạn như hình 4-15b:

$$\frac{R_0 F_b}{n} + \frac{R_0 F_1}{n_1} \leq [S_d], \quad (4-90)$$

trong đó:

F_b, F_1 - diện tích tính toán của tiết diện bản đứng và của phần còn lại (hai thép góc và nửa bản ngang);

$[S_d]$ - khả năng chịu lực của một đinh tán, là trị số nhỏ hơn giữa $[S_c]$ và $[S_{cm}]$.



Hình 4-15. Để tính liên kết thanh vào nút giàn

Đối với thanh giàn chủ, số lượng đinh tán tối thiểu trong một hàng dọc là 3 đinh nếu có một hàng đinh, và là 2 đinh khi có hai hàng đinh trở lên.

Số hàng đinh tán dọc theo chiều nội lực là không hạn chế, tuy nhiên cũng nên từ 5 hàng trở lại.

Trong các mối nối liên kết lệch tâm đối với mặt phẳng bản nút và nhánh của thanh, nếu các nhánh đó không được ghép lại với nhau bằng bản giằng trong phạm vi mối liên kết thì số đinh tán tính được phải tăng lên 11%.

4.6.1.2. Liên kết bu lông cường độ cao

Số lượng bu lông cường độ cao được tính theo nội lực tính toán trong thanh.

$$n = \frac{N}{S_b \cdot c \cdot m_2}, \quad (4-91)$$

trong đó:

S_b - khả năng chịu lực của một bu lông cường độ cao khi có một mặt làm việc chịu lực ma sát Phụ lục 4, bảng 7-16.

c - số mặt làm việc chịu lực ma sát của bu lông;

m_2 - hệ số điều kiện làm việc, lấy bằng 0,9 với những trường hợp:

- số bu lông trong mối liên kết nhỏ hơn 5;
- số bản thép trong tập nhiều hơn 6;

các trường hợp khác m_2 lấy bằng 1,0.

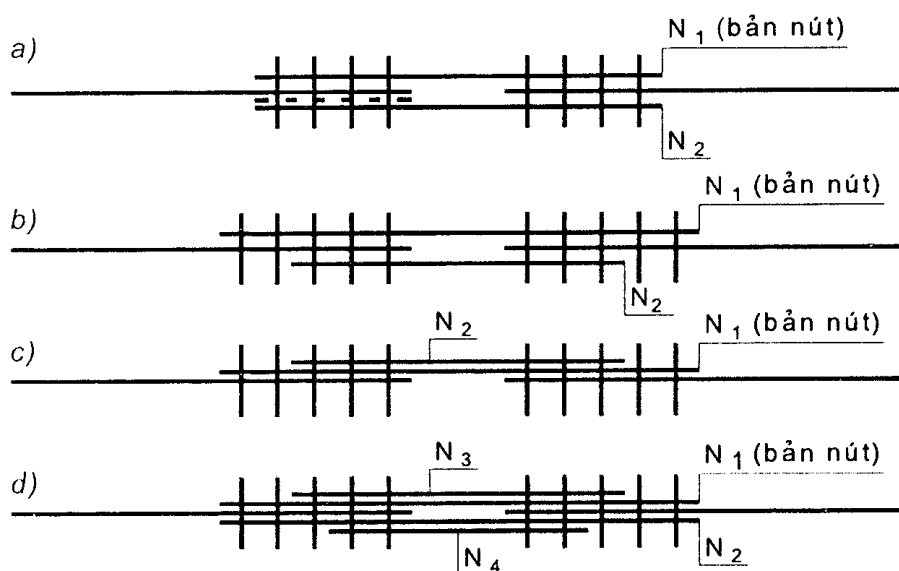
Số lượng bu lông tính được theo công thức trên cần phải tăng thêm $0,5n'$, trong đó: n' - số bu lông ở hàng ngang đầu tiên tính từ thanh vào nút, tức là cường độ tính toán của những bu lông này được tính ở mức 50% so với tiêu chuẩn.

4.6.2. Tính toán mối nối thanh biên

4.6.2.1. Các sơ đồ mối nối

Trên hình 4-16 giới thiệu một số sơ đồ mối nối thanh biên thường gặp nhất.

Đối với loại mối nối có hai bản nối bố trí hai bên (hình 4-16a, b), bản nút được dùng làm nhiệm vụ của bản nối ngoài, chiều dài bản nối phía trong phụ thuộc số lượng đinh tán hoặc bu lông cường độ cao cần thiết để liên kết chúng, có thể bằng chiều dài bản nút hoặc ngắn hơn.



Hình 4-16. Sơ đồ mối nối thanh biên

Trong các nút giàn tán ghép mà các thanh có tiết diện chữ H, người ta hay dùng loại mối nối có bản nối nhiều bậc (hình 4-16c, d).

Khi chọn kích thước các bản nối tại mối nối các thanh biên chịu nén, diện tích tiết diện giảm yếu của chúng không được nhỏ hơn diện tích tiết diện giảm yếu của các phân tố cần nối.

Kích thước bản nối các thanh biên chịu lực kéo chọn với hệ số điều kiện làm việc $m_2 = 0,9$, gần tương ứng với sự tăng diện tích bản nối lên 11% so với diện tích tiết diện phân tố cần nối của thanh biên hoặc bản bù tại nút của các giàn hàn.

4.6.2.2. Tính số lượng đinh tán hoặc bu lông cường độ cao

Trước hết, cần tính toán hệ số mối nối α , là tỉ số giữa diện tích của tiết diện thanh trên diện tích tiết diện mối nối:

$$\alpha = \frac{\sum F_0}{\sum F_0 - \sum F_i + \sum F_n}, \quad (4-92)$$

trong đó:

$\sum F_0$ - tổng diện tích tiết diện các phân tố của thanh;

F_i - diện tích phân tố cần nối trong tiết diện;

$\sum F_n$ - tổng diện tích các bản nối tại tiết diện đó.

Số đinh tán để liên kết mỗi bản nối phải được xác định một cách riêng rẽ theo điều kiện chịu cắt một mặt và ép mặt rồi lấy trị số lớn hơn.

$$n = \mu \alpha F_n^{tt}, \quad (4-93)$$

trong đó: các hệ số μ xem Phụ lục 4

F_n^{tt} - diện tích tính toán của bản nối (F_{gy} , φF_{ng} , $\frac{\gamma_t}{\gamma_d} F_{gy}$) tùy theo tiết diện

được chọn theo bền, theo ổn định hoặc theo mỏi.

Nếu bản nối không áp trực tiếp lên phân tố cần nối thì số đinh (hoặc bu lông) phải tăng lên bằng cách chia cho hệ số điều kiện làm việc m_2 , lấy như sau:

+ khi có một bản thép ngăn cách hoặc khi có hai bản nối không trực tiếp: $m_2 = 0,9$;

+ khi có hai bản thép ngăn cách: $m_2 = 0,8$.

4.6.2.3. Kiểm tra mối liên kết

Khi bản nối có nhiều bậc và đặt một bên (hình 4-16c) các đinh tán liên kết bản nối ngắn hơn sẽ làm việc chịu cắt nặng nhất, cần phải kiểm tra:

$$\frac{\alpha R_0 F_{n1}^{tt}}{n_1} + \frac{\alpha R_0 F_{n2}^{tt}}{n_2} \leq \frac{\pi d^2}{4} R_c^d; \quad (4-94)$$

khi bản nối nhiều bậc đặt cả hai bên (hình 4.16d), thì phải kiểm tra điều kiện đinh làm việc chịu ép mặt:

$$\frac{\alpha R_0 F_{n1}^{tt}}{n_1} + \frac{\alpha R_0 F_{n2}^{tt}}{n_2} + \frac{\alpha R_0 F_{n3}^{tt}}{n_3} + \frac{\alpha R_0 F_{n4}^{tt}}{n_4} \leq d \delta R_{em}^d, \quad (4-95)$$

trong đó:

F_{n1} , F_{n2} , F_{n3} , F_{n4} - diện tích tính toán của các tiết diện bản nối N_1 , N_2 , N_3 , N_4 (xem hình 4-16);

n_1 , n_2 , n_3 , n_4 - số đinh tán để liên kết các bản nối nói trên;

d , δ - đường kính lỗ đinh và bề dày phân tố cần nối.

Một cách tương tự, cũng có thể dễ dàng kiểm tra khả năng chịu lực của các bu lông cường độ cao nào làm việc bất lợi nhất.

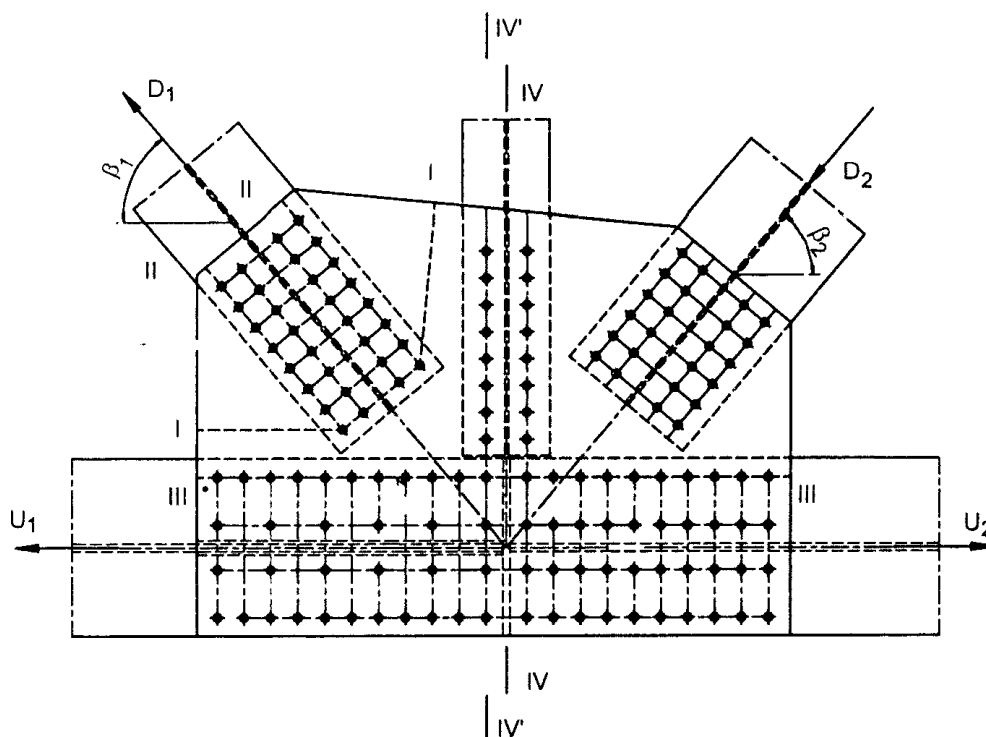
4.6.3. Cấu tạo và kiểm tra cường độ bản nút

Sau khi đã chọn được tiết diện các thanh và tính được số đinh liên kết thanh vào bản nút, có thể tiến hành cấu tạo chi tiết nút giàn theo trình tự sau đây:

- Vẽ các đường trục thanh quy tụ vào nút.
- Theo các kích thước tiết diện đã chọn vẽ các thành phần của thanh gắn vào bản nút, vẽ các bản nối thanh biên.
- Căn cứ vào số đinh tán liên kết cần thiết, bố trí các đinh vào bản nút. Nên bố trí sao cho kích thước của bản nút là nhỏ nhất và có hình thù đơn giản, thanh bị giảm yếu ít nhất, đồng thời bảo đảm các quy định về khoảng cách giữa các đinh cũng như khoảng cách từ đinh đến mép bản thép nêu ra trong Phụ lục 6.

Chiều dày bản nút chọn trên cơ sở tính toán kiểm tra cường độ, đồng thời không mỏng hơn 10mm cho cầu ô tô và 12mm cho cầu xe lửa.

Sau đây là nội dung tính toán kiểm tra:



Hình 4-17. Cấu tạo bản nút và các tiết diện kiểm tra cường độ bản nút

4.6.3.1. Kiểm tra điều kiện bản nút không bị xé rách

Xét tiết diện bị xé rách I-I và II-II trên hình 4-17 và 4-18. Điều kiện kiểm tra:

$$D \leq m_2 \sum R_1 F_i \quad (4-96)$$

trong đó:

D - nội lực tính toán lớn nhất trong thanh xiên;

$m_2 = 0,9$ - hệ số điều kiện làm việc;

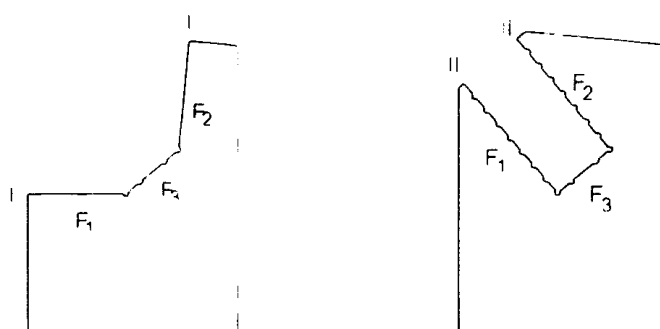
F_i - diện tích các phần của tiết diện theo đường xé rách (đã trừ giảm yếu do lỗ đinh)

R_i - cường độ tính toán của các phần tiết diện bị xé rách, phụ thuộc góc α tạo bởi phương của đường xé rách và phương của trục thanh. Lấy như sau:

$$R_i = R_0 \text{ khi } \alpha = 90^\circ;$$

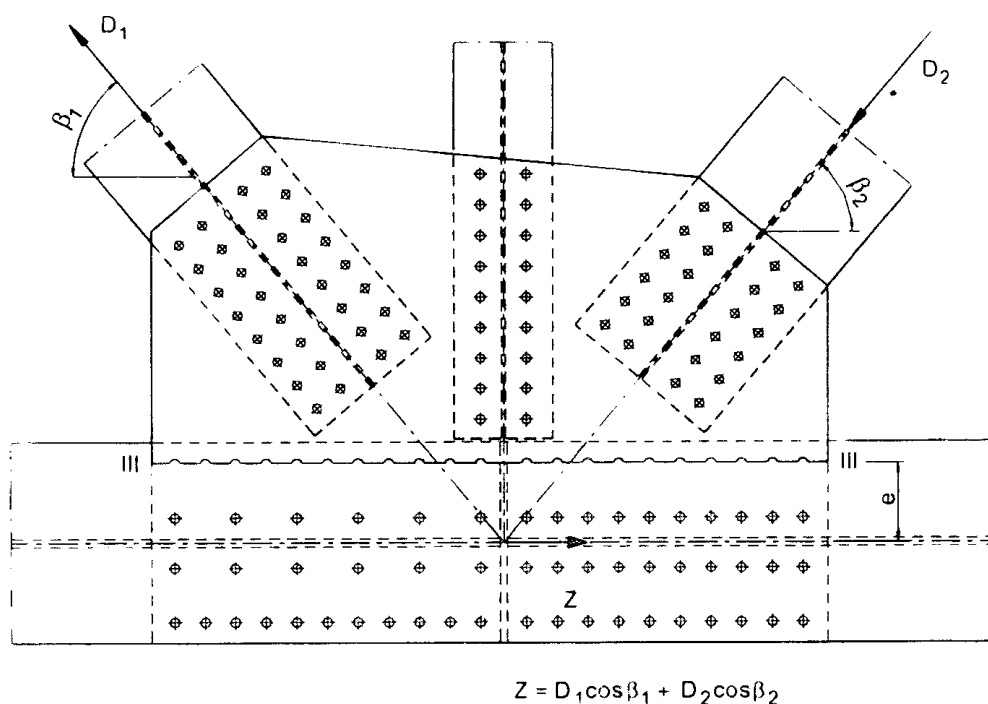
$$R_i = 0,75R_0 \text{ khi } \alpha \leq 60^\circ \quad (4-97)$$

R_i lấy theo nội suy khi $60^\circ < \alpha < 90^\circ$



Hình 4-18. Kiểm tra theo tiết diện I-I và II-II

4.6.3.2. Kiểm tra bản nút theo tiết diện giảm yếu nằm ngang



Hình 4-19: Kiểm tra bản nút theo tiết diện giảm yếu nằm ngang

Tiết diện III - III (hình 4-19) có thể bị phá hoại do tổ hợp các lực trong các thanh quy tụ vào nút, bao gồm:

lực cắt: $Z = D_1 \cos\beta_1 + D_2 \cos\beta_2$;

mô men uốn: $M = Z e$;

lực kéo: $V = V_1 + D_1 \sin\beta_1 + D_2 \sin\beta_2$,

trong đó: e - khoảng cách từ trục thanh biên đến tiết diện III - III.

Công thức kiểm tra:

$$\delta_{III} = \frac{M}{W_{gy}} + \frac{V}{F_{gy}} \leq 0,9 R_u; \quad (4-98)$$

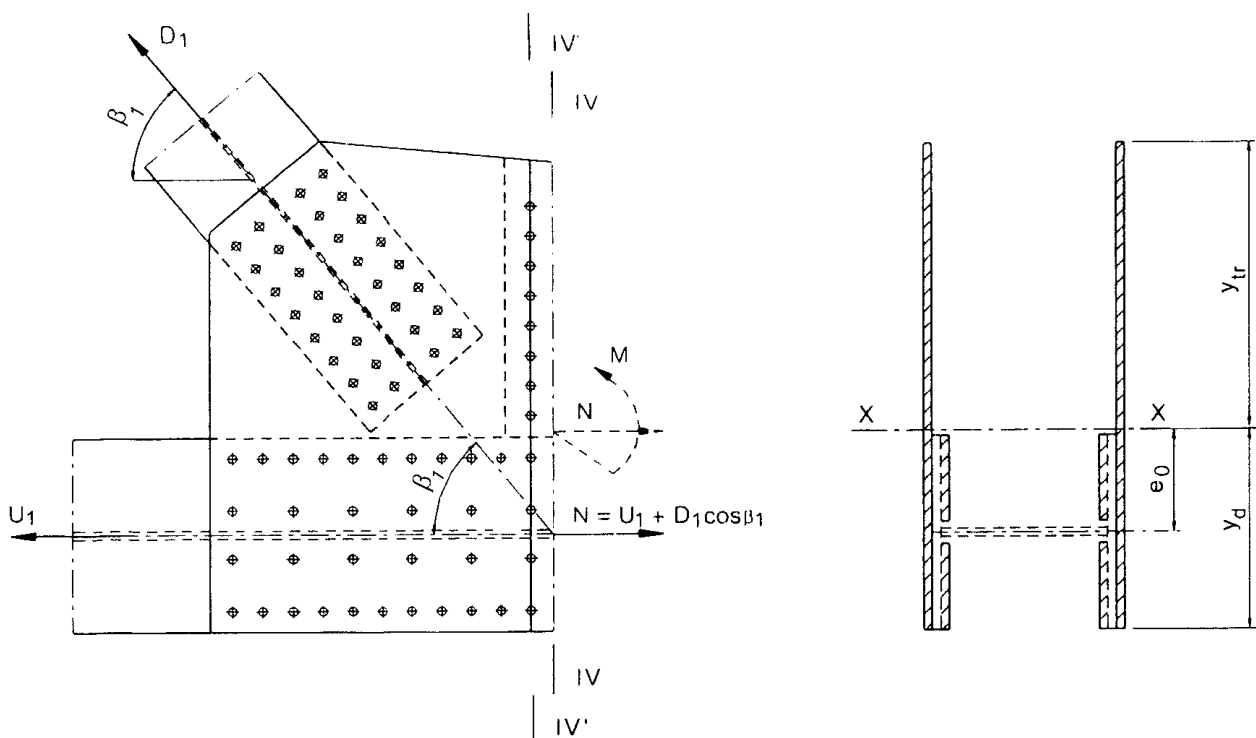
$$\tau_{III} = \frac{3}{2} \frac{Z}{a\delta} \leq R_c, \quad (4-99)$$

trong đó:

F_{gy} và W_{gy} - diện tích và mô men chống uốn đã trừ giảm yếu tại tiết diện III - III của bản nút;

a và δ - chiều dài có kể đến giảm yếu và bề dày bản nút tại tiết diện tính toán.

4.6.3.3. Kiểm tra uốn của tiết diện thẳng đứng



Hình 4-20. Kiểm tra uốn tiết diện thẳng đứng

Xét tiết diện IV - IV đi qua gần trọng tâm của nút (hình 4-20) chịu lực tác dụng:

$$\begin{aligned} N &= U_1 + D_1 \cos \beta_1; \\ M &= N e_0, \end{aligned} \quad (4-100)$$

trong đó: e_0 - khoảng cách từ trục tiết diện thanh biên đến trọng tâm tiết diện IV-IV.

Ứng suất tại mép tiết diện IV - IV:

$$\delta = \frac{N}{F_{gy}} + \frac{M}{I_{gy}} y_2 \leq R_0 \text{ hoặc } R_u \quad (4-101)$$

trong đó:

F_{gy} và I_{gy} - diện tích và mô men quán tính của tiết diện đã trừ giảm yếu theo trục của mặt cắt IV - IV;

y_2 - khoảng cách từ trọng tâm tiết diện đến mép trên của nó.

4.7. TÍNH TOÁN HỆ LIÊN KẾT GIỮA CÁC GIÀN CHỦ

Hệ liên kết được tính toán với các tổ hợp tải trọng đã nêu ra ở mục 4.5.1, ngoài ra có thể phải tính thêm nội lực do trọng lượng bản thân của các thanh trong hệ liên kết.

4.7.1. Nội lực trong các thanh của hệ liên kết dọc do các tải trọng nằm ngang

Các tải trọng nằm ngang tác dụng lên hệ liên kết dọc đã tính được ở mục 4.5.1, sơ đồ tính giới thiệu trên hình 4-11

Nội lực trong các thanh của hệ liên kết dọc được xác định bằng cách chất tải trọng lên đường ảnh hưởng. Nếu hệ liên kết là giàn siêu tĩnh, loại có hai thanh xiên thì có thể vẽ đường ảnh hưởng như giàn tĩnh định (mỗi khoang chỉ có một thanh xiên). Nội lực xác định được sẽ chia đôi.

Nếu đường ảnh hưởng có hai dấu thì đối với tải trọng gió tác dụng lên kết cấu nhịp ω sẽ chất lên toàn bộ đường ảnh hưởng $\Sigma \Omega$, còn tải trọng gió tác dụng lên đoàn xe lửa ω_h và lực lắc ngang z, Z chỉ chất lên phần có diện tích lớn hơn của đường ảnh hưởng Ω_1 .

Nội lực trong thanh xiên do tải trọng gió

- tác dụng lên kết cấu nhịp:

$$S_{\omega} = \frac{\omega}{2} n \Sigma \Omega; \quad (4-102)$$

- tác dụng lên đoàn xe lửa:

$$S_{\omega_h} = \frac{\omega_h}{2} n \Omega_1, \quad (4-103)$$

trong đó: n - hệ số siêu tải của tải trọng gió; có số 2 ở mẫu số là vì chia cho hai thanh xiên.

4.7.2. Nội lực trong các thanh của hệ liên kết dọc do các tải trọng thẳng đứng

Nội lực trong các thanh xiên của hệ liên kết dọc phát sinh do thanh biên bị biến dạng được tính theo công thức gần đúng.

$$\text{Do tĩnh tải} \quad S_{\text{tĩnh}} = S_{b \text{ tĩnh}} \frac{F_x}{F_b} \cos^2 \alpha ; \quad (4-104)$$

$$\text{Do hoạt tải} \quad S_{\text{hoạt}} = 0,8 S_{b \text{ hoạt}} \frac{F_x}{F_b} \cos^2 \alpha , \quad (4-105)$$

trong đó:

$S_{b \text{ tĩnh}}$ và $S_{b \text{ hoạt}}$ - nội lực tính toán trong thanh biên (cùng một khoang với thanh xiên) do tĩnh tải và hoạt tải thẳng đứng gây ra;

F_x và F_b - diện tích tiết diện thanh xiên và thanh biên. Vì chưa biết F_x nên có thể giả thiết trước theo độ mảnh giới hạn của thanh xiên sẽ nêu ở mục dưới;

α - góc tạo bởi thanh xiên và thanh biên.

Nội lực tổng cộng sẽ là:

+ khi có xe chạy trên cầu (tổ hợp tải trọng phụ):

$$S = S_{\omega} + S_{\omega h} + S_{\text{tĩnh}} + S_{\text{hoạt}} ; \quad (4-106)$$

đối với cầu ô tô $S_{\omega h} = 0$;

+ khi không có xe chạy trên cầu (tổ hợp tải trọng chính):

$$S = S_{\omega} + S_{\text{tĩnh}}. \quad (4-107)$$

4.7.3. Nội lực trong hệ liên kết ngang của kết cấu nhịp có đường xe chạy ở biên trên

Nội lực trong các thanh xiên của hệ liên kết ngang tại gối được tính theo công thức:

$$S = \frac{W}{n \sin \alpha} , \quad (4-108)$$

trong đó:

W - lực ngang tác dụng lên hệ liên kết, tính như mục 4.5.2;

n - số thanh xiên trong một mặt cắt nằm ngang;

α - góc nghiêng của thanh xiên so với phương thẳng đứng.

Nội lực trong các thanh ngang và thanh xiên của hệ liên kết ngang trung gian được tính với việc coi hệ liên kết đó là một dầm ngang.

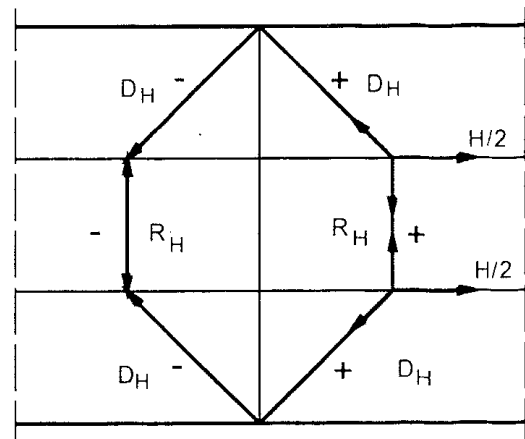
4.7.4. Nội lực trong các thanh của hệ liên kết chống lực hãm

Việc bố trí cấu tạo của hệ liên kết chống hãm trong cầu xe lửa đã giới thiệu ở mục 4.5.3 (xem hình 4-13).

Nếu như các thanh của hệ truyền lực hãm có đủ độ cứng và có khả năng làm việc cả chịu kéo lẫn chịu nén, thì nội lực trong các thanh xiên D_H , thanh ngang R_H (hình 4-21) của hệ sẽ là:

$$D_H = \frac{H}{4 \cos \beta}, \quad (4-109)$$

$$R_H = \frac{H}{4} \operatorname{tg} \beta, \quad (4-110)$$



Hình 4-21. Nội lực trong hệ liên kết chống hãm

trong đó: β - góc nghiêng của thanh xiên truyền lực hãm so với trục của kết cấu nhịp.

Nếu như các thanh của hệ liên kết chống lực hãm chỉ có khả năng làm việc chịu kéo, thì các thanh chịu nén không tham gia chịu lực, còn nội lực trong các thanh chịu kéo sẽ tăng lên gấp đôi.

4.7.5. Chiều dài tự do và quy định về độ mảnh cho phép của các thanh trong hệ liên kết

Chiều dài tự do của các thanh xiên lấy như sau:

* Đối với hệ liên kết ở biên có đường xe chạy, khi uốn trong mặt phẳng của hệ liên kết lấy bằng một nửa chiều dài thanh xiên, khi uốn ra ngoài mặt phẳng liên kết lấy bằng khoảng cách lớn nhất giữa các điểm được cố định vào nút giàn hoặc biên dưới của dầm dọc, dầm ngang v.v...

* Đối với hệ liên kết ở biên không có đường xe chạy, khi uốn trong mặt phẳng của hệ liên kết lấy bằng một nửa chiều dài thanh xiên, khi uốn ra ngoài mặt phẳng liên kết lấy bằng toàn bộ chiều dài thanh xiên nếu là đường xe chạy dưới; bằng 0,7 chiều dài thanh xiên nếu là đường xe chạy trên.

Độ mảnh cho phép của các thanh lấy như sau:

+ đối với các thanh của hệ liên kết dọc và của hệ liên kết ngang tại gối, làm việc chịu nén: 130;

+ đối với các thanh của hệ liên kết dọc làm việc chịu kéo: 180;

+ đối với các thanh của hệ liên kết ngang trung gian: 150.

4.7.6. Chọn và kiểm tra tiết diện các thanh

Tải trọng ngang có thể tác dụng từ phía bên này hoặc bên kia của kết cấu nhịp, gây ra nội lực trong cùng một thanh khi thì nén, khi thì kéo, nhưng có trị số bằng nhau. Tuy nhiên, tính toán với lực nén sẽ bất lợi hơn.

4.7.6.1. Thanh chịu nén

Trước tiên, giả thiết độ mảnh và kiểu tiết diện. Dựa vào Phụ lục 3 để tra hệ số uốn dọc φ và tính diện tích áng chừng của tiết diện:

$$F_{ng} \approx \frac{S}{\varphi m_2 R_0}, \quad (4-111)$$

trong đó:

m_2 - hệ số điều kiện làm việc, xét đến liên kết lệch tâm các thanh vào nút, lấy như sau:

- + đối với thép góc đơn cánh không đều mà liên kết cánh nhỏ: 0,7; liên kết cánh lớn: 0,8;
- + đối với thép góc đều cạnh: 0,75;
- + đối với thép tiết diện chữ U mà liên kết qua sườn và đối với tiết diện chữ T mà liên kết qua cánh: 0,9.

Căn cứ vào trị số áng chừng của bán kính quán tính $r = \frac{l_0}{\lambda}$ để xác định chiều cao h và chiều rộng b của tiết diện (sử dụng bảng 4-3).

Biết được F_{ng} , h và b có thể chọn được cỡ thép góc thích hợp hoặc kích thước thép tấm của tiết diện hàn.

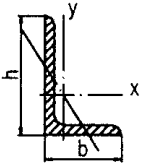
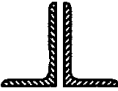
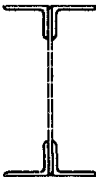
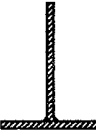
Tiết diện đã chọn phải được kiểm tra theo điều kiện bền (khi thanh có chiều dài lớn cần kể thêm mô men uốn do trọng lượng bản thân) và điều kiện ổn định, phải kiểm tra cả độ mảnh khi uốn trong mặt phẳng và ra ngoài mặt phẳng giàn.

4.7.6.2. Thanh chịu kéo

Diện tích cần thiết của tiết diện:

$$F_{ng} \approx \frac{S}{0,85 m_2 (R_0 - 100)} \quad (4-112)$$

Bảng 4-3

Kiểu tiết diện	Trị số bán kính quán tính		
	r_x	r_y	r_{min}
	$0,32 h$	$0,29 b$	$0,18 \frac{b+h}{2}$
	$0,31 h$	$0,31 b$	$0,12 h$
	$0,32 h$	$0,21 b$	
	$0,21 h$	$0,21 b$	$0,19 h$
	$0,21 h$	$0,21 b$	
	$0,42 h$	$0,21 b$	
	$0,40 h$	$0,20 b$	
	$0,30 h$	$0,20 b$	

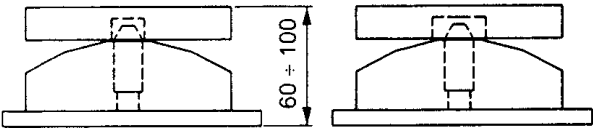
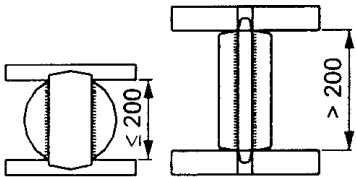
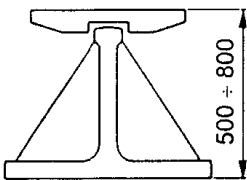
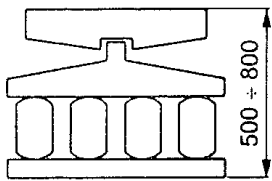
Tiết diện đã chọn phải được kiểm tra về cường độ, theo những trị số đặc trưng hình học chính xác. Cũng cần phải kiểm tra độ mảnh ở trong mặt phẳng và ra ngoài mặt phẳng của giàn.

4.8. CẤU TẠO VÀ TÍNH TOÁN GỐI CẦU

4.8.1. Chọn hình thức cấu tạo

Gối cầu thép có rất nhiều loại, đối với các nhịp thông thường có thể chọn theo bảng 4-4.

Bảng 4-4: Một số dạng gối cầu và phạm vi sử dụng

Loại gối	Sơ đồ	Phạm vi sử dụng
Tiếp tuyến		- Gối di động / < 25m, phản lực gối ≤ 80T - Gối cố định, phản lực gối ≤ 300 T
Con lăn		- Gối di động, phản lực gối 70-300 T
Con quay		- Gối cố định, phản lực gối ≥ 250 T
Con quay		- Gối di động, phản lực gối ≥ 250 T

Các con quay có thể làm bằng thép các bon đúc số hiệu 25Л có cường độ tính toán chịu nén khi uốn $R_u = 1600\text{kg/cm}^2$. Khớp con lăn, bản đế làm bằng thép các bon cán nóng БСТ.5 có cường độ tính toán $R_0 = 2000\text{kg/cm}^2$ và $R_u = 2100\text{kg/cm}^2$.

Dưới đây là một số quy định:

+ Đường kính con lăn không nhỏ hơn 150mm, bề dày con lăn xén cạnh bằng $\Delta + 60\text{mm}$, trong đó: Δ chuyển vị tổng cộng của kết cấu nhịp do tất cả các nguyên nhân (được tính ở mục dưới). Bề dày sườn thép của gối cầu đúc không được nhỏ hơn 40mm, bề dày các bản gối cầu không được nhỏ hơn 20mm.

+ Các kích thước chi tiết khác phải qua tính toán thì mới quyết định được.

4.8.2. Xác định tải trọng tính toán

Gối cầu được tính với phản lực thẳng đứng và phản lực nằm ngang. Phải xét những trường hợp đặt lực sau đây:

- Trường hợp 1: Phản lực thẳng đứng A do tĩnh tải và hoạt tải có xét đến các hệ số siêu tải và hệ số xung kích (tổ hợp tải trọng chính).
- Trường hợp 2: Phản lực thẳng đứng A và lực ngang H do lực hãm cộng với lực gió dọc cầu hoặc do lực ma sát nếu lực này cho giá trị của H lớn hơn (hai tổ hợp tải trọng phụ). Đối với lực hãm và lực ma sát đã giới thiệu cách tính ở mục 4.5.3.

Tải trọng gió dọc cầu lấy bằng 60% toàn bộ tải trọng gió thổi ngang cầu.

Khi tính gối cầu cố định, coi chúng chịu toàn bộ lực dọc do hãm và gió (hoặc lực ma sát).

Khi tính gối cầu di động, phản lực H lấy như sau: đối với gối tiếp tuyến là 50%, đối với gối con lăn là 25% toàn bộ lực dọc (nhưng không lớn hơn lực ma sát).

4.8.3. Tính con quay di động

4.8.3.1. Xác định độ dịch chuyển của gối theo phương dọc cầu

Do nhiệt độ: $\Delta_1 = \alpha t l;$ (4-113)

Do biến dạng dưới tác dụng của hoạt tải: $\Delta_2 = \frac{\sigma_{tb} \cdot l}{1.5E},$ (4-114)

trong đó:

l - chiều dài nhịp giàn hoặc khoảng cách từ gối di động đang khảo sát đến gối cố định;

α - hệ số giãn nở do nhiệt độ, bằng 0,000012;

$t = t_{\max} - t_{\min}$ - độ chênh lệch nhiệt độ;

σ_{tb} - ứng suất trung bình trong biên dưới của giàn do tải trọng tính toán tác dụng (tính với tiết diện nguyên);

E - mô đun đàn hồi của thép làm giàn chủ.

Độ dịch chuyển lớn nhất về mỗi phía của gối:

$$\Delta = \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2}. \quad (4-115)$$

4.8.3.2. Tính con lăn

Khi gối cầu dịch chuyển một đoạn Δ thì con lăn sẽ dịch đi một đoạn Δ_k :

$$\Delta_k = \frac{\Delta}{2}. \quad (4-116)$$

Đường kính con lăn có thể chọn sơ bộ theo công thức kinh nghiệm:

$$d_k = l + 130\text{mm}, \text{ trong đó } l \text{ tính bằng m.} \quad (4-117)$$

Bề rộng của con lăn cắt vát:

$$b_k = \Delta + 6\text{cm}. \quad (4-118)$$

Khoảng cách giữa tim các con lăn vát:

$$a_k = \frac{b_k + 2\text{cm}}{\cos \alpha}, \text{ nhưng không lớn hơn } \frac{b_k}{\sqrt{1 - \left(\frac{b_k}{d_k}\right)^2}}; \quad (4-119)$$

nếu vẫn để nguyên con lăn tròn:

$$a_k = d_k + 2cm, \quad (4-120)$$

trong đó: α - góc xoay của con lăn khi dịch chuyển đến vị trí xa nhất.

$$\alpha \approx \frac{\Delta_k}{0,5d_k}. \quad (4-121)$$

Chiều dài cần thiết của con quay dưới và thốt dưới:

$$a = (k-1) a_k + \Delta + 2c, \quad (4-121)$$

trong đó:

k - số con lăn (thường là 2 hoặc 4 và cùng lắm là 6);

c - khoảng cách còn lại tính từ mép con quay đến điểm con lăn tiếp xúc khi con lăn dịch chuyển đến vị trí xa nhất; c không nhỏ hơn 5cm.

Chiều cao của gối di động tính từ mặt đá tảng đến khớp gối không được nhỏ hơn $0,5a$, tức là:

$$h_l + d_k + h \geq 0,5a, \quad (4-123)$$

trong đó: h_l - bề dày thốt dưới, lấy khoảng 7 - 10cm.

Từ đây định được chiều cao h của con quay dưới.

- Tính lực đè lên con lăn ngoài cùng là con lăn làm việc nặng nhất:

+ khi tính với tổ hợp tải trọng chính:

$$P = \frac{A}{k} + \frac{A \cdot \Delta_k \cdot a_{\max}}{\sum a_i^2}; \quad (4-124)$$

+ khi tính với tổ hợp tải trọng phụ: thêm lực H (do gió và hãm) tác dụng cùng chiều với chiều chuyển dịch của con lăn.

$$P = \frac{A}{k} + \frac{A \cdot \Delta_k \cdot a_{\max}}{\sum a_i^2} + \frac{H(h + d_k)a_{\max}}{\sum a_i^2}, \quad (4-125)$$

trong đó:

$a_{\max}$ - khoảng cách giữa hai con lăn ngoài cùng;

a_i - khoảng cách giữa hai con lăn đối xứng nhau qua trung tâm các con lăn.

Lấy trị số lớn hơn của P để kiểm tra ứng suất trong con lăn.

$$\sigma = \frac{P_{\max}}{d_k \cdot l_k} \leq m_2 \cdot 0,04 R_0, \quad (4-126)$$

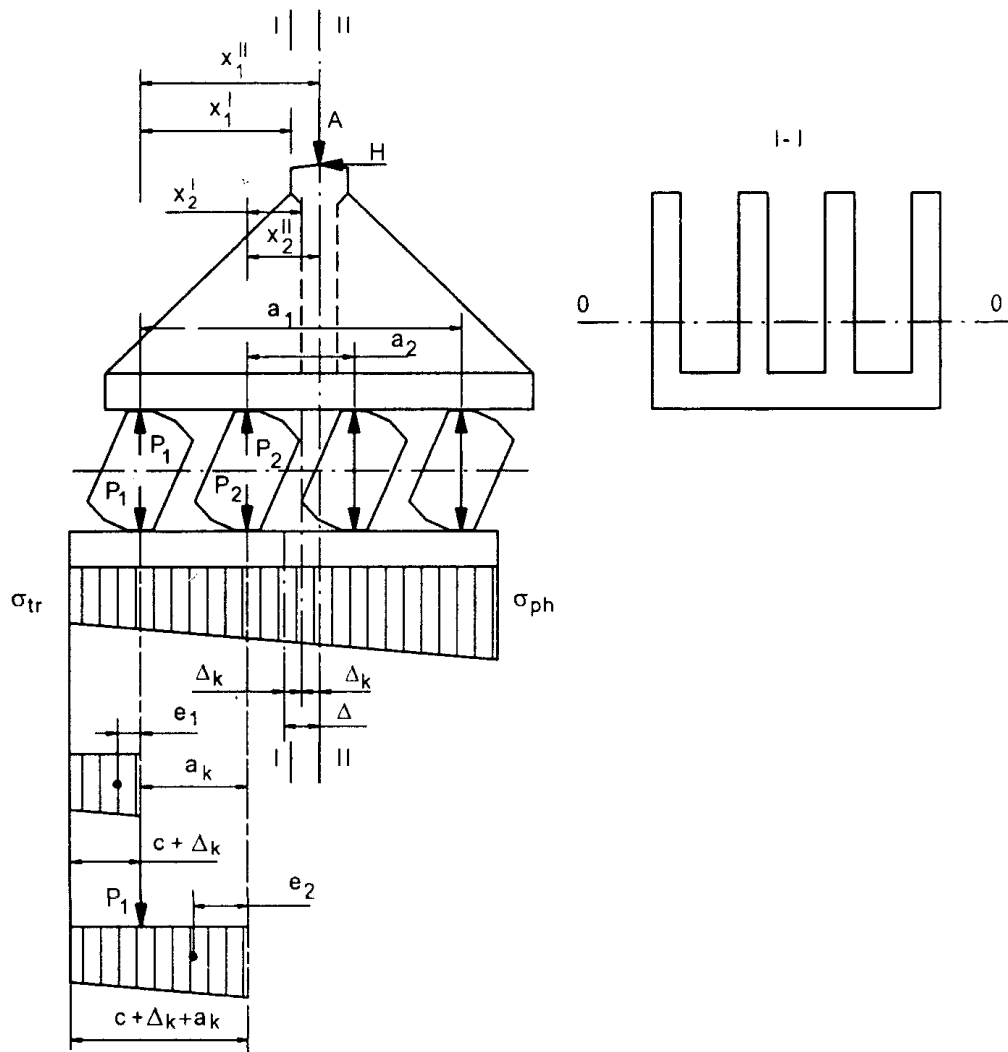
trong đó:

l_k - chiều dài của con lăn, bằng bề rộng con quay dưới;

m_2 - hệ số điều kiện làm việc, bằng 1,4 khi có 1 hoặc 2 con lăn; 1,2 khi 4 hoặc 6 con lăn.

4.8.3.3. Tính con quay dưới

Sơ đồ tính của con quay dưới là một đầu ngàm một đầu tự do có chiều dài $a/2$ như hình 4-22.



Hình 4-22. Để tính gối con lăn

Con quay dưới sẽ làm việc bất lợi nhất khi các con lăn dịch chuyển đến vị trí xa nhất, lực H (do gió và hãm hoặc lực ma sát) tác dụng ngược chiều với chiều dịch chuyển của con lăn. Lúc đó, phản lực từ con lăn thứ j tác dụng lên con quay dưới sẽ là:

khi tính với tổ hợp tải trọng chính:

$$P_j = \frac{A}{k} - \frac{A \cdot \Delta_k \cdot a_j}{\sum a_i^2}; \quad (4-127)$$

khi tính với tổ hợp tải trọng phụ:

$$P_j = \frac{A}{k} - \frac{A \cdot \Delta_k \cdot a_j}{\sum a_i^2} + \frac{H(h + d_k) a_j}{\sum a_i^2}, \quad (4-128)$$

trong đó: a_j - khoảng cách từ con lăn thứ j đến con lăn đối xứng với nó qua trung tâm của các con lăn.

Đôi khi để thiên về an toàn, có thể bỏ qua các số hạng có mang dấu âm.

Căn cứ vào hình thức cấu tạo của con quay, xác định các tiết diện cần phải kiểm tra ứng suất (chẳng hạn tiết diện I - I và II - II trên hình 4-22).

Mô men uốn tại tiết diện cần khảo sát nào đó được tính theo công thức:

$$M = \sum P_j x_j, \quad (4-129)$$

trong đó:

$$x_j = \frac{a_j}{2} + \Delta - x'_j \quad - \text{khoảng cách từ điểm tiếp xúc giữa con quay với con lăn thứ } j$$

(điểm đặt lực P_j) đến tiết diện đang khảo sát;

x'_j - khoảng cách từ tiết diện đang khảo sát đến trục đối xứng của con quay dưới.

Cuối cùng kiểm tra ứng suất pháp:

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq R_u, \quad (4-130)$$

trong đó: W - mô men chống uốn của tiết diện.

Nếu theo phương ngang cầu, con quay cũng có cấu tạo trên nhỏ dưới to thì cần phải kiểm tra con quay chịu uốn theo phương ngang cầu.

Bán kính cần thiết của mặt trụ khớp gối cầu tiếp xúc tự do có thể xác định được bằng công thức:

$$r \geq \frac{A}{0,08R_0 l_{kh}}, \quad (4-131)$$

trong đó: l_{kh} - chiều dài của khớp gối.

4.8.3.4. Tính thốt dưới

Để xác định mô men uốn trong thốt dưới, phải vẽ biểu đồ ứng suất lên bề tông bên dưới thốt khi các phản lực A và H tác dụng (hình 4-22).

Tổ hợp tải trọng chính

$$\sigma_{tr} = \frac{A}{ab} - \frac{6A\Delta_k}{ba^2}; \quad (4-132)$$

$$\sigma_{ph} = \frac{A}{ab} + \frac{6A\Delta_k}{ba^2} \leq R_b;$$

tổ hợp tải trọng phụ

$$\sigma_{tr} = \frac{A}{ab} - \frac{6A\Delta_k}{ba^2} + \frac{6H(h+d_k+h_t)}{ba^2} \leq R_b; \quad (4-133)$$

$$\sigma_{ph} = \frac{A}{ab} + \frac{6A\Delta_k}{ba^2} - \frac{6H(h+d_k+h_t)}{ba^2} \leq R_b;$$

trong đó:

a và b - kích thước trong mặt phẳng nằm ngang của thốt;

h_t - chiều dày thốt;

R_b - cường độ chịu ép cục bộ của bê tông đá tảng;

các kí hiệu khác đã biết.

Tiếp theo, cần tính toán mô men uốn và kiểm tra ứng suất trong thốt dưới tại các tiết diện ngay dưới các con lăn.

Khảo sát tiết diện dưới con lăn thứ j :

$$M_j = \omega_j e_j b - \sum_{i=1}^j P_i (j - i) a_k, \quad (4-134)$$

trong đó:

ω_j - diện tích phần biểu đồ σ có chiều dài $[c + \Delta + (j - i) a_k]$;

e_j - khoảng cách từ trung tâm của phần biểu đồ đó đến tiết diện j của thốt.

Sau khi tính được các giá trị M_j , lấy trị số lớn nhất để kiểm tra ứng suất trong thốt dưới.

Công thức kiểm tra:

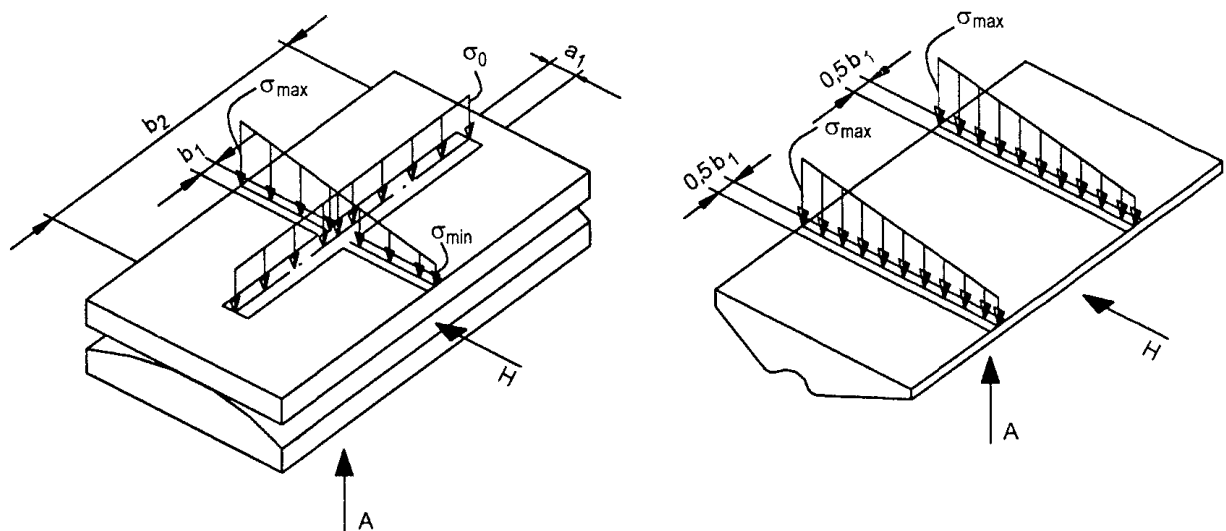
$$\sigma = \frac{6M}{bh_t^2} \leq R_u. \quad (4-135)$$

4.8.3.5. Tính con quay trên

Chiều dài a theo phương dọc cầu của con quay trên thường lấy khoảng 40-50cm, bề rộng b theo phương ngang cầu chọn phụ thuộc vào bề rộng của biên dầm chủ (trong cầu dầm) hoặc của thanh biên giàn.

Chiều cao h của con quay trên không nhỏ hơn $a/2$.

Con quay trên cần phải tính toán kiểm tra theo cường độ chịu ép mặt (hình 4-23).



Hình 4-23: Để tính ép mặt con quay trên

Trước hết cần căn cứ vào thực tế cấu tạo của biên dầm hoặc thanh biên giàn kê lên gối cầu để xác định bề kích thước của diện tích ép mặt ($b_1, a_1, b_2, \dots$), sau đó cần kiểm tra các ứng suất:

tổ hợp tải trọng chính:

$$\sigma = \frac{A}{F} \leq 1,5 R_0; \quad (4-136)$$

tổ hợp tải trọng phụ:

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= \frac{A}{F_{em}} + \frac{H.h}{W_{em}} \leq 1,5 R_0 \\ \sigma_{\min} &= \frac{A}{F_{em}} - \frac{H.h}{W_{em}} \end{aligned} \quad (4-137)$$

trong đó: F_{em}, W_{em} - diện tích và mô men chống uốn của phần thép bị ép mặt.

Có biểu đồ σ sẽ xác định được mô men uốn ở bất kỳ tiết diện nào thuộc con quay trên.

$$M_x = \omega_x e_x b_1, \quad (4-138)$$

trong đó:

- ω_x - diện tích của biểu đồ σ nằm ngoài tiết diện x ;
- e_x - khoảng cách từ trọng tâm biểu đồ đến tiết diện x ;
- b_1 - bề rộng của diện tích ép mặt (xem hình 4-23).

Cuối cùng phải kiểm tra ứng suất:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} \leq R_u, \quad (4-139)$$

trong đó: W_x - mô men chống uốn của tiết diện x .

4.8.4. Tính gối con quay cố định

Chiều cao con quay dưới của gối cố định thường lấy bằng chiều cao gối di động kể từ mặt dưới thốt đến khớp gối, chiều dài và rộng của con quay dưới cũng lấy bằng thốt dưới của gối di động.

Ứng suất trong con quay được tính như sau:

tổ hợp tải trọng chính:

$$\sigma = \frac{A}{ab} \leq R_b; \quad (4-140)$$

tổ hợp tải trọng phụ:

$$\begin{aligned}\sigma_{tr} &= \frac{A}{ab} + \frac{6Hh}{ba^2} \leq R_b \\ \sigma_{ph} &= \frac{A}{ab} - \frac{6Hh}{ba^2} \leq R_b\end{aligned}\tag{4-141}$$

Có biểu đồ ứng suất σ , sẽ xác định được mô men uốn và kiểm tra ứng suất tại bất kỳ tiết diện nào của con quay.

$$\begin{aligned}M_x &= \omega_x \cdot e_x \cdot b; \\ \sigma &= \frac{M}{W} \leq R_u,\end{aligned}\tag{4-142}$$

các ký hiệu hoàn toàn giống như mục 4.8.3.

Cấu tạo và kích thước của con quay trên hoàn toàn giống như con quay trên của gối di động.