CHƯƠNG 3

THIẾT KẾ CỘT

§3.1. Xác định chiều dài tính toán của cột

Trong khung nhà, cột liên kết với móng ở đầu dưới và với rường ngang (dàn hoặc dầm) ở đầu trên. Các liên kết này có thể là liên kết cứng (ngàm) hoặc liên kết khớp. Trên cùng một đầu cột, liên kết có thể khác nhau theo các phương.

Trong khung, cột chịu nén lệch tâm (nén-uốn) được kiểm tra về ổn định trong và ngoài mặt phẳng khung cho riêng từng phần cột và cho toàn cột.

1. Chiều dài tính toán trong mặt phẳng khung

a) Với cột có tiết diện không đổi

Với cột có tiết diện không đổi, đầu trên liên kết ngàm đàn hồi với xà ngang, đầu dưới liên kết với móng theo các sơ đồ khác nhau, chiều dài tính toán trong mặt phẳng khung của cột l_{ox} lấy như sau

$$l_{ox} = \mu l, \qquad (3.1)$$

trong đó l- chiều dài hình học của cột, tính từ mặt móng đến mép dưới xà ngang, μ - hệ số qui đổi chiều dài tính toán lấy theo bảng 3.1., phụ thuộc tỉ số độ cứng đơn vị giữa xà và cột K,

$$K = i_{xà}/i_{cột} = (J_{xà}/L)/(J_{cột}/h),$$

ở đây $J_{xà}$; L; $J_{cột}$; h - mômen quán tính tiết diện và chiều dài lần lượt của xà và cột

Khi xà ngang liên kết khớp với cột thì trong bảng 3.1 hệ số K lấy bằng 0.

Bảng 3.1. **Hệ số μ để xác định chiều dài tính toán trong mặt phẳng khung của cột tiết diện không đổi của khung một tầng có liên kết ngàm đàn hồi ở đầu trên**

Liên kết đầu dưới cột với móng	Trị số μ khi $K = i_{xà}/i_{cột}$ bằng							
	0	0.2	0.3	0.5	1	2	3	≥ 10
Cứng	2	1.5	1.4	1.28	1.16	1.08	1.06	1
Khớp	-	3.42	3.0	2.63	2.33	2.17	2.11	2

b) Với cột bậc

Với cột bậc của khung nhà công nghiệp một tầng có liên kết ngàm với móng, chiều dài tính toán trong mặt phẳng khung của cột được xác định riêng rẽ cho từng phần cột,

cho phần cột dưới $\qquad l_{1x} = \mu_1 h_d; \qquad (3.2)$

cho phần cột trên $\qquad l_{2x} = \mu_2 h_t. \qquad (3.3)$

Các hệ số μ_1, μ_2 phụ thuộc vào sơ đồ liên kết ở hai đầu cột và đặc điểm của tải trọng tác dụng lên cột.

Giá trị hệ số μ_1 cho phần cột dưới lấy phụ thuộc vào tỉ lệ độ cứng đơn vị của các phần (đoạn cột)

$$K_1 = i_2/i_1 = (J_2/h_t)/(J_1/h_d) = (J_2/J_1).(h_d/h_t)$$

và thông số $c_1 = (h_t/h_d).\sqrt{J_1/(J_2 m)}$,

trong đó J_1, J_2 và h_d, h_t - mômen quán tính của tiết diện và chiều dài của đoạn cột dưới và đoạn cột trên ; m- tỉ số lực nén tính toán trong phần cột dưới và phần cột trên,

$$m = (N_1/N_2).$$

Với khung một nhịp, khi đỉnh cột liên kết khớp với dàn ngang thì đỉnh cột coi như tự do, μ_1 lấy theo giá trị cho trong bảng II.6a phụ lục II; Khi đỉnh cột liên kết cứng với dàn ngang thì coi như đỉnh cột không quay được (ngàm trượt), μ_1 lấy theo giá trị trong bảng II.6b, phụ lục II.

Với khung nhiều nhịp, dàn liên kết khớp với cột thì đỉnh cột coi như tựa khớp cố định; khi dàn liên kết cứng với cột thì coi như đỉnh cột bị ngàm cứng (không quay và không di chuyển). Trong hai trường hợp này, hệ số μ_1 xác định theo công thức

$$\mu_1 = \sqrt{[\mu_{12}^2 + \mu_{11}^2 (m - 1)]/m}, \qquad (3.4)$$

trong đó μ_{12}- hệ số chiều dài tính toán trong mặt phẳng khung của phần cột dưới khi $P_1 = 0$; μ_{11}- hệ số chiều dài tính toán trong mặt phẳng khung của phần cột dưới khi $P_2 = 0$; ở đây P_1, P_2- lực tập trung đặt tại đỉnh đoạn cột dưới, đỉnh đoạn cột trên.

Giá trị μ_{12}, μ_{11} lấy theo bảng II.7a, phụ lục II khi cột có đầu trên liên kết với rường ngang; lấy theo bảng II.7b phụ lục II khi cột có đầu trên liên kết ngàm cứng với rường ngang

Hệ số chiều dài tính toán của phần cột trên μ_2, trong mọi trường hợp được xác định theo công thức

$$\mu_2 = (\mu_1/C_1) \leq 3. \qquad (3.5)$$

Trong những trường hợp thỏa mãn điều kiện:

$$(h_t/h_d) \leq 0{,}6 \text{ và } (N_1/N_2) \geq 3$$

có thể lấy trị số μ_1, μ_2 theo bảng 3.2.

Bảng 3.2. **Hệ số chiều dài tính toán μ_1, μ_2 của cột một bậc khung nhà công nghiệp một tầng khi $(h_t/h_d) \leq 0{,}6$ và $(N_1/N_2) \geq 3$**

Cách liên kết ở đầu cột	μ_1		μ_2
	$0{,}3 \geq (J_2/J_1) \geq 0{,}1$	$0{,}1 > (J_2/J_1) \geq 0{,}05$	
1. Đầu tự do (khung một nhịp, dàn liên kết khớp với cột)	2,5	3	3
2. Đầu không quay được (khung một nhịp, dàn liên kết cứng với cột)	2	2	3
3. Đầu tựa khớp cố định (khung nhiều nhịp, dàn liên kết khớp với cột)	1,6	2	2,5
4. Đầu ngàm cố định (khung nhiều nhịp, dàn liên kết cứng với cột)	1,2	1,5	2

2. Chiều dài tính toán ngoài mặt phẳng khung

Chiều dài tính toán ngoài mặt phẳng khung của cột (hoặc của mỗi đoạn cột) l_y lấy bằng khoảng cách giữa các điểm cố định cột, không cho cột chuyển vị theo phương ngoài mặt phẳng khung. Đối với phần cột dưới, đó là khoảng cách từ bản đế chân cột (mặt trên móng) đến chỗ tựa của dầm cầu trục (mép trên vai cột): $l_{1y} = h_d$. (3.6)

Đối với phần cột trên, l_{2y} là khoảng cách từ mặt trên dầm hãm đến hệ giằng dọc cánh dưới dàn:

$$l_{2y} = h_t - h_{dct}, \tag{3.7}$$

trong đó h_{dct}- chiều cao dầm cầu trục.

§3.2. Thiết kế tiết diện cột

1. Xác định nội lực tính toán của cột

Nội lực tính toán của cột (hoặc của phần cột) được lấy từ kết quả giải nội lực khung và bảng tổ hợp nội lực cột. Trị số M, N, Q trong bảng tổ hợp nội lực là các giá trị nội lực ở một số tiết diện đặc trưng do các trường hợp tải trọng bất lợi gây ra. Để chọn tiết diện mỗi phần cột, cần phải tìm các cặp nội lực nguy hiểm nhất tương ứng với từng phần (đoạn) cột.

Với đoạn cột có tiết diện đối xứng thì cặp nội lực nguy hiểm nhất là tổ hợp có mômen uốn với trị số tuyệt đối lớn nhất (dấu âm hoặc dấu dương) và lực dọc tương ứng. Khi đó lực dọc lớn nhất trong mỗi nhánh biên là

$$N_{nh} = (M/h_o) + (N_{tu}/2). \tag{3.8}$$

Với đoạn cột có tiết diện không đối xứng (cột dưới đặc hoặc rỗng) sẽ có hai cặp nội lực nguy hiểm (mỗi cặp cho một nhánh). Để tìm nội lực nguy hiểm này, cần tính gần đúng lực dọc trong từng nhánh theo công thức

$$N_{nh.p} = (M^-/h_o) + (N_{tu}/2); \tag{3.9}$$

$$N_{nh.t} = (M^+/h_o) + (N_{tu}/2), \tag{3.10}$$

trong đó N_{nh}, $N_{nh.p}$, $N_{nh.t}$- lực dọc nguy hiểm trong mỗi nhánh (với cột có tiết diện đối xứng), trong nhánh phải, nhánh trái (với cột có tiết diện không đối xứng); M^-, N_{tu}- cặp nội lực có mômen âm lớn nhất và lực dọc tương ứng; M^+, N_{tu}- cặp nội lực có mômen dương lớn nhất và lực dọc tương ứng; h_o- khoảng cách trọng tâm của hai nhánh. Trong các phép tính sơ bộ, gần đúng lấy h_o bằng chiều cao tiết diện cột h.

Trong các công thức trên, không lấy dấu bản thân của M và N. Cặp nào cho N_{nh} lớn sẽ là cặp dùng để tính toán tiết diện cột.

Cần lưu ý rằng lực nén N_{tu} trên đây được lấy từ bảng tổ hợp nội lực theo các giá trị M^+_{max} và M^-_{max}; giá trị N_{tu} này chưa kể đến trọng lượng bản thân của cột (hoặc của đoạn cột). Vì vậy khi chọn tiết diện mỗi phần cột cần kể thêm trọng lượng bản thân của cột (hoặc đoạn cột). G_c coi như một lực tập trung đặt tại trọng tâm tiết diện đỉnh của mỗi đoạn cột

$$G_c = g_c h_c \tag{3.11}$$

trong đó g_c- trọng lượng mỗi mét dài cột (hoặc đoạn cột),

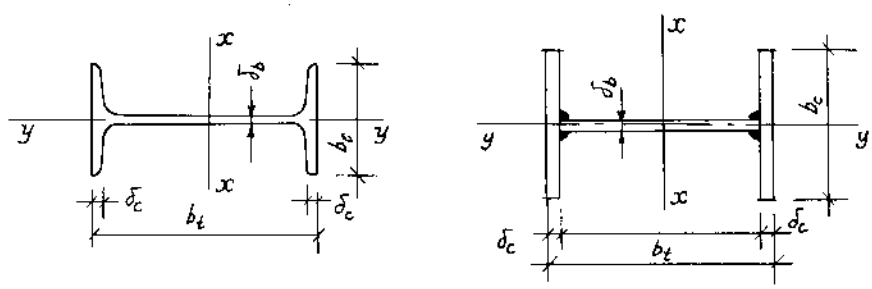
$$g_c = [\sum N/(KR)]\,\psi\gamma, \quad \text{daN/m}, \tag{3.12}$$

ở đây $\sum N$- lực nén lớn nhất trong mỗi đoạn cột khi chưa kể đến trọng lượng bản thân G_c. ($\sum N$ chính là giá trị N_{tu} lấy trong bảng tổ hợp nội lực); K- hệ số kể đến ảnh hưởng của mômen làm tăng tiết diện cột; lấy bằng (0,25 ÷ 0,3) đối với cột trên; bằng (0,4 ÷ 0,5) đối với cột dưới; R- cường độ tính toán của vật liệu thép làm cột; ψ- hệ số cấu tạo, trọng lượng các chi tiết làm tăng tiết diện cột, lấy bằng (1,4 ÷ 1,8); γ - trọng lượng riêng của thép bằng 7850daN/m^3; h_c- chiều dài đoạn cột (hoặc chiều dài phần cột).

2. Thiết kế tiết diện cột trên

a) Hình dạng và các yêu cầu cấu tạo tiết diện

Tiết diện cột trên có dạng chữ H, đối xứng theo cả hai phương. Hình dạng này đơn giản cho chế tạo, dễ phù hợp với các yêu cầu kiến trúc và thuận tiện trong việc liên kết với các kết cấu khác. Trường hợp cột có chiều cao nhỏ, lực nén nhỏ nên chọn thép hình cán dạng chữ I. Trong khá nhiều trường hợp, tiết diện cột trên thường được cấu tạo từ ba bản thép; giải pháp này, thuận tiện cho việc tạo ra một tiết diện có ổn định đều theo cả hai phương bởi vì có thể điều chỉnh bề dày các bản thép và bề rộng bản cánh theo tỷ lệ mong muốn.



Hình 3.1. Các loại tiết diện thường dùng cho cột trên

Chiều cao tiết diện h chính là b_t đã chọn trước như trong chương 1.

Chiều dày bản bụng δ_b nên chọn vào khoảng $(1/70 \div 1/100)h$. Để đảm bảo điều kiện ổn định cục bộ của bản bụng (không cần đặt các sườn ngang gia cố bản bụng) và thỏa mãn các yêu cầu chống gỉ không nên chọn δ_b quá nhỏ. Với cột phải đỡ dàn đỡ kèo, không nên chọn δ_b nhỏ hơn 8mm; với cột không phải đỡ dàn đỡ kèo không nên chọn δ_b nhỏ hơn 6mm.

Chiều rộng bản cánh b_c chọn trước theo điều kiện bảo đảm ổn định ngoài mặt phẳng khung. Nên chọn

$$b_c = (1/20 \div 1/30)h_t$$

và chọn sao cho độ mảnh ngoài mặt phẳng khung của cột vào khoảng (40 ÷ 60).

Chiều dày bản cánh δ_c chọn theo điều kiện ổn định cục bộ của bản cánh, sao cho tỉ số chiều dài tự do của bản cánh $b_o = (b_c - \delta_b)/2$ và chiều dày δ_c không vượt quá giá trị giới hạn $[b_o/\delta_c]$ ghi ở bảng 3.3.

Bảng 3.3. **Độ mảnh giới hạn của phần nhô ra của cánh cột (trường hợp cánh không viền mép)**

Hình thức tiết diện	$[b_o/\delta_c]$ khi $0,8 \le \bar{\lambda} \le 4$
Dạng chữ I	$(0,36 + 0,1\bar{\lambda})\sqrt{E/R}$
Thép hình dập nguội (trừ tiết diện dạng chữ [và dạng thép góc không đều cạnh)	$(0,35 + 0,07\bar{\lambda})\sqrt{E/R}$
Thép hình dập dạng chữ [và dạng thép góc không đều cạnh	$(0,38 + 0,08\bar{\lambda})\sqrt{E/R}$

Khi độ mảnh qui ước $\bar{\lambda} < 0,8$ lấy $\bar{\lambda} = 0,8$; khi $\bar{\lambda} > 4$ lấy $\bar{\lambda} = 4$, $\bar{\lambda} = \lambda\sqrt{R/E}$, với R, E- cường độ và môđun đàn hồi của vật liệu cột.

b) Chọn tiết diện

Trước hết cần sơ bộ định ra kích thước tiết diện theo phương pháp sau:

- Từ kết quả của phần tính khung, đã có cặp nội lực nguy hiểm nhất cho đoạn cột (M, N_{tt}), tính độ lệch tâm $e = M/N$.

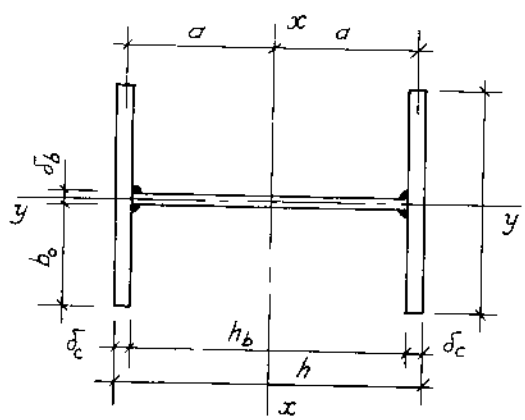
- Căn cứ vào hình dáng tiết diện đã chọn trước và đặc điểm tác dụng của tải trọng; dựa vào hướng dẫn ở bảng II.4 phụ lục II, sơ bộ giả thiết hệ số ảnh hưởng hình dạng tiết diện η. Trường hợp cột trên có dạng tiết diện chữ H và mặt phẳng tác dụng mômen trùng với mặt phẳng bụng cột, giả thiết $\eta = 1{,}25$.

- Diện tích yêu cầu của tiết diện sơ bộ tính theo công thức gần đúng

$$A_{yc} = \frac{N}{R\gamma}\left[1{,}25 + (2{,}2 \sim 2{,}8)\ \frac{e}{h}\right], \qquad (3.13)$$

trong đó h- chiều cao tiết diện, γ- hệ số điều kiện làm việc của cột.

- Dựa vào các qui định về cấu tạo, ấn định ra các kích thước b_c, δ_c, h_b, δ_b và diện tích tiết diện A. Diện tích A này có thể sai khác chút ít so với A_{yc} vừa tính trên.



Hình 3.2. Tiết diện cột trên

c) Kiểm tra tiết diện đã chọn

Cột trên làm việc chịu nén lệch tâm (nén-uốn), tiết diện cột cần thỏa mãn các điều kiện về bền, về ổn định tổng thể và ổn định cục bộ. Để kiểm tra, **phải** tính lại chính xác các đại lượng sau theo tiết diện vừa chọn:

- Các đặc trưng hình học của tiết diện cột:

Diện tích tiết diện: $A = \delta_b h_b + 2\delta_c b_c$,

Mômen quán tính của tiết diện:

$$J_x = (\delta_b h_b^3/12) + 2[(b_c\delta_c^3/12) + a^2\delta_c b_c]; \; J_y = (2\delta_c b_c^3/12) + (h_b\delta_b^3/12),$$

Bán kính quán tính: $r_x = \sqrt{J_x/A}$; $r_y = \sqrt{J_y/A}$,

Mômen chống uốn $W_x = 2J_x/h$.

- Độ mảnh và độ mảnh qui ước của cột:

$$\lambda_x = l_x/r_x; \; \overline{\lambda}_x = \lambda_x\sqrt{R/E};$$

$$\lambda_y = l_y/r_y; \; \overline{\lambda}_y = \lambda_y\sqrt{R/E}.$$

- Độ lệch tâm tương đối m và độ lệch tính đổi m_1:

$m = eA_{ng}/W_x$, với A_{ng} là diện tích tiết diện nguyên. Từ m và $\overline{\lambda}$, theo hướng dẫn ở bảng II.4 phụ lục II tính được hệ số ảnh hưởng hình dạng tiết diện η.

Tính $m_1 = \eta m$.

- Kiểm tra về bền, chỉ tiến hành khi tiết diện có giảm yếu nhiều (khi cột có lối đi xuyên qua bụng) hoặc khi $m_1 > 20$, theo công thức:

$$\sigma = (N/A_{th}) \pm (M_x/J_{x\,th})y \le R\gamma, \qquad (3.14)$$

trong đó N, M_x- trị số lực dọc và mômen uốn tính toán; y- khoảng cách từ trục x đến thớ kiểm tra (chính là đến mép tiết diện), $y = h/2$ với tiết diện đối xứng; A_{th}, J_{xth}- diện tích tiết diện thu hẹp và mômen quán tính của tiết diện thu hẹp đối với trục trọng tâm x-x.

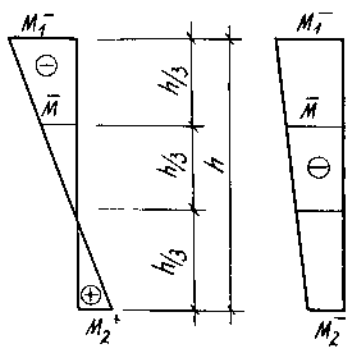
- Kiểm tra độ ổn định tổng thể của cột:

Khi $m_1 < 20$, cột bị phá hoại về ổn định. Khả năng ổn định của cột nén lệch tâm (nén-uốn) không chỉ phụ thuộc vào độ mảnh mà còn chịu ảnh hưởng của hình dạng tiết diện và của mômen uốn ở một hoặc cả hai mặt phẳng chứa hai trục chính của tiết diện cột.

Ổn định trong mặt phẳng khung của cột được kiểm tra theo công thức:

$$\sigma_x = N/(\varphi_{lt} A_{ng}) \le R\gamma, \qquad (3.15)$$

trong đó φ_{lt}- hệ số uốn dọc của cấu kiện đặc chịu nén lệch tâm, tra bảng II.2 phụ lục II, phụ thuộc vào độ lệch tâm tính đổi m_1 và độ mảnh qui ước $\bar{\lambda}_x$ vừa tính ở trên; A_{ng}- diện tích tiết diện nguyên của cột.



Hình 3.3. Tính M ở phần ba đoạn cột

Để kiểm tra ổn định tổng thể ngoài mặt phẳng khung của cột, cần tính trị số mômen $\bar{M}$ là giá trị lớn hơn trong hai giá trị mômen ở 1/3 đoạn cột (h.3.3)

$$\bar{M} = M_2 + (M_1 - M_2)/3, \qquad (3.16)$$

trong đó M_1, M_2- mômen lớn nhất ở một đầu và mômen tương ứng ở đầu kia của đoạn cột, lấy với cùng một tổ hợp tải trọng và giữ đúng dấu của nó. Một trong hai trị số M_1, M_2 được lấy trong bảng tổ hợp nội lực; trị số kia được tính ra theo số thứ tự tải trọng đã lấy để có được trị số thứ nhất. Giá trị mômen qui ước M' dùng để kiểm tra ổn định ngoài mặt phẳng khung là giá trị lớn nhất trong ba trị số $\bar{M}$, $M_1/2$ và $M_2/2$, nghĩa là

$$M' = \max(\bar{M}; M_1/2; M_2/2). \qquad (3.17)$$

Ổn định tổng thể ở ngoài mặt phẳng khung của cột (tính toán theo trục y-y) được kiểm tra theo công thức

$$\sigma_y = N/(C\varphi_y A_{ng}) \le R\gamma, \qquad (3.18)$$

trong đó φ_y- hệ số uốn dọc đối với trục y-y của tiết diện cột, tra bảng II.1 phụ lục II, phụ thuộc vào độ mảnh $\lambda_y = l_y/r_y$; C- hệ số kể đến ảnh hưởng của mômen uốn (M_x) và hình dạng tiết diện đối với ổn định của cột theo phương vuông góc với mặt phẳng uốn (phương ngoài mặt phẳng khung). Hệ số C được xác định như sau:

Tính độ lệch tâm tương đối m_x theo M'

$$m_x = e'/\rho_x = (M'/N)/(W_x/A_{ng})$$

Khi $m_x \le 5$ $\quad C = \beta/(1 + \alpha m_x)$ (a)

α và β xác định theo bảng II.5 phụ lục II.

Khi $m_x \ge 10$ $\quad C = 1/(1 + m_x\varphi_y/\varphi_d)$ (b)

φ_d- hệ số ổn định tổng thể của dầm khi cánh nén có từ hai điểm cố kết trở lên; φ_d lấy theo tiêu chuẩn thiết kế trong các sổ tay thiết kế (cho dầm).

Khi $5 < m_x < 10$ $\quad C = C_5(2 - 0{,}2m_x) + C_{10}(0{,}2m_x - 1)$

ở đây C_5 tính theo (a) với $m_x = 5$; C_{10} tính theo (b) với $m_x = 10$.

Khi kiểm tra theo điều kiện cường độ, điều kiện ổn định trong và ngoài mặt phẳng khung của cột mà các giá trị ứng suất σ, σ_x, σ_y khác xa so với $R\gamma$ thì phải điều chỉnh lại tiết diện, nhưng không được thay đổi chiều cao tiết diện h, và phải bảo đảm điều kiện ổn định cục bộ của bản cách, bản bụng cột. **Sau khi điều chỉnh công việc tính toán lặp lại từ đầu phần c) theo trình tự đã nêu ở trên.**

- Kiểm tra ổn định cục bộ:

Ổn định cục bộ của bản cánh cột phải được thỏa mãn ngay từ khi cấu tạo tiết diện

ban đầu. Nghĩa là cần khống chế sao cho tỉ số chiều dài tự do của bản cánh b_o và chiều dày bản cánh δ_c không vượt quá giá trị cho ở bảng 3.3.

Ổn định cục bộ của bản bụng cột chịu nén lệch tâm không chỉ phụ thuộc vào độ mảnh của cột, vật liệu cột, hình dáng tiết diện cột như cột nén đúng tâm mà còn phụ thuộc vào độ lệch tâm tương đối m và hệ số đặc trưng phân bố ứng suất pháp trên bản bụng

$\alpha = (\sigma - \sigma_1)/\sigma$,

trong đó $\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_x}{J_x} y$; $\sigma_1 = \frac{N}{A} - \frac{M_x}{J_x} y_1$;

y- khoảng cách từ trục trọng tâm x - x đến thớ mép chịu nén nhiều của bản bụng;

y_1- khoảng cách từ trục trọng tâm x - x đến thớ mép chịu nén ít (hoặc kéo) của bản bụng.

Việc kiểm tra ổn định cục bộ của bản bụng cột tiến hành bằng cách tính tỉ số h_b/δ_b thực tế và kiểm tra theo điều kiện:

$$h_b/\delta_b \le [h_o/\delta_b \ ]. \qquad (3.19)$$

Tỉ số $[\ h_o/\delta_b\ ]$ được xác định theo các trường hợp sau:

Trường hợp cột có khả năng chịu lực được xác định theo điều kiện ổn định tổng thể trong mặt phẳng khung thì tỉ số giới hạn $[h_o/\delta_b\ ]$ được xác định theo bảng 3.4 phụ thuộc vào m và độ mảnh $\bar{\lambda}$.

Bảng 3.4. **Độ mảnh giới hạn của bản bụng cột chịu nén lệch tâm**

Độ lệch tâm tương đối	Giá trị giới hạn $[h_o/\delta_b]$ của bản bụng khi $\bar{\lambda}$ của cột	
	$\bar{\lambda} \le 0,8$	$\bar{\lambda} > 0,8$
$m \le 0,3$	$\sqrt{E/R}$	$(0,36 + 0,8\bar{\lambda})\sqrt{E/R} \ge 2,9\sqrt{E/R}$
$m \ge 1$	$1,3\sqrt{E/R}$	$(0,9 + 0,5\bar{\lambda})\sqrt{E/R} \ge 3,1\sqrt{E/R}$

Khi $0,3 < m < 1$ thì $[\ h_o/\delta_b\ ]$ được nội suy tuyến tính qua các giá trị $m = 0,3$ và $m = 1$.

Trường hợp cột có khả năng chịu lực được quyết định do điều kiện bền hoặc điều kiện ổn định tổng thể ngoài mặt phẳng khung thì tỉ số $[\ h_o/\delta_b\ ]$ được xác định theo α:

Với $\alpha \le 0,5$, lấy $[h_o/\delta_b\ ]$ theo bảng 3.4.

Với $\alpha \ge 1$ thì

$$[h_o/\delta_b\ ] = 4,35\sqrt{(2\alpha-1)E/[\sigma(2-\alpha) + \sqrt{\alpha^2 + 4\beta^2}\ ]} \le 3,8\sqrt{E/R},$$

trong đó $\beta = 1,4(2\alpha - 1)\tau/\sigma$,

Ở đây τ - ứng suất tiếp trung bình ở tiết diện đang khảo sát,

$$\tau = Q/(h_b\, \delta_b);$$

Q - lực cắt trên tiết diện; σ - ứng suất thớ mép chịu nén nhiều của bản bụng.

Với $0,5 < \alpha < 1$, xác định $[h_o/\delta_b\ ]$ bằng cách nội suy tuyến tính các giá trị tính được khi $\alpha = 0,5$ và $\alpha = 1$.

Khi $h_b/\delta_b \ge 2,2\sqrt{E/R}$, bụng cột cần gia cường các đôi sườn ngang (ở hai phía).

Trường hợp cột có khả năng chịu lực được quyết định bởi điều kiện bền về cường độ và có $N/(A_{th}R) \le 0,1$ thì ổn định cục bộ của cột phải bảo đảm như đối với dầm.

Nếu điều kiện ổn định cục bộ của bản bụng không thỏa mãn thì phải gia cường bản bụng bằng cách đặt thêm vào các đôi sườn dọc hoặc tăng chiều dày bản bụng. Khi tiến hành đặt đôi sườn dọc, cần tuân theo các qui định trong tiêu chuẩn thiết kế để qui đổi

tiết diện cùng tham gia chịu lực giữa bụng cột, cánh cột và các sườn dọc. Việc gia cường này phức tạp, tốn công chế tạo, vì vậy đối với cột trên nhà công nghiệp thì cách tốt nhất là tăng chiều dày bụng cột δ_b và nên giảm bớt tiết diện cánh để tránh lãng phí vật liệu.

Ví dụ 3.1. Xác định chiều dài tính toán và chọn tiết diện phần trên của cột một bậc nhà công nghiệp một tầng một nhịp theo các số liệu sau:

- Chiều dài hình học của các phần cột: h_t = 6,4m; h_d = 14,4m.
- Liên kết chân cột với móng, đầu cột với rường ngang đều là ngàm.
- Tỉ số mômen quán tính của tiết diện hai phần cột: $J_1/J_2 = 4$.
- Chiều cao tiết diện đã chọn trước của mỗi phần cột b_t = 750mm, b_d = 1250mm.
- Nội lực tính toán đã chọn từ bảng tổ hợp nội lực

của phần cột trên: $N = 89,78.10^3$daN; $M = -153,58.10^3$daNm,
của nhánh trong cột dưới: $N_1 = 365,3.10^3$daN; $M_1 = -156,78.10^3$daNm
của nhánh ngoài cột dưới: $N_2 = 370,89.10^3$daN; $M_2 = +249,87.10^3$daNm,
lực cắt lớn nhất tại tiết diện chân cột $Q = 29,12.10^3$daN.

- Vật liệu: cột chế tạo bằng thép BCT3KП 2.
- Hệ số điều kiện làm việc của cột $\gamma = 1$.

a) Xác định chiều dài tính toán

- Chiều dài tính toán trong mặt phẳng khung xác định riêng rẽ cho từng phần cột theo công thức

$$l_{1x} = \mu_1 h_d; \quad l_{2x} = \mu_2 h_t.$$

Trước hết tính các tham số:

- Tỉ số độ cứng đơn vị giữa hai phần cột:

$$K_1 = (J_2/J_1).(h_d/h_{tr}) = (1/4).(14,4/6,4) = 0,57.$$

- Tỉ số lực nén tính toán lớn nhất của phần cột dưới và phần cột trên:

$$m = N_d/N_t = 370,89.10^3/89,78.10^3 = 4,14.$$

- Tính hệ số

$$C_1 = (h_t/h_d).\sqrt{(J_1/J_2.m)} = (h_t/h_d).\sqrt{(J_1/J_2).(1/m)} = (6,4/14,4).\sqrt{4/4,14} = 0,44.$$

Dựa vào bảng II.6b phụ lục II, nội suy được $\mu_1 = 1,74$

và $$\mu_2 = \frac{\mu_1}{C_1} = \frac{1,74}{0,44} = 4 > 3, \text{ lấy } \mu_2 = 3.$$

Nhận thấy rằng, tỉ số $(h_t/h_d) = (6,4/14,4) = 0,44 < 0,6$ và $(N_d/N_t) = 4,14 > 3$ nên có thể dùng trị số μ_1, μ_2 trung bình (ghi trong bảng 3.2): $\mu_1 = 2$; $\mu_2 = 3$.

Tính được $l_{1x} = \mu_1 h_d = 2 \,.\, 14,4 = 28,8$m; $l_{2x} = \mu_2 h_t = 3 \,.\, 6,4 = 19,2$m.

- Chiều dài tính toán ngoài mặt phẳng khung xác định bằng khoảng cách các điểm cố kết dọc ngăn cản không cho cột chuyển vị theo phương dọc nhà:

$$l_{1y} = h_d = 14,4\text{m}; \; l_{2y} = h_t - h_{dcc} = 6,4 - 1,84 = 4,56\text{m}$$

ở đây, chiều cao dầm cầu chạy đã tính trước: $h_{dcc} = 1,84$m.

b) Chọn tiết diện

Tiết diện cột trên chọn dạng chữ H đối xứng, ghép từ ba bản thép, với chiều cao tiết diện đã chọn trước b_t = 750mm.

Độ lệch tâm $e = M/N = 153,58.10^3/89,78.10^3 = 1,71\text{m} = 171\text{cm}$.

Sơ bộ giả thiết hệ số ảnh hưởng hình dạng tiết diện $\eta = 1,25$ và diện tích yêu cầu của tiết diện tính theo công thức

$$A_{yc} = \frac{N}{R\gamma}\left[\eta + (2,2 \div 2,8)\frac{e}{h}\right] = \frac{89,78.10^3}{2,1.10^3}\left[1,25 + 2,3 \,.\, \frac{171}{75}\right] = 277,6\text{cm}^2$$

Chọn chiều dày bản bụng δ_b = 12mm; tỉ số h/δ_b = 75/1,2 = 62,5. Chọn chiều dày bản cánh δ_c = 20mm, chiều rộng bản cánh b_c = 480mm.

Tỉ số b_c/δ_c = 48/2 = 24 và b_c/h_t = 48/640 = 1/13,3.

Diện tích của tiết diện vừa chọn (h.3.4) là:

bản bụng $71 \cdot 1,2 = 85,2\ cm^2$;

bản cánh $2 \cdot (48 \cdot 2) = 192,0 cm^2$

$A = 277,2 cm^2$

c) Kiểm tra tiết diện đã chọn

- Tính các đặc trưng hình học của tiết diện:

$$J_x = \frac{1,2 \cdot 71^3}{12} + 2\left[\frac{48 \cdot 2^3}{12} + 36,5^2 \cdot 2 \cdot 48\right] = 291647 cm^4;$$

$$J_y = \frac{2 \cdot 2,0 \cdot 48^3}{12} + \frac{71 \cdot 1,2^3}{12} = 36874 cm^4;$$

$r_x = \sqrt{J_x/A} = \sqrt{291647/277,2} = 32,44$cm;

$r_y = \sqrt{J_y/A} = \sqrt{36874/277,2} = 11,53$cm;

$W_x = 2J_x/h = 2 \cdot 291647/75 = 7777\ cm^3$.

- Độ mảnh và độ mảnh qui ước của cột trên:

$\lambda_y = l_{2y}/r_y = 456/11,53 = 39,55$; $\overline{\lambda_y} = \lambda_y\sqrt{R/E} = 39,55\sqrt{2100/2,1 \cdot 10^6} = 1,25$;

$\lambda_x = l_{2x}/r_x = 1920/32,44 = 59,2 = \lambda_{max} < [\lambda] = 120$;

$\overline{\lambda_x} = \lambda_x\sqrt{R/E} = 59,2\sqrt{2100/2,1.10^6} = 1,872$.

- Độ lệch tâm tương đối m, và độ lệch tâm tính đổi m_1:

$m = eA_{ng}/W_x = 171 \cdot 277,2/7777 = 6,1$.

Với $\overline{\lambda_x} = 1,872 < 5$; $5 < m = 6,1 < 20$; $A_c/A_b = 96/85,2 = 1,13$,

tra bảng II.4 phụ lục II được

$\eta = 1,4 - 0,02\overline{\lambda} = 1,4 - 0,02 \cdot 1,872 = 1,363$, tính $m_1 = \eta m = 1,363 \cdot 6,1 = 8,31 < 20$.

Cột không cần kiểm tra bền vì $A_{th} = A_{ng}$ và $m_1 < 20$.

- Kiểm tra ổn định tổng thể trong mặt phẳng uốn:

Với $\overline{\lambda_x} = 1,872$ và $m_1 = 8,31$, tra bảng II.2, phụ lục II được hệ số $\varphi_{lt} = 0,155$.

Điều kiện ổn định:

$\sigma = N/(\varphi_{lt} A_{ng}) = 89,78.10^3/0,155 \times 277,2 =$

$= 2,08.10^3\ daN/cm^2 < R\gamma = 2,1 \cdot 10^3 daN/cm^2$.

- Kiểm tra ổn định tổng thể ngoài mặt phẳng uốn:

Trước hết, tính giá trị mômen ở đầu cột đối diện với tiết diện đã có $M_2 = -153,58.10^3$ daNm. Trong ví dụ này, ứng với từng trường hợp tải trọng, đã cộng được giá trị tương ứng ở đầu kia là $M_1 = -34,85.10^3$daNm.

Mômen ở 1/3 đoạn cột là

$\overline{M} = M_2 + (M_1 - M_2)/3 = -153,58.10^3 + (-34,85.10^3 + 153,58.10^3)/3 = -114,15.10^3$,

mà $\max(M_1; M_2)/2 \equiv M_2/2 = -153,58.10^3/2 = -76,79.10^3$daNm, dùng giá trị mômen qui ước để tính toán là $M' = \overline{M}$, nghĩa là $M' = -114,15.10^3$daNm để kiểm tra ổn định ngoài mặt phẳng khung.

Độ lệch tâm tương đối $m = \frac{M'}{N} \cdot \frac{A_{ng}}{W_x} = \frac{114,15 \cdot 10^5}{89,78.10^3} \cdot \frac{277,2}{7777} = 4,53 < 5$

Dựa vào bảng II.5. phụ lục II, xác định hệ số α, β

$\alpha = 0,65 + 0,005m = 0,65 + 0,005.4,53 = 0,673;$

$\lambda_y = 39,55 < \lambda_c = 3,14\sqrt{E/R} = 3,14\sqrt{2,1.10^6/2100} = 99,3;\ \beta = 1.$

Tính được $C = \beta/(1 + \alpha m_x) = 1/(1 + 0,673.4,53) = 0,247$, $\lambda_y = 39,55$. Tra bảng II.1 phụ lục II được $\varphi_y = 0,9$.

Điều kiện ổn định ngoài mặt phẳng khung:

$\sigma_y = N/(C\varphi_y A_{ng}) = 89,78.10^3/(0,247.\ 0,9.\ 277,2) =$

$= 1,457.10^3 \text{daN/cm}^2 < R\gamma = 2,1.10^3 \text{daN/cm}^2.$

- Kiểm tra ổn định cục bộ:

Với bản cánh cột, theo bảng 3.3. có:

$[b_o/\delta] = (0,36 + 0,1\bar{\lambda})\sqrt{E/R}$ (ở đây $\bar{\lambda} \equiv \bar{\lambda}_x = 1,872$);

$[\ b_o/\delta\ ] = (0,36 + 0,1.1,872)\sqrt{2,1.10^6/2100} = 17,3.$

Tiết diện cột đã chọn có $b_o/\delta_c = (48 - 1,2)/(2\ .\ 2) = 11,7 < 17,3$.

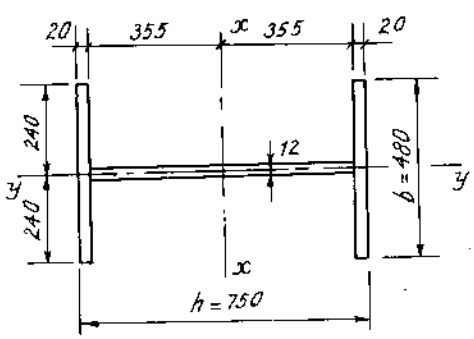
Với bản bụng cột, vì khả năng chịu lực của cột được xác định theo điều kiện ổn định tổng thể trong mặt phẳng khung nên tỉ số giới hạn $[h_o/\delta_b]$ xác định theo bảng 3.4.

Ứng với $m = 6,1 > 1$ và $\bar{\lambda} = 1,872 > 0,8$ ta có

$$[h_o/\delta_b] = (0,9 + 0,5\bar{\lambda})\sqrt{E/R} = (0,9 + 0,5.\ 1,872)\sqrt{\frac{2,1.10^6}{2100}} = 59,64.$$

Tiết diện đã chọn có $h_o/\delta_b = \dfrac{75 - 2\ .\ 2}{1,2} = 59 < [h_o/\delta_b] = 59,64.$

Vậy tiết diện đã chọn như hình 3.4 là thỏa mãn.



Hình 3.4. Tiết diện cột của ví dụ 3.1

3. Thiết kế tiết diện cột dưới đặc

a) Dạng tiết diện

Với các cột biên của nhà công nghiệp một tầng, cột dưới đặc có tiết diện dạng chữ H không đối xứng. Hình dáng này là do hai cặp nội lực có mômen trái dấu dùng để tính cột dưới (M_1, N_1 và M_2, N_2) có trị số khác nhau nhiều. Đồng thời với hình dáng này thì liên kết dầm cầu trục với nhánh trong của cột sẽ được thực hiện dễ dàng.

Nhánh mái (phía ngoài) dùng thép bản, có tỉ lệ chiều rộng và chiều dày lấy theo bảng 3.3. Nhánh cầu trục (nhánh trong) dùng thép cán hình chữ I. Bụng cột dùng thép bản có chiều dày bằng $\left(\dfrac{1}{80} \div \dfrac{1}{250}\right) b_d$ nhưng không nhỏ hơn 8mm.

Với các cột giữa, cột dưới đặc thường có dạng đối xứng. Mỗi nhánh của nó tương tự như nhánh trong của cột hàng biên. Bụng cột có thể dùng thép bản (như ở cột biên) hoặc dùng một thép I hình khác (khi chiều cao tiết diện nhỏ). Điều kiện cấu tạo của nhánh và bụng tương tự như ở nhánh trong và bản bụng cột biên.

Chiều cao h của tiết diện cột chính là h_d đã chọn trước đây. Chiều rộng b của tiết diện cột (chính là chiều cao của thép I) chọn bằng $(1/20 \div 1/30)h_d$ hoặc bằng $(0,3 \div 0,5)h$. Diện tích tiết diện của các nhánh thường xấp xỉ hoặc bằng nhau.

b) Diện tích tiết diện

Có thể tính sơ bộ diện tích yêu cầu của tiết diện cột dưới đặc tương tự như đã tính

với cột trên, có chú ý đến tính không đối xứng của tiết diện cột biên. Sử dụng công thức

$$A_{yc} = \frac{N}{R\gamma}\,[\,1{,}25 + (2{,}2 \sim 2{,}8)\,\frac{e}{h}\,] \qquad (3.20)$$

hoặc $$A_{yc} = \frac{N}{\varphi_{lt} R\gamma}\,, \qquad (3.21)$$

với $e = M/N$; h- chiều cao tiết diện cột;

φ_{lt}- tra bảng II.2, phụ lục II theo $\bar{\lambda}_x = \lambda_x\sqrt{R/E}$ và $m_1 = \eta m = \eta e/\rho$,

ban đầu, gần đúng lấy $\lambda_x = \dfrac{l_{x1}}{r_x} = \dfrac{l_{x1}}{0{,}48h}$

và $m_1 = 1{,}25e/0{,}46h = 2{,}7e/h$.

Phân phối A_{yc} vừa tính được theo tỉ lệ tương đối $A_{bụng} = (0{,}2 \div 0{,}3)\,A_{yc}$;

$$A_{nhmái} = A_{nhct} = (0{,}3 \div 0{,}4)\,A_{yc}$$

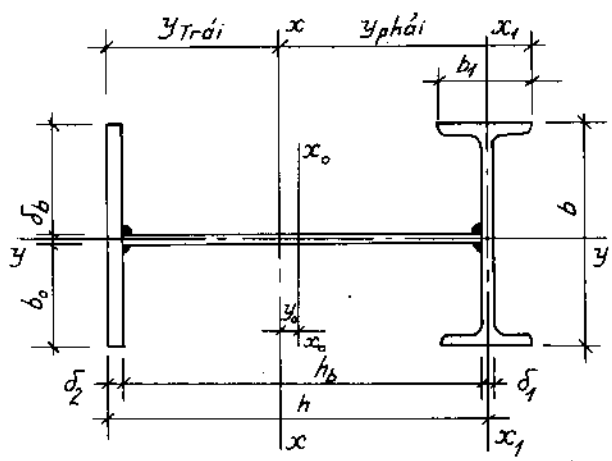
và theo các qui định về cấu tạo để chọn ra tiết diện từng bộ phận và cấu tạo nên tiết diện cột A_{ng}:

$$A_{nguyên} = A_{bụng} + A_{nhmái} + A_{nhct}. \qquad (3.22)$$

c) Kiểm tra tiết diện

- Sau khi cấu tạo tiết diện, xác định trọng tâm và tính các đại lượng J_x, J_y, $W_{xtrái}$, $W_{xphải}$, r_x, r_y, $\bar{\lambda}_x$, $\bar{\lambda}_y$ tương tự như đã làm ở cột trên.

Cấu tạo tiết diện cột dưới đặc xem hình 3.5.



Hình 3.5. Tiết diện cột dưới đặc

- Kiểm tra ổn định tổng thể của cột theo cả hai phương trong và ngoài mặt phẳng khung

$\sigma_x = N/(\varphi_{lt}.A_{ng}) \le R\gamma$; (3.23)

$\sigma_y = N/(C\varphi_y.A_{ng}) \le R\gamma$; (3.24)

trong đó A_{ng}- diện tích làm việc của tiết diện cột, φ_y- hệ số uốn dọc chịu nén đúng tâm của cột, tra theo $\lambda_y = l_y/r_y$- bảng II.1, phụ lục II; C - hệ số ảnh hưởng của mômen uốn trong mặt phẳng khung đến sự làm việc của cột theo phương ngoài mặt phẳng khung. Xác định C tương tự như ở cột trên; φ_{lt} tra bảng II.2, phụ lục II, theo độ mảnh qui ước $\bar{\lambda}_x = \lambda_x\sqrt{R/E}$ và độ lệch tính đổi $m_1 = \eta e/\rho$, ở đây η- xác định theo bảng II.4, phụ lục II; $e = M/N$; $\rho = W_x/A$, với W_x tính với thớ chịu nén nhiều nhất;

- Ổn định cục bộ của bản cánh và bản bụng cột được kiểm tra tương tự như ở cột trên.

Khi bản bụng cột dưới không ổn định, cần tăng diện tích một hoặc cả hai nhánh (cánh) cột và kiểm tra lại tiết diện mới của cột theo công thức:

$$\sigma_x = N/(\varphi_{lt} A') \le R\gamma,$$

trong đó A'- diện tích làm việc của cột, bao gồm hai nhánh và phần bản bụng sát với hai nhánh, mỗi bên rộng $C_1 = 0{,}85\delta_b\sqrt{E/R}$,

$$A' = A_{nhmái} + A_{nhct} + 2.(\delta_b C_1). \qquad (3.25)$$

Phần bản bụng ở giữa coi như đã mất ổn định, không làm việc. Khi $h_b/\delta_b > 2{,}2\sqrt{E/R}$, phải gia cường bản bụng bằng các đôi sườn ngang, khoảng cách các đôi sườn ngang này bằng $(2{,}5 \div 3)\, h_b$.

Ví dụ 3.2. Chọn tiết diện cột dưới đặc theo số liệu ở ví dụ 3.1.

Nội lực tính toán ở tiết diện I-I chân cột là:

$$N_{max} = 370{,}89 \,.\, 10^3 \text{daN}; M_{tư} = 249{,}87.10^3 \text{ daNm}.$$

Trọng lượng bản thân cột:

phần cột trên $G_2 = A\gamma h_t = 0{,}027 \,.\, 7{,}85.10^3 \,.\, 6{,}4 = 1{,}36.10^3 \text{daN}$.

phần cột dưới $G_1 = \dfrac{\Sigma N}{KR}\gamma\psi h_d = \dfrac{370{,}89.10^3}{0{,}5 \,.\, 2{,}1 \,.\, 10^7} \,.\, 7{,}85 \,.\, 10^3 \,.\, 1{,}4 \,.\, 14{,}4 =$

$= 5{,}6 \,.\, 10^3$ daN.

Lực nén tổng cộng $N = 370{,}89 \,.\, 10^3 + 1{,}36 \,.\, 10^3 + 5{,}6 \,.\, 10^3 = 377{,}85 \,.\, 10^3$ daN.

a) Sơ bộ chọn tiết diện

Chiều cao tiết diện cột đã chọn trước $h = b_d = 1{,}250$m.

Độ lệch tâm $e = M/N = 249{,}87.10^3/377{,}85 \,.\, 10^3 = 0{,}66$ m.

Diện tích yêu cầu của tiết diện, sơ bộ tính theo:

$$A_{yc} = \frac{N}{R\gamma}\left(1{,}25 + 2{,}5\,\frac{e}{h}\right) = \frac{377{,}85.10^3}{2{,}1.10^7 \,.1}\left(1{,}25 + 2{,}5\,\frac{0{,}66}{1{,}25}\right) = 462 \,.\, 10^{-4}\text{m}^2 = 462\text{cm}^2$$

Chọn chiều dày bản bụng $\delta_b = 16$ mm.

Diện tích bản bụng $A_b \simeq 1{,}6 \,.\, 125 = 200$ cm^2.

Diện tích mỗi nhánh cột $\simeq \dfrac{462 - 200}{2} = 131$ cm^2

Chọn nhánh cầu trục là thép hình I 60, có:

$$A_{nhct} = 132 \text{ cm}^2; J_y = 75450 \text{ cm}^4; J_x = 1720 \text{ cm}^4.$$

Chọn nhánh mái là thép bản - 600 x 24, có:

$$A_{nhm} = 60 \,.\, 2{,}4 = 144 \text{ cm}^2; b_o/\delta_c = \frac{0{,}5(60 - 1{,}6)}{2{,}4} = 12{,}1.$$

Chọn bản bụng là thép bản - 1220 x 16 có $A_b = 195{,}2$ cm^2.

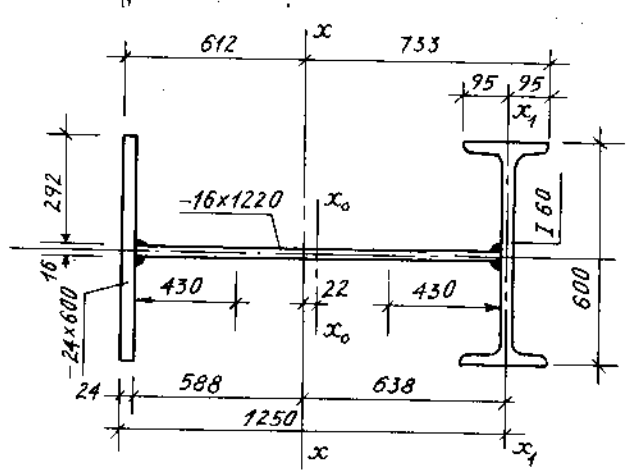
Tiết diện đã chọn như hình 3.6.

b) Tính các đặc trưng hình học của tiết diện và độ mảnh, độ lệch của cột

Diện tích tiết diện:

$A = A_{nhm} + A_b + A_{nhct} =$
$= 144 + 195{,}2 + 132 =$
$471{,}2$ cm^2.

Khoảng cách từ trục trọng tâm riêng $x_1 - x_1$ của nhánh cầu trục đến trọng tâm toàn tiết diện:



Hình 3.6. Tiết diện cột ở ví dụ 3.2

$$y_1 = \frac{\sum x_i A_i}{A} = \frac{144 \cdot (125 - 1,2) + 195,2(125 - 1,2 - 61)}{471,2} = 63,8\text{cm}.$$

Trục trọng tâm $x - x$ đi qua trọng tâm tiết diện và song song với $x_1 - x_1$.
Các đặc trưng hình học của tiết diện:

$$J_x = 144 \cdot 60^2 + \frac{1,6 \cdot 122^3}{12} + 2,2^2 \cdot 195,2 + 1720 + 132 \cdot 63,8^2 = 1300476 \text{ cm}^4;$$

$$W_{x\text{trái}} = \frac{1300476}{61,2} = 21249,6 \text{ cm}^3; \quad W_{x\text{phải}} = \frac{1300476}{(63,8 + 9,5)} = 17741,8 \text{ cm}^3;$$

$$J_y = 75450 + \frac{2,4 \cdot 60^3}{12} = 118650 \text{ cm}^4;$$

$$r_x = \sqrt{\frac{1300476}{471,2}} = 52,53; \quad r_y = \sqrt{\frac{118650}{471,2}} = 15,87.$$

+ Độ mảnh $\lambda_x = \frac{2880}{52,53} = 54,8; \bar{\lambda}_y = 54,8\sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^3}{2,1 \cdot 10^6}} = 1,73;$

$$\lambda_y = \frac{1440}{15,87} = 90,73$$

+ Mômen tính là mômen dương, độ lệch về phía nhánh mái. Tính độ lệch:

$$m = e \cdot \frac{A}{W_{\text{trái}}} = 66 \cdot \frac{471,2}{21249,6} = 1,46.$$

Tỉ lệ diện tích của cánh nén và bản bụng:

$$\frac{A_{\text{nhm}}}{A_b} = \frac{144}{195,2} = 0,74 \quad \text{và } \bar{\lambda}_x = 1,73 < 5$$

Tra bảng II.4, phụ lục II, ứng với tiết diện loại 5 (vì độ lệch hướng về phía cánh thép bản):

Với $\frac{A_{\text{nhm}}}{A_b} = 0,5$ có $\eta = (1,75 - 0,1\text{m}) - 0,02(5 - m).\bar{\lambda} =$

$= (1,75 - 0,1 \cdot 1,46) - 0,02(5 - 1,46) \cdot 1,73 = 1,48$

Với $\frac{A_{\text{nhm}}}{A_b} = 1$ có $\eta = (1,9 - 0,1\text{m}) - 0,02(6 - m)\bar{\lambda} =$

$= (1,9 - 0,1 \cdot 1,46) - 0,02(6 - 1,46).1,73 = 1,59$

Nội suy, với $\frac{A_{\text{nhm}}}{A_b} = 0,74$ được $\eta = 1,53$.

Độ lệch tâm tính đổi $m_1 = \eta m = 1,53 \text{ x } 1,46 = 2,23$
Với $\bar{\lambda} = 1,73$ và $m_1 = 2,23$, tra bảng II.2. phụ lục II được $\varphi_{II} = 0,414$.

c) Kiểm tra ổn định cục bộ

Với bản cánh cột ở nhánh mái, theo bảng 3.3 tính tỉ số giới hạn

$$[b_c/\delta_c] = (0,36 + 0,1\bar{\lambda})\sqrt{E/R} = (0,36 + 0,1 \cdot 1,73).\sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^6}{2,1 \cdot 10^3}} = 16,85$$

Bản cánh đã chọn có tỉ số thực tế:

$$\frac{b_o}{\delta_c} = (\frac{60 - 1,6}{2}) : 2,4 = 12,2 < [\frac{b_o}{\delta_c}] = 16,85.$$

Bản cánh thỏa mãn điều kiện ổn định cục bộ.

Với bản.bụng cột, vì khả năng chịu lực của cột được xác định theo điều kiện ổn định tổng thể trong mặt phẳng khung nên tỉ số giới hạn $[h_o/\delta_b]$ xác định theo bảng 3.4.

Khi $m = 1,46 > 1$ và $\bar{\lambda} = 1,73 > 0,8$ ta có

$$[h_o/\delta_b] = (0,9 + 0,5\bar{\lambda})\sqrt{E/R} = (0,9 + 0,5 . 1,73)\sqrt{\frac{2,1 . 10^6}{2,1 . 10^3}} = 55,8$$

Tỉ số thực tế $h_o/\delta_b = \frac{122}{1,6} = 76,25 > 55,8.$

Bản bụng bị mất ổn định cục bộ, chỉ có một phần chiều rộng sát hai cánh cùng làm việc với cánh. Chiều **rộng đoạn cùng làm việc:**

$$C_1 = 0,85\delta_b\sqrt{E/R} = 0,85 . 1,6\sqrt{\frac{2,1 . 10^6}{2,1 . 10^3}} = 43 \text{ cm}.$$

Tỉ số thực tế $\frac{h_o}{\delta_b} = 76,25 > 2,2\sqrt{E/R} = 2,2\sqrt{\frac{2,1 . 10^6}{2,1 . 10^3}} = 69,6.$

Phải làm các đôi sườn ngang gia cố bản bụng.

Khoảng cách các sườn ngang $a = 2,5h_o = 2,5 . 122 = 305$ cm.

Bề rộng sườn ngang $b_s = \frac{1220}{30} + 40 = 80,6$ mm. Chọn $b_s = 100$ mm.

Chiều dày sườn $\delta_s = 2b_s\sqrt{R/E} = 2 . 10,0.\sqrt{\frac{2,1 . 10^3}{2,1 . 10^6}} =$

$= 0,63$ cm. Chọn $\delta_s = 8$ mm

d) Kiểm tra ổn định tổng thể trong mặt phẳng khung

Theo công thức: $\sigma_x = N/(\varphi_{II}.A)$

Với φ_{II} đã tính trên đây $\varphi_{II} = 0,414$; A- diện tích làm việc của tiết diện

$$A = A_{nhm} + A_{nhct} + 2C_1.\delta_b = 144 + 132 + 2 . 43 . 1,6 = 413,6 \text{ cm}^2.$$

Vậy $\sigma_x = \frac{377,85.10^3}{0,414 . 413,6} = 2206 \text{ daN/cm}^2$

Trị số vượt quá $\Delta = \frac{2206 - 2100}{2100} = 5\%.$

e) Kiểm tra ổn định tổng thể ngoài mặt phẳng khung

Cặp nội lực để tính toán ở tiết diện I-I: $N = 377,85.10^3$daN và $M = 249,87.10^3$ daNm ứng với các tải trọng 1, 2, 3, 5, 8. Mômen tương ứng ở đầu kia, cũng do các tải trọng 1, 2, 3, 5, 8 gây ra (lấy trong bảng kê nội lực) là:

$$M_c = -25,69.10^3 - 8,68.10^3 - 104,92.10^3 - 14,86.10^3 - 4,9.10^3 = -157,02.10^3 \text{ daNm}.$$

Mômen lớn nhất ở 1/3 chiều dài cột là

$$\overline{M} = 245,87.10^3 + \frac{1}{3}(-157,52 . 10^3 - 249,87.10^3) = 114,24.10^3 \text{ daNm};$$

$$0,5M_{max} = 0,5.249,87.10^3 = 124,94.10^3 \text{ daNm} > \overline{M}.$$

Vậy dùng trị số mômen để kiểm tra ổn định ngoài mặt phẳng khung là $M' = 124,94.10^3$ daNm.

Tính độ lệch tâm theo M'

$$m_x = \frac{M'}{N} \cdot \frac{A}{W_{x1trái}} = \frac{124,94.10^3.10^2}{377,85.10^3} \cdot \frac{471,2}{21249,6} = 0,73 < 5$$

Hệ số ảnh hưởng C xác định theo

$$C = \beta/(1 + \alpha m_x).$$

Theo bảng II.5. phụ lục II, ứng với $\lambda_y = 90,7$ nhỏ hơn độ mảnh

$$\lambda_c = 3,14\sqrt{E/R} = 3,14\sqrt{\frac{2,1.10^6}{2,1.10^3}} = 99,3 \quad \text{thì } \beta = 1$$

Và khi $m_x < 1$ thì $\alpha = 1 - 0,3\frac{J_2}{J_1} = 1 - 0,3\ \frac{43200}{75450} = 0,83,$

trong đó J_2- mômen quán tính của cánh nhỏ đối với trục y - y,

$$J_2 = \frac{2,4 \cdot 60^3}{12} = 43200\text{cm}^4;$$

J_1 - mômen quán tính của cánh lớn đối với trục y - y ,

$$J_1 = 75450\ \text{cm}^4.$$

Tính $C = 1/(1 + 0,83 \cdot 0,73) = 0,62$.

Với $\lambda_y = 90,7$, tra bảng II.1. phụ lục II, được $\varphi_y = 0,665$.

Kiểm tra ổn định ngoài mặt phẳng khung theo

$$\sigma_y = \frac{N}{C.\varphi_y.A} = \frac{377,85.10^3}{0,62 \cdot 0,665 \cdot 413,6} = 2215\ \text{daN/cm}^2.$$

So với $R\gamma = 2100$ daN/cm^2, lượng vượt quá là:

$$\Delta = \frac{2215 - 2100}{2100} \approx 5\%.$$

Ở đây A là phần diện tích làm việc của tiết diện (không tính đến phần bản bụng đã mất ổn định).

4. Thiết kế tiết diện cột dưới rỗng

a) Hình dạng và các yêu cầu cấu tạo tiết diện

Cột dưới rỗng thường được dùng khi cột có chiều cao lớn hoặc khi cần thiết phải mở rộng tiết diện cho phù hợp với kích thước của cầu chạy.

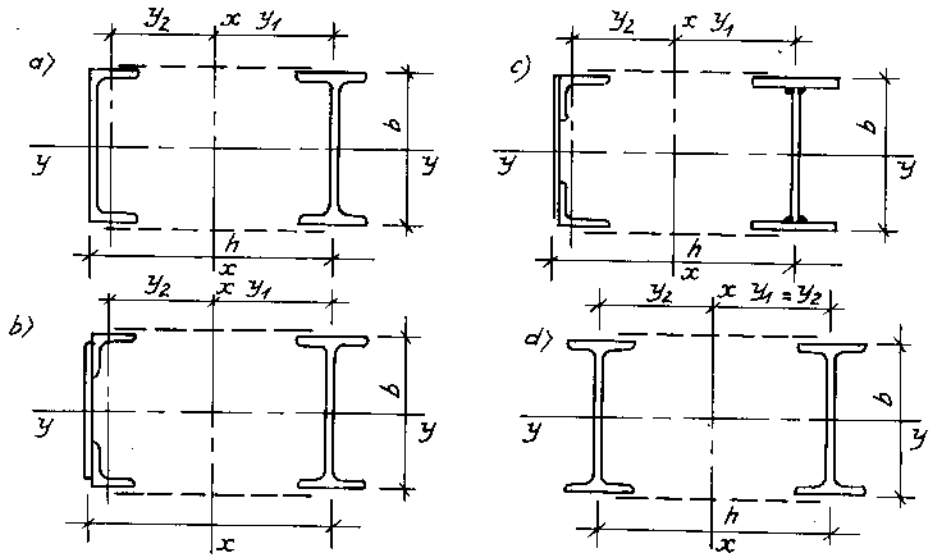
Cột dưới của nhà công nghiệp một tầng, một nhịp hoặc cột biên của nhà công nghiệp một tầng nhiều nhịp có tiết diện không đối xứng, bao gồm hai nhánh: *nhánh ngoài* (nhánh mái) và *nhánh trong* (nhánh cầu trục). Nhánh ngoài dùng thép cán hình [hoặc dùng tổ hợp của một thép bản và hai thép góc. Nhánh trong dùng thép cán hình I hoặc dùng tiết diện tổ hợp từ ba thép bản. Dùng tiết diện là thép hình đơn giản cho chế tạo nhưng khó điều chỉnh kích thước để có được tiết diện có ổn định đều theo hai phương (trong và ngoài mặt phẳng khung).

Tiết diện cột dưới rỗng của cột giữa nhà một tầng nhiều nhịp thường đối xứng. Cấu tạo của từng nhánh riêng biệt tương tự như cấu tạo nhánh cầu trục của cột biên (h.3.7).

Chiều cao tiết diện h chính là b_d đã chọn trước (chương 1). Chiều cao thép hình [, I (chiều rộng b của tiết diện cột) nên chọn vào khoảng (1/20 ~ 1/30) h_d.

Do cột dưới có lực cắt lớn nên thường dùng hệ bụng *dạng thanh giằng*. Các thanh giằng thường là một thép góc bố trí theo hệ tam giác có hoặc không có thanh ngang.

Trục các thanh giằng hội tụ ở trục nhánh cầu chạy và ở trục hoặc ở mép ngoài (sống thép hình) của nhánh mái. Điểm hội tụ của các thanh giằng trên thanh nhánh gọi là *mắt giằng*. Khoảng cách các mắt giằng chọn trước, sao cho góc nghiêng α giữa trục thanh giằng xiên và trục nhánh bằng 30 đến 60°. Để dễ gia công chế tạo, nên chọn α vào khoảng 40°; 45°; 50°.



Hình 3.7. Các tiết diện cột dưới rỗng :
a, b, c) dãy biên; d) dãy giữa

b) Chọn tiết diện (h.38)

Khi chịu uốn quanh trục rỗng x - x, cột rỗng làm việc như một dàn hai cánh song song. Việc chọn tiết diện xuất phát từ điều kiện bền của từng nhánh riêng rẽ. Mômen uốn M_x và lực dọc N của cột gây ra nội lực dọc N_{nh} trong các nhánh cột. Xác định N_{nh} cho từng nhánh riêng rẽ theo trình tự sau:

Căn cứ vào cặp nội lực nguy hiểm nhất đã chọn trong bảng tổ hợp lực, ta có cặp nội lực nguy hiểm cho nhánh 1 (nhánh cầu trục) là M_1, N_1; và cho nhánh 2 (nhánh mái) là M_2, N_2.

Giả thiết rằng diện tích nhánh tỉ lệ với lực dọc của nhánh N_{nh}, thành lập được phương trình xác định vị trí trọng tâm tiết diện

$$y_1^2 - \left(\frac{M_1 + M_2}{N_1 - N_2} + C\right)y_1 + \frac{M_2 C}{N_1 - N_2} = 0 \qquad (3.26)$$

Ban đầu giả thiết $C \approx h$, thay vào phương trình trên và giải tìm được y_1 là khoảng cách từ trục nhánh 1 đến trục trọng tâm toàn tiết diện. Khoảng cách từ trục trọng tâm toàn tiết diện đến trục nhánh 2 là $y_2 = C - y_1 \approx h - y_1$.

Lực dọc trong nhánh 1: $$N_{nh1} = N_1 \cdot \frac{y_2}{C} + \frac{M_1}{C} \quad ; \qquad (3.27)$$

trong nhánh 2: $$N_{nh2} = N_2 \frac{y_1}{C} + \frac{M_2}{C} \qquad (3.28)$$

Giả thiết hệ số ổn định $\varphi = 0{,}7 \sim 0{,}9$, tính được diện tích tiết diện yêu cầu cho từng nhánh riêng rẽ,

cho nhánh cầu trục, $$A_{ycnh1} = N_{nh1}/(\varphi R), \qquad (3.29)$$

cho nhánh mái, $$A_{ycnh2} = N_{nh2}/(\varphi R), \qquad (3.30)$$

trong đó R- cường độ tính toán của vật liệu thép, (daN/cm^2).

Theo các yêu cầu hướng dẫn về cấu tạo tiết diện, bố trí tiết diện các nhánh cột và tiết diện cột rồi tính chính xác lại diện tích thực vừa bố trí A_{nh1}, A_{nh2}. Các diện tích này có thể sai khác chút ít so với A_{ycnh1}, A_{ycnh2} vừa tính trên đây.

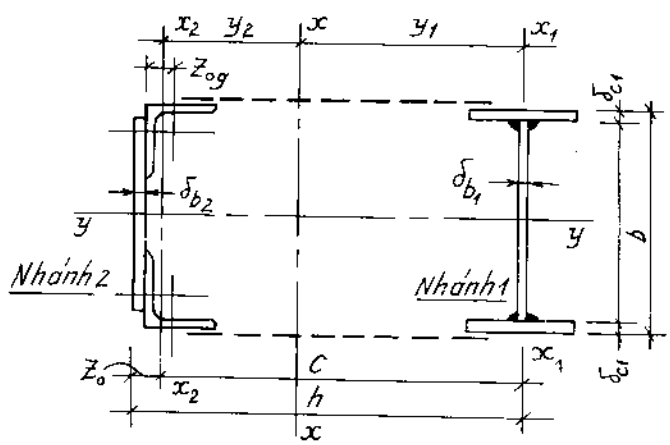
Xác định vị trí trọng tâm của từng nhánh. Với nhánh 1 (nhánh cầu trục) là nhánh đối xứng nên trục x_1–x_1 đi qua trọng tâm cũng chính là trục bản bụng của nhánh. Với nhánh 2 (nhánh mái) cần phải xác định lại vị trí trục trọng tâm x_2–x_2 theo tiết diện vừa chọn bằng các phương pháp của sức bền vật liệu. Từ đó, tính được khoảng cách z_0 từ mép ngoài nhánh mái đến trục x_2–x_2 suy ra

$$C = h - z_0. \quad (3.31)$$

Trong trường hợp tiết diện nhánh mái chọn dạng thép cán [thì z_0 được tra bảng theo số hiệu của thép cán hình [vừa chọn.

Xác định các đặc trưng hình học J_{x1}, r_{x1} của nhánh 1 đối với trục bản thân x_1–x_1 và J_{x2}, r_{x2} của nhánh 2 đối với trục bản thân x_2–x_2.

Khoảng cách từ trục trọng tâm tiết diện (x - x) đến trục các nhánh



Hình 3.8. Chọn tiết diện cột dưới rỗng

$$y_1 = (A_{nh2}/A).C; \quad (3.32)$$

$$y_2 = (A_{nh1}/A).C = C - y_1, \quad (3.33)$$

Với $A = (A_{nh1} + A_{nh2})$ là diện tích tiết diện toàn cột.

Mômen quán tính của toàn tiết diện đối với trục trọng tâm (x - x) là

$$J_x = (J_{x1} + y_1^2 A_{nh1}) + (J_{x2} + y_2^2 A_{nh2}). \quad (3.34)$$

Xác định hệ thanh bụng. Chiều dài thanh giằng xiên S xác định theo cách hội tụ của thanh xiên:

$S = \sqrt{a^2 + C^2}$ khi thanh xiên hội tụ trên trục thanh cánh,

$S = h/\sin\alpha = b_d/\sin\alpha$ khi thanh xiên hội tụ ở mép ngoài thanh cánh,

trong đó a- khoảng cách các mắt giằng trên thanh cánh; α- góc giữa trục thanh xiên và thanh cánh đứng. Chọn thanh xiên là một thép góc có số hiệu từ L50 x 5 đến L80x8 (với các nhà công nghiệp thông thường). Tra bảng sổ tay thép góc để có được diện tích tiết diện thanh xiên A_{tx} và bán kính quán tính nhỏ nhất của tiết diện r_{mintx}.

Độ mảnh của thanh xiên $\lambda_{maxtx} = S/r_{mintx}$. (3.35)

Tra bảng II.1, phụ lục II được φ_{mintx}.

Ứng suất trong thanh giằng xiên do lực cắt thực tế (ở tiết diện I-I chân cột) gây ra được kiểm tra theo công thức

$$\sigma = N_{tx}/(\varphi_{mintx} A_{tx} \gamma) \le R, \quad (3.36)$$

trong đó N_{tx}- nội lực dọc trong thanh giằng xiên do lực cắt Q trên tiết diện gây ra,

$$N_{tx} = Q/2\sin\alpha; \quad (3.37)$$

γ- hệ số điều kiện làm việc của thanh xiên, kể đến sự lệch tâm giữa trục thanh và trục liên kết khi tiết diện thép góc L chỉ liên kết ở một bên cánh, $\gamma = 0{,}75$.

Độ mảnh tính đổi của toàn cột theo trục ảo x - x xác định theo

$$\lambda_{td} = \sqrt{\lambda_x^2 + k(A/A_{tx})} \le [\lambda], \quad (3.38)$$

và độ mảnh qui ước $\overline{\lambda}_{td} = \lambda_{td}\sqrt{R/E}$; (3.39)

trong đó: λ_x- độ mảnh ban đầu của toàn tiết diện cột lấy với trục x - x (theo chiều dài tính toán của toàn cột dưới theo phương trong mặt phẳng khung: l_{1x} và bán kính quán tính $r_x = \sqrt{J_x/A}$); k- hệ số phụ thuộc góc nghiêng của thanh giằng xiên và trục nhánh, lấy theo bảng 3.5;[λ]- độ mảnh giới hạn, lấy theo bảng I.5, phụ lục I.

Bảng 3.5. Hệ số k để tính λ_{td}

α	30	35	40	45	50-60
k	45	37	31	28	26

Tính lực cắt qui ước theo công thức

$$Q_{qu} = 7{,}15 \times 10^{-6}(2330 - E/R)N/\varphi, \quad (3.40)$$

trong đó N- lực dọc lớn nhất trên toàn cột (giá trị lớn nhất trong hai giá trị N_1 và N_2); φ- hệ số uốn dọc, phụ thuộc λ_{td} tra trong bảng II.1, phụ lục II.

Nếu $Q_{qu} \le Q_{thực tế}$ đã dùng để tính thanh bụng xiên thì không cần phải tính lại thanh xiên và λ_{td} của toàn cột.

Nếu $Q_{qu} > Q_{thực tế}$ thì phải tính lại thanh bụng xiên theo Q_{qu}, đồng thời tính lại λ_{td} của toàn cột.

Thanh ..ng ngang chịu lực rất bé nhưng lại cần thiết để giảm chiều dài tính toán cho các thanh nhánh. Vì vậy thường lấy theo cấu tạo: chọn tiết diện giống như tiết diện thanh bụng xiên.

c) Kiểm tra tiết diện cột

Trước khi kiểm tra tiết diện nhánh, cần tính lại chính xác lực nén tác dụng lên từng nhánh N_{nh1}, N_{nh2} theo các số liệu y_1, y_2, C vừa tìm được:

$$N_{nh1} = N_1 \cdot \frac{y_2}{C} + \frac{M_1}{C}\ ; N_{nh2} = N_2 \cdot \frac{y_1}{C} + \frac{M_2}{C}$$

Không lấy dấu bản thân của N_1, M_1, N_2, M_2.

Độ mảnh riêng của từng nhánh đối với trục bản thân của nhánh:

$$\lambda_{x1} = l_{xnh1}/r_{x1};\ \lambda_{y1} = l_{ynh1}/r_{y1};\ \lambda_{x2} = l_{xnh2}/r_{x2};\ \lambda_{y2} = l_{ynh2}/r_{y2}\ , \quad (3.41)$$

trong đó l_{xnh1}, l_{xnh2}- chiều dài tính toán của nhánh 1, nhánh 2 theo phương làm việc quay quanh trục x_1-x_1, x_2-x_2 (chính là khoảng cách a giữa các mắt giằng); l_{ynh1}, l_{ynh2}-chiều dài tính toán của nhánh 1, nhánh 2 theo phương làm việc quay quanh trục $y-y$ (chính là chiều dài tính toán theo phương ngoài mặt phẳng, l_y của toàn cột); (r_{x1}, r_{y1}- bán kính quán tính, tương ứng với J_{x1}, J_y, A_{nh1} của riêng nhánh 1 với trục bản thân; r_{x2}, r_{y2}- bán kính quán tính tương ứng với J_{x2}, J_y, A_{nh2} của riêng nhánh 2 với trục bản thân của nó

Tìm được $\lambda_{1max} = \max(\lambda_{x1};\lambda_{y1})$; (3.42)

$\lambda_{2max} = \max(\lambda_{x2};\lambda_{y2})$ (3.43)

Tính độ mảnh qui ước $\overline{\lambda}_{1max} = \lambda_{1max}\sqrt{R/E}$; (3.44)

$\overline{\lambda}_{2max} = \lambda_{2max}\sqrt{R/E}$. (3.45)

Kiểm tra tiết diện từng nhánh riêng rẽ theo công thức:

$$\sigma_{nh1} = N_{nh1}/(\varphi_1 A_{nh1}) \le R\gamma; \quad (3.46)$$

$$\sigma_{nh2} = N_{nh2}/(\varphi_2 A_{nh2}) \le R\gamma; \quad (3.47)$$

trong đó φ_1, φ_2- hệ số uốn dọc của thanh nén đúng tâm, tra bảng II.1, phụ lục II theo λ_{1max} và λ_{2max}.

Kiểm tra ổn định toàn cột theo trục ảo (x - x), tiến hành lần lượt với từng cặp M_1; N_1 và M_2; N_2 theo phương pháp sau

Với cặp 1, tính $e_1 = M_1/N_1$ (3.48)

và độ lệch tâm tương đối $m = e_1(A/J_x)y$,

trong đó y- khoảng cách từ trục trọng tâm x - x đến trục nhánh nén (gây bởi M_1, N_1) nhưng không bé hơn đến mép bản bụng của nhánh nén đó.

Từ m và $\overline{\lambda}_{td}$ (đã tính ở phần b), tra bảng II.3, phụ lục II được φ_{lt}.

Ổn định toàn thân cột rỗng được kiểm tra theo công thức

$$N_1/(\varphi_{lt} . A) \le R\gamma, \quad (3.50)$$

trong đó A- diện tích tiết diện toàn cột $A = A_{nh1} + A_{nh2}$.

Cách làm tương tự đối với cặp M_2, N_2 và kiểm tra theo công thức

$$N_2/(\varphi_{lt} A) \le R\gamma. \quad (3.51)$$

Ví dụ 3.3. Thiết kế cột dưới rỗng theo số liệu ở ví dụ 3.1.

a) Chọn tiết diện nhánh

Sơ bộ giả thiết khoảng cách hai trục nhánh $C \approx h = 1{,}25$m. Khoảng cách từ trục trọng tâm toàn tiết diện đến trục nhánh cầu trục (nhánh 1):

$$y_1 = 0{,}55C = 0{,}55 . 1{,}25 = 0{,}7\text{m}; \quad y_2 = C - y_1 = 1{,}25 - 0{,}7 = 0{,}55\text{m}.$$

Lực nén lớn nhất trong nhánh cầu trục, tính được theo giá trị $M^-_{max} \equiv M_1$ và N_1 tương ứng:

$$N_{nh1} = N_1 . \frac{y_2}{C} + \frac{M_1}{C} = 365{,}3.10^3 . \frac{0{,}55}{1{,}25} + \frac{156{,}78.10^3}{1{,}25} = 286.10^3 \text{ daN}$$

và lực nén lớn nhất trong nhánh mái, tính theo giá trị $M^+_{max} \equiv M_2$ và N_2 tương ứng

$$N_{nh2} = N_2 . \frac{y_1}{C} + \frac{M_2}{C} = 370{,}89 . 10^3 \frac{0{,}7}{1{,}25} + \frac{249.78.10^3}{1{,}25} = 407 . 10^3 \text{daN}.$$

Giả thiết hệ số $\varphi = 0{,}8$, diện tích yêu cầu của các nhánh là

$$A_{ycnh1} = \frac{N_{nh1}}{\varphi R\gamma} = \frac{286.10^3}{0{,}8 . 2100 . 1} = 170 \text{ cm}^2;$$

$$A_{ycnh2} = \frac{N_{nh\,2}}{\varphi R\gamma} = \frac{407.10^3}{0{,}8 . 2100 . 1} = 242 \text{ cm}^2.$$

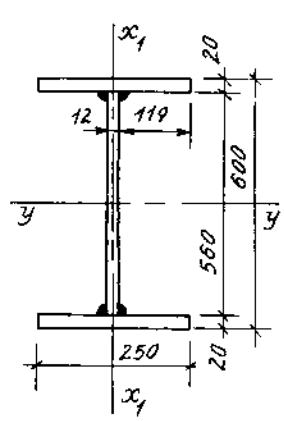
Theo yêu cầu độ cứng, chọn bề rộng cột (chiều cao tiết diện nhánh) $b = 60$cm, (tỉ số $b/h_d = 60/1440 = 1/24$).

Nhánh 1 dùng tiết diện dạng chữ I tổ hợp từ ba bản thép có các kích thước và diện tích là:

$$A_{nh1} = 56 . 1{,}2 + 2 . 25 . 2 = 167{,}2 \text{ cm}^2.$$

Tính các đặc trưng hình học của nhánh 1 (h. 3.9):

$$J_{x1} = \frac{2 . 2 . 25^3}{12} = 5208 \text{ cm}^4;$$



Hình 3.9. Tiết diện nhánh cầu trục (ví dụ 3.3)

$r_{x1} = \sqrt{J_{x1}/A_{nh1}} = \sqrt{5208/167,2} = 5,57$ cm;

$$J_{y1} = \frac{1,2 \cdot 56^3}{12} + 2 \cdot 50 \cdot 29^2 = 101600 \text{ cm}^4;$$

$r_{y1} = \sqrt{J_y/A_{nh1}} = \sqrt{101600/167,2} = 24,6$ cm.

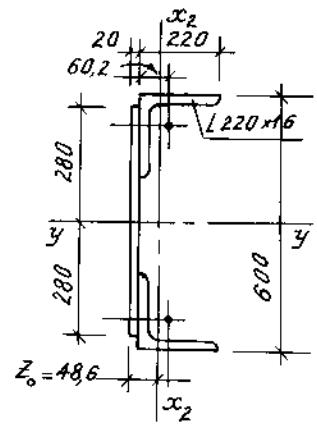
Nhánh 2 dùng tiết diện tổ hợp từ một thép bản 560 x 20 và hai thép góc đều cạnh L 220 . 16 (h.3.10) có $A_{lg} = 68,6$ cm^2; $z_{10} = 6,02$ cm.

Diện tích tiết diện nhánh 2

$$A_{nh2} = 56 \cdot 2 + 2 \cdot 68,6 = 249,2 \text{ cm}^2.$$

Khoảng cách từ mép trái của tiết diện (mép ngoài bản thép) đến trọng tâm tiết diện nhánh mái là z_o

$$z_o = \sum A_i z_i / \sum A_i = (112 \cdot 1 + 2 \cdot 68,6 \cdot 8,02)/249,2 = 4,86\text{cm}.$$



Hình 3.10. Tiết diện nhánh mái (ví dụ 3.3)

Các đặc trưng hình học của tiết diện

$$J_{x2} = \frac{56.2^3}{12} + 112(4,86 - 1)^2 + 2\,[\,3175 + 68,6(8,02 - 4,86)^2] = 9426 \text{ cm}^4;$$

$r_{x2} = \sqrt{9426/249,2} = 6,15$ cm;

$$J_{y2} = \frac{2.56^3}{12} + 2[\,3175 + 68,6(30 - 6,02)^2\,] = 114514,88 \text{ cm}^4;$$

$r_{y2} = \sqrt{114514,88/249,2} = 21,44$.

Tính khoảng cách giữa hai trục nhánh

$$C = h - z_o = 125 - 4,86 = 120,14.$$

Khoảng cách từ trục trọng tâm toàn tiết diện tới nhánh 1

$$y_1 = \frac{A_{nh2}}{A} C = \frac{249,2}{(167,2 + 2 + 9,2)} \cdot 120,14 = \frac{249,2}{416,4} \cdot 120,14 = 71,9 \text{ cm},$$

và khoảng cách từ trục trọng tâm toàn tiết diện tới nhánh 2

$$y_2 = C - y_1 = 120,14 - 71,9 = 48,24.$$

Mômen quán tính toàn tiết diện với trục trọng tâm $x - x$

$$J_x = \sum J_{xi} + \sum y_i^2 A_{nhi} =$$
$$= 5208 + 9426 + 71,9^2.167,2 + 48,24^2.249,2 = 1458906\text{cm}^4$$

$r_x = \sqrt{1458906/416,4} = 59,2$ cm

b) Xác định hệ thanh bụng

Bố trí hệ thanh bụng như trên hình 3.11. Khoảng cách các nút giằng $a = 137,5$ cm. Thanh giằng hội tụ tại trục nhánh.

Chiều dài thanh xiên $S = \sqrt{a^2 + C^2} = \sqrt{137,5^2 + 120,14^2} = 182,6$cm.

Góc α giữa trục nhánh và trục thanh giằng xiên

$$\text{tg}\alpha = \frac{120,14}{137,5} = 0,873;\ \alpha = 41^o08';\ \sin\alpha = 0,658.$$

Sơ bộ chọn thanh xiên là một thép góc L125 x 8 có $A_{tx} = 19,7$ cm^2; $r_{mintx} = 2,49$ cm.

Nội lực nén trong thanh xiên do lực cắt thực tế $Q = 29,12.10^3$ daN là

$$N_{tx} = \frac{Q}{2\sin\alpha} = \frac{29,12.10^3}{2 \cdot 0,658} = 22,1.10^3 \text{ daN}.$$

Kiểm tra thanh bụng xiên:

Độ mảnh $\lambda_{max} = \frac{S}{r_{mintx}} = \frac{182,6}{2,49} = 73,5 <$

$< [\lambda] = 150.$

Tra bảng II.1, phụ lục II được $\varphi_{mintx} = 0,75.$

Hệ số điều kiện làm việc của thanh xiên $\gamma = 0,75$ (kể đến sự lệch tâm giữa trục liên kết và trục thanh).

Điều kiện ổn định:

$$\sigma_{tx} = \frac{N_{tx}}{\gamma.\varphi_{tx}.A_{tx}} = \frac{22,1 \,.\, 10^3}{0,75 \,.\, 0,75 \,.\, 19,7}$$

$= 1,99 \,.\, 10^3$ daN/cm^2 <

$< R = 2,1.10^3$daN/cm^2

Độ mảnh toàn cột theo trục ảo x - x là

$$\lambda_x = \frac{l_{1x}}{r_x} = \frac{2880}{59,2} = 48,65.$$

Với $\alpha = 41^{o}08'$, nội suy bảng 3.5, được $K = 30,3.$

$$\lambda_{td} = \sqrt{\lambda_x^2 + K\frac{A}{A_{tx}}} = \sqrt{48,65^2 + 30,3\ \frac{416,4}{2 \,.\, 19,7}} =$$

$= 51,8 < [\lambda] = 120.$

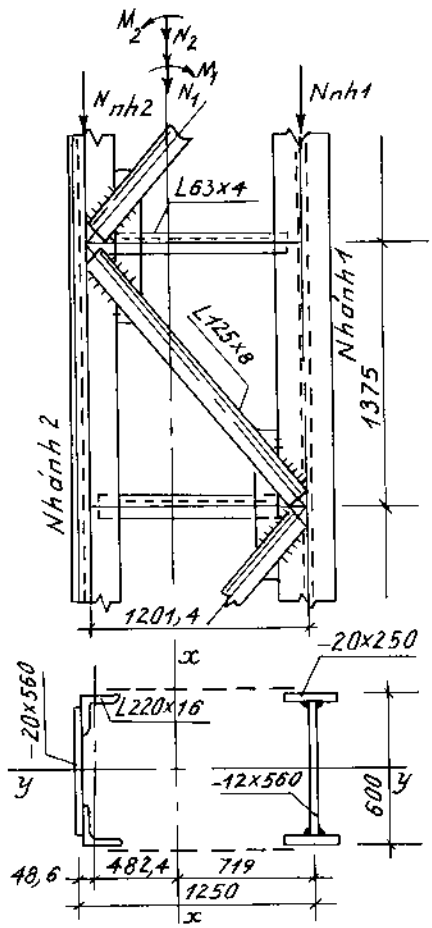
Theo $\lambda_{td} = 51,8$, tra bảng II.1, phụ lục II được $\varphi = 0,86.$

Tính lực cắt qui ước:

$$Q_{qu} = 7,15.10^{-6}(2330 - E/R)N/\varphi.$$

$$Q_{qu} = 7,15.10^{-6}(2330 - \frac{2,1.10^6}{2,1.10^3})\frac{370,89.10^3}{0,86} . =$$

$= 4,1.10^3$ daN.



Hình 3.11. Thân cột (ví dụ 3.3)

Nhận thấy rằng, lực cắt đã dùng để tính thanh giằng $Q > Q_{qu}$, do vậy không cần phải tính lại thanh bụng xiên và λ_{td}.

Thanh bụng ngang tính theo lực cắt $Q_{qu} = 4,1.10^3$ daN. Vì Q_{qu} rất nhỏ, chọn thanh bụng ngang theo độ mảnh giới hạn $[\lambda] = 150$. Dùng một thép góc đều cạnh L63 x 4 có $r_{min} = 1,25$ cm:

$$\lambda = \frac{120,14}{1,25} = 96 < [\lambda].$$

c) Kiểm tra tiết diện cột đã chọn (h.3.11)

Nhánh 1: Nội lực tính toán

$$N_{nh1} = 365,3.10^3 . \frac{48,24}{120,14} + \frac{156,78.10^5}{120,14} = 277.10^3 \text{ daN}.$$

Độ mảnh của nhánh $\lambda_{y1} = \frac{l_{y1}}{r_{y1}} = \frac{1440}{24,6} = 58,5;\ \lambda_{x1} = \frac{l_{nh1}}{r_{x1}} = \frac{137,5}{5,57} = 25 < \lambda_{y1}.$

Từ $\lambda_{max} = \lambda_{y1} = 58,5$ tra bảng II.1, phụ lục II được $\varphi_{min} = 0,865$

Kiểm tra ứng suất

$$\sigma = N_{nh1}/\varphi_{min}A_{nh1} = \frac{277.10^3}{0,865.167,2} = 1,915.10^3 \text{ daN/cm}^2 < R\gamma$$

Nhánh 2: Nội lực tính toán

$$N_{nh2} = 370,89.10^2.\frac{71,9}{120,14} + \frac{249,78.10^5}{120,14} = 429.10^3 \text{ daN};$$

$$\lambda_{y2} = \frac{l_{y2}}{r_{y2}} = \frac{1440}{21,44} = 67; \lambda_{x2} = \frac{l_{x2}}{r_{x2}} = \frac{137,5}{6,15} = 22,36 < \lambda_{y2} = 67 = \lambda_{max}$$

Từ $\lambda_{max} = 67$, tra bảng II.1, phụ lục II được $\varphi_{min} = 0,8$.

Kiểm tra ứng suất

$$\sigma = \frac{N_{nh2}}{\varphi_{min}A_{nh2}} = \frac{429.10^3}{0,8.249,2} = 2,15 . 10^3 \text{ daN/cm}^2.$$

So với $R\gamma = 2,1.10^3$ daN/cm^2, ứng suất vượt quá:

$$\frac{2,15.10^3 - 2,1.10^3}{2,1.10^3}.100\% = \frac{0,05}{2,1}.100\% = 2,38\% < 5\%$$

Không cần phải chọn lại tiết diện.

Kiểm tra toàn cột theo trục ảo x - x:

Với cặp 1: $e_1 = 156,78.10^3/365,3.10^3 = 0,43$ m = 43 cm;

$$m = e_1(A/J_x)\,y = 43(416,4/1458906) . 71,9 = 0,88;$$

$$\overline{\lambda}_{td} = \lambda_{td}\sqrt{R/E} = 51,8\sqrt{2,1.10^3/2,1.10^6} = 1,64.$$

Theo $m = 0,88$; $\overline{\lambda} = 1,64$ tra bảng II.3, phụ lục II được $\varphi_{II} = 0,474$.

$$N_1/(\varphi_{II}.A) = 365,3.10^3/(0,474.416,4) = 185.10^3 \text{ daN/cm}^2 < R\gamma = 2,1.10^3 \text{ daN/cm}^2$$

Với cặp 2: $e_2 = 249,87.10^3/370,89.10^3 = 0,673$ m = 67,3 cm.

$$m = e_2(A/J_x)y = 67,3 . (414,6/1458906).(48,24 + 4,86 - 2,0) =$$

$$= 67,3.(414,6/1458906) . 51,1 = 0,98.$$

$\overline{\lambda} = 1,64$.

Tra bảng II.3, phụ lục II, được $\varphi_{II} = 0,45$.

$$N_2/(\varphi_{II}.A) = 370,89.10^3/(0,45 . 416,4) = 1,98.10^3 \text{ daN/cm}^2 < R\gamma = 2,1.10^3 \text{ daN/cm}^2.$$

d) Tính liên kết thanh giằng vào các nhánh cột.

Đường hàn liên kết thanh giằng xiên vào nhánh cột chịu lực $N_{tx} = 22,1.10^3$ daN.

Với các loại thép có $R_{btc} \le 4300$ daN/cm^2, dùng que hàn Э42 thì $R_{gh} = 1800$ daN/cm^2; $R_{gt} = 0,45R_{btc} = 0,45.3450 = 1550$ daN/cm^2.

Hàn tay nên $\beta_h = 0,7$; $\beta_t = 1$.

$$\beta_t.R_{gt} = 1. 1550 = 1550 \text{ daN/cm}^2;$$

$$\beta_h R_{gh} = 0,7.1800 = 1260 \text{ daN/cm}^2 \equiv (\beta.R_g)_{min}.$$

Thanh xiên là thép góc L125 x 8, giả thiết chiều cao đường hàn sống $h_s = 8$ mm; chiều cao đường hàn mép $h_m = 6$mm.

Chiều dài cần thiết của đường hàn sống l_{hs}, và đường hàn mép l_{hm} để liên kết thép góc thanh bụng xiên vào má cột là

$$l_{hs} = \frac{0,7 . N}{h_s(\beta R_g)_{min}.\gamma} = \frac{0,7.22100}{0,8 . 1260.0,75} = 20,4 \text{ cm};$$

$$l_{hm} = \frac{0{,}3N}{h_m(\beta R_g)_{min}\gamma} = \frac{0{,}3.22100}{0{,}6\ .\ 1260\ .\ 0{,}75} = 11{,}7\ \text{cm}.$$

Đường hàn thanh bụng ngang L63 x 4 vào nhánh cột tính đủ chịu lực cắt Q_{qu} = 4100 daN, rất bé. Vì vậy chọn theo cấu tạo với h_s = 6mm; h_m = 4mm; $l_h \geq$ 5cm.

§3.3. Thiết kế các chi tiết cột

1. Nối phần cột trên với phần cột dưới - vai cột

a) Mối nối hai phần cột

Phần trên và phần dưới cột có tiết diện khác nhau; tùy theo điều kiện chuyên chở, dựng lắp, mối nối này có thể tiến hành ở trong nhà máy hoặc ngoài công trường. Vị trí mối nối có thể bố trí ở cùng cao trình với vai cột hoặc cao hơn một chút để tiết diện nối có mômen nhỏ hơn.

Cánh ngoài cột trên nối với cánh ngoài cột dưới bằng đường hàn đối đầu hoặc bằng bản phủ và các đường hàn góc.

Cánh trong cột trên hàn vào bản thép "K" bằng đường hàn đối đầu hoặc bằng đường hàn góc trong liên kết ghép chồng. Trong trường hợp thứ nhất bản "K" chính là một phần của nhánh trong cột trên, còn trong trường hợp sau, bản "K" chính là bản ghép. Bản "K" xẻ rãnh, lồng vào bụng dầm vai và hàn với bụng dầm vai bằng bốn đường hàn góc (h.3.13).

Bụng cột trên liên kết với dầm vai thông qua sườn lót và các đường hàn góc.

Khi dùng giải pháp nối ở cao hơn mặt dầm vai thì một phần bụng cột trên được hàn trước vào đỉnh cột dưới. Mối nối cánh ngoài, cánh trong và bản bụng được tiến hành trên cùng một tiết diện. Để tránh biến hình và ứng suất hàn nảy sinh trong quá trình thi công mối nối, các đường hàn nối cần tiến hành theo trình tự: mối nối hai phần bản bụng cột trên, các đoạn đường hàn góc nối cánh và bụng cột trên, cuối cùng là đường hàn đối đầu nối hai phần cánh ngoài, hai phần cánh trong.

Nội lực dùng để tính mối nối là nội lực ở tiết diện ngay trên vai cột (tiết diện C^t, xem bảng 2-2). Khi tiến hành mối nối ở cao hơn vai cột, cách làm này là gần đúng, thiên về an toàn.

Mối nối cánh của hai phần cột được tính đủ truyền nội lực mà bản cánh của cột trên tại tiết diện C^t phải chịu.

Việc tính toán tiến hành theo trình tự sau:

- Từ bảng tổ hợp nội lực cột, ở tiết diện C^t ta chọn ra hai cặp nội lực nguy hiểm nhất M_{max}, $N_{tư}$ và M_{min}, $N_{tư}$ (chính là M^-_{max}, $N_{tư}$).
- Tính nội lực mà cánh ngoài và cánh trong phải chịu

$$S_{ngoài} = \frac{N_1}{2} + \frac{M_{max}}{b'_t} \quad ; \tag{3.52}$$

$$S_{trong} = \frac{N_2}{2} + \frac{M^-_{max}}{b'_t} \quad . \tag{3.53}$$

$b'_t = (b_t - \delta_c)$ là khoảng cách trục hai bản cánh của cột trên.

- Tính toán, kiểm tra đường hàn đối đầu nối nhánh ngoài theo công thức

$$\sigma_h = S_{ngoài}/(\delta_h l_h) \leq R_{nh}\gamma. \tag{3.54}$$

- Tính toán , kiểm tra đường hàn đối đầu nối nhánh trong cột trên với bản "K" theo công thức:

$$\delta_h = S_{trong}/(\delta_h l_h) \leq R_{nh}\gamma. \tag{3.55}$$

Trường hợp cánh trong cột trên liên kết với bản "K" bằng hai đường hàn góc thì giả thiết chiều cao đường hàn h_h rồi tính chiều dài đường hàn cần thiết cho một bên, ở một phía liên kết theo công thức

$$l_h = S_{trong}/2h_h(\beta R_g)_{min}, \qquad (3.56)$$

với $(\beta R_g)_{min} = \min(\beta_h R_{gh}; \beta_t R_{gt})$.

dùng l_h để cấu tạo nên chiều dài bản "K".

Trường hợp mối nối nhánh ngoài phải dùng bản ốp thì cách tính giống như khi nối cánh trong với bản "K" bằng đường hàn góc, nhưng cần thay lực tính toán là $S_{ngoài}$.

Chiều cao đường hàn ngang nối hai phần bản bụng của cột trên; đường hàn góc nằm ngang nối bản "K" với cánh trong cột trên; đường hàn ngang liên kết bản bụng cột trên với sườn lót đều lấy theo cấu tạo bằng chiều dày của bản thép mỏng hơn trong các bản liên kết.

Trong các công thức trên R_{nh} là cường độ chịu nén của đường hàn đối đầu; $\beta_h R_{gh}$ là hệ số và cường độ đường hàn góc; $\beta_t R_{gt}$ là hệ số và cường độ thép mép đường hàn góc, tra bảng I.1, phụ lục I; γ- hệ số điều kiện làm việc của liên kết.

b) Cấu tạo và tính toán vai cột

Ở vai cột, dầm cầu trục đặt lên đầu mút nhánh cầu trục của cột dưới thông qua bản đậy dày 20 ~ 30 mm. Sườn đầu dầm cầu trục cần gọt nhẵn mặt dưới để truyền trực tiếp lực ép mặt xuống bản đậy này.

Dầm vai đóng vai trò liên kết hai nhánh của cột dưới rỗng; liên kết hai đoạn cột có tiết diện khác nhau và làm chỗ tựa cho dầm cầu trục. Đồng thời, dầm vai cũng làm tăng độ cứng cho toàn cột. Tiết diện dầm vai bao gồm:

Bản bụng thẳng đứng nối liền bản bụng nhánh mái với bản bụng nhánh cầu trục. Bản bụng dầm vai có thể kéo dài cho vượt quá bụng nhánh cầu trục đoạn 15 ÷ 20 cm. Khi đó bụng nhánh cầu trục phải xẻ rãnh để bụng dầm vai xuyên qua.

Cánh trên dầm vai bao gồm hai bản thép: một là bản đậy trên mút nhánh cầu trục, và bản sườn lót giữa bụng cột trên với bụng dầm vai. Hai bản thép này nằm ngang và ở hai phía của bản "K".

Cánh dưới dầm vai là một bản thép nằm ngang lọt giữa hai nhánh cột dưới nối liền bản bụng của hai nhánh. Đây cũng chính là vách ngang chống xoắn của cột dưới.

Dầm vai tính như một dầm đơn giản có hoặc không có mút thừa, nhịp bằng chiều cao tiết diện cột dưới (b_d), chịu uốn bởi lực tập trung S_{trong} truyền từ cánh trong cột trên. Ngoài ra liên kết dầm vai vào nhánh cầu trục còn phải đủ truyền lực $(D_{max} + G_{dcc})$ đặt ở ngay trên gối tựa của dầm đơn giản này. Trình tự tính toán như sau:

Chiều dày bản bụng dầm vai phải đủ chịu ép mặt do $(D_{max} + G_{dcc})$ truyền xuống từ sườn gối dầm cầu chạy

$$\delta_{dv} = \frac{D_{max} + G_{dcc}}{(b_s + 2\delta_{bd})R_{cm}}, \qquad (3.57)$$

trong đó b_s- chiều rộng sườn gối dầm cầu chạy (20 ÷ 30 cm); δ_{bd}- chiều dày bản đậy trên đầu mút nhánh cầu chạy, nên chọn vào khoảng (20 ÷ 30) mm; $(b_s + 2\delta_{bd})$- chiều rộng qui đổi để truyền lực ép mặt; R_{cm}- cường độ tính toán về ép mặt của thép, tra bảng I. 1, phụ lục I.

Chiều cao dầm vai phải đồng thời thỏa mãn các điều kiện sau:

- Yêu cầu về cấu tạo: $h_{dv} \geq 0{,}5b_d$; điều kiện này nhằm đảm bảo độ cứng ngàm giữa hai phần cột, để biến dạng của hai phần cột tại chỗ nối phải bằng nhau thỏa mãn với giả thiết ban đầu khi giải nội lực khung (đã coi vai cột có độ cứng trong mặt phẳng uốn của khung bằng vô cùng).

- Chiều cao bản bụng dầm vai h_h phải đủ để bố trí các đường hàn liên kết: bốn đường

hàn góc liên kết bản "K" với bụng dầm vai chịu lực S_{trong}; các đường hàn góc liên kết bụng dầm vai với bụng nhánh cầu chạy chịu tác dụng của lực S_1

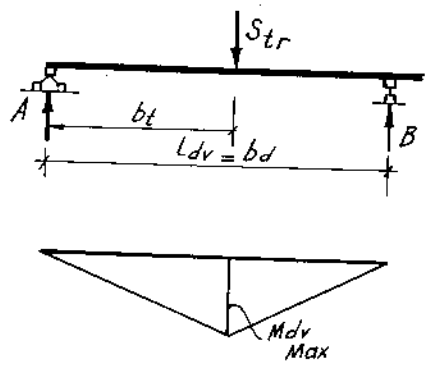
$$S_1 = (D_{max} + G_{dcc} + B); \quad (3.58)$$

$$h_b \geq S_{trong}/[4h_h.(\beta R_g)_{min}]; \quad (3.59)$$

$$h_b \geq S_1/[nh_h(\beta R_g)_{min}], \quad (3.60)$$

trong đó B- phản lực gối tựa của dầm vai .. chịu uốn bởi lực S_{trong} (xem hình vẽ 3.12);

n- số lượng đường hàn liên kết bụng dầm vai với bụng nhánh cầu chạy (hai hoặc bốn đường); $(\beta R_g)_{min} = \min(\beta_h R_{gh}; \beta_t R_{gt})$ tra bảng I.1, theo cường độ tính toán của đường hàn góc.



Hình 3.12. Sơ đồ tính dầm vai

- Tiết diện dầm vai phải thỏa mãn điều kiện chịu uốn. Mômen lớn nhất M_{max} nằm ngay tại tiết diện bên dưới lực S_{trong}. Vì vậy, phải kiểm tra điều kiện uốn của tiết diện ngay bên trái và bên phải lực S_{trong} (vì kích thước tiết diện dầm vai dạng chữ I ở hai phía lực S_{trong} có thể khác nhau do kích thước bản cánh trên khác nhau). Cần phải xác định các đại lượng đặc trưng của cả hai tiết diện 1-1, 2-2 (h.3.14): diện tích; trọng tâm tiết diện; mômen chống uốn thớ trên, thớ dưới ... và kiểm tra điều kiện uốn theo công thức :

$$\sigma = \frac{M_{max}}{J_x} y \leq R\gamma; \quad (3.61)$$

$$\tau = \frac{QS_{max}}{J_x \delta_{dv}} \leq R_c\gamma, \quad (3.62)$$

trong đó J_x- mômen quán tính của tiết diện 1-1 (hoặc 2-2) đối với trục trọng tâm của nó; y- khoảng cách từ trục trọng tâm x - x đến mép trên, mép dưới của tiết diện kiểm tra; Q_{max}- lực cắt tính toán, $Q_{max} = A$ (xem hình 3.12); S_{max}- giá trị lớn hơn trong hai giá trị mômen tĩnh của hai phần tiết diện bên trên hoặc bên dưới trục x - x, lấy đối với trục x - x; δ_{dv}- chiều dày bản bụng dầm vai.

Đường hàn ngang liên kết cánh và bụng dầm vai tính toán theo điều kiện đủ chịu lực cắt Q_{max}. Các đường hàn ngang khác lấy theo cấu tạo.

Có thể tính toán, kiểm tra điều kiện chịu uốn của dầm vai theo cách: quan niệm tiết diện chịu uốn của dầm vai là tiết diện chữ nhật của riêng bản bụng ($\delta_{dv}.h_b$) theo công thức

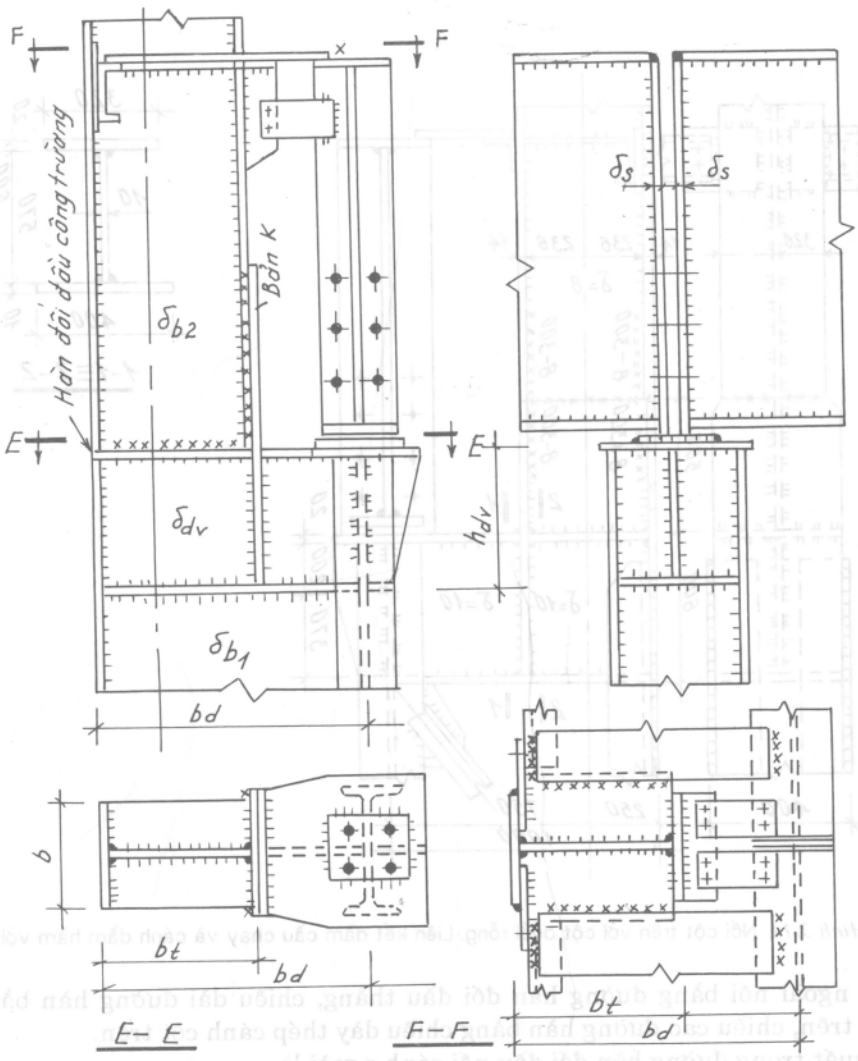
$$\sigma = M_{max}/W_{dv} \leq R\gamma, \quad (3.63)$$

trong đó $W_{dv} = \delta_{dv}.h_b^2/6$ là mômen chống uốn của tiết diện chữ nhật bụng dầm vai.

Với cách tính này, mọi đường hàn ngang đều lấy theo cấu tạo: đường hàn liên tục, chiều cao đường hàn bằng chiều dày của bản thép mỏng hơn trong các bản thép liên kết.

Trường hợp cột dưới là cột đặc, cần phải kiểm tra chiều dày bản bụng cột dưới theo điều kiện ép mặt như đối với bản bụng dầm vai của cột rỗng.

Khi điều kiện ép mặt thỏa mãn, cần cấu tạo các sườn mút đầu nhánh cầu chạy, sườn lót giữa hai bản bụng của 2 phần cột như đối với vai cột rỗng. Trong trường hợp ngược lại, cần thiết kế vai cột đặc như đã làm với vai cột rỗng: một phần bản bụng của cột dưới (theo giá trị tính toán h_b) được thay bằng bản thép khác có chiều dày lớn hơn (theo tính toán bằng δ_{dv}). Bản thép mới thay thế bụng cột dưới có kích thước tiết diện δ_{dv} x h_b gọi là bản bụng của dầm vai. Bụng cột dưới nối với bụng dầm vai thông qua đường hàn góc nằm ngang nối với bản cánh dưới dầm vai. Mọi chi tiết khác, tiến hành như đối với vai



Hình 3.13. Nối cột trên với cột dưới đặc. Liên kết dầm cầu trục, dầm hãm với cột

cột rỗng và không cần kiểm tra điều kiện chịu uốn của các dầm vai loại này.

Ví dụ 3.4. Thiết kế mối nối hai phần cột: cột trên đặc, cột dưới rỗng và thiết kế vai cột đỡ dầm cầu trục theo các số liệu sau:

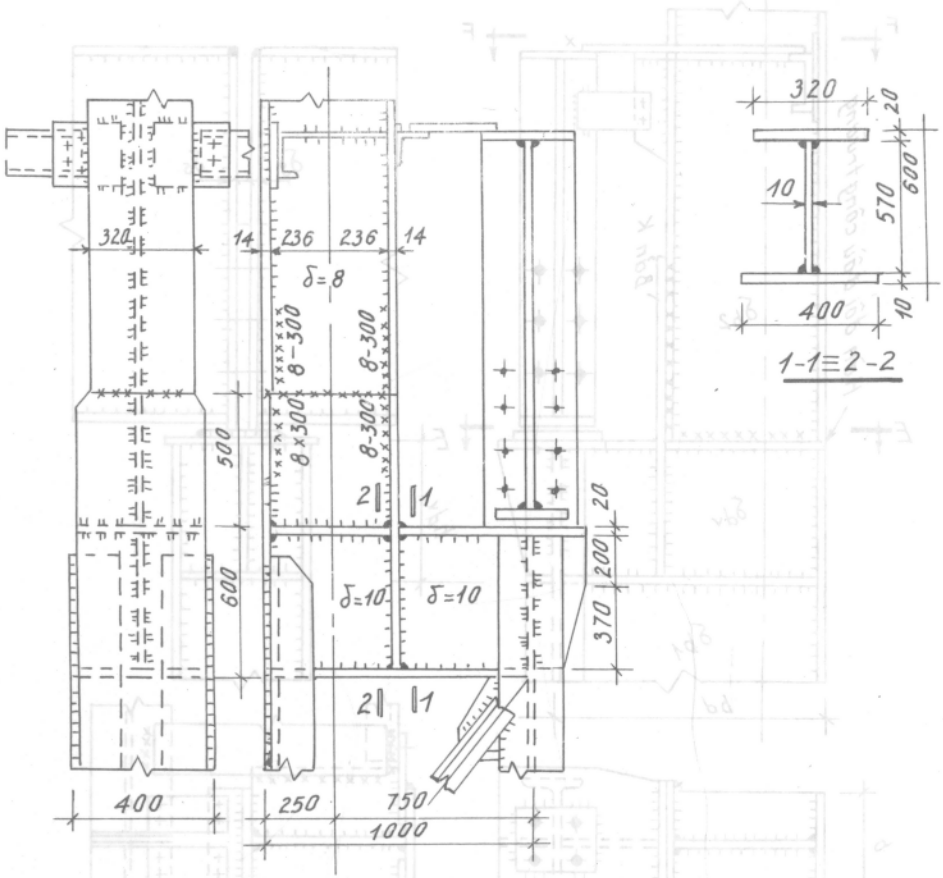
- Cột trên có tiết diện đối xứng dạng chữ H cấu tạo từ ba bản thép: hai bản cánh 14 x 320 mm và bản bụng 8 x 472 mm. Chiều cao tiết diện cột trên b_t = 500 mm.
- Cột dưới rỗng, gồm hai nhánh: nhánh mái dạng⊏,nhánh cầu chạy dạng I. Chiều cao tiết diện toàn cột b_d = 1000mm.
- Nội lực tính toán mối nối cột (đã chọn từ tiết diện ngay trên vai cột) $M = 3{,}7.10^3$ daNm; $N_{tư} = 37{,}23.10^3$ daN và $M = -11{,}92.10^3$daNm; $N_{tư} = 37{,}23.10^3$ daN.
- Cầu chạy có $D_{max} = 62{,}65.10^3$ daN; trọng lượng dầm cầu chạy $G_{dcc} = 1000$ daN.
- Vật liệu thép ВСт3кП2. Hàn điện bằng tay, que hàn Э42.

a) Tính toán, thiết kế mối nối hai phần cột

Trước hết dự kiến mối nối khuếch đại ở cao hơn mặt trên vai cột 500mm; Mối nối cánh ngoài, cánh trong và bụng cột trên tiến hành trên cùng một tiết diện.

Nội lực lớn nhất mà mối nối cánh ngoài phải chịu

$$S_{ngoài} = \frac{N_1}{2} + \frac{M_1}{b'_t} = \frac{37{,}23.10^3}{2} + \frac{3{,}7 \cdot 10^5}{(0{,}5 - 0{,}014)} = 26{,}2 \cdot 10^3 \text{ daN}.$$



Hình 3.14. Nối cột trên với cột dưới rỗng. Liên kết dầm cầu chạy và cánh dầm hãm với cột

Cánh ngoài nối bằng đường hàn đối đầu thẳng, chiều dài đường hàn bằng bề rộng cánh cột trên, chiều cao đường hàn bằng chiều dày thép cánh cột trên.

Ứng suất trong đường hàn đối đầu nối cánh ngoài là

$$\sigma_h = \frac{S_{ngoài}}{\delta_h l_h} = \frac{26{,}2.10^3}{1{,}4(32 - 2\,.\,0{,}5)} = 630\ \text{daN/cm}^2 < R_{nh}\gamma = 2100\ \text{daN/cm}^2$$

Chọn bản nối "K" có chiều dày và chiều rộng đúng bằng chiều dày và chiều rộng bản cánh của cột trên.

Nội lực lớn nhất trong cánh trong cột trên (mối nối cánh trong với bản "K" phải chịu) là

$$S_{trong} = \frac{N_2}{2} + \frac{M_2}{b'_t} = \frac{37{,}23.10^3}{2} + \frac{11{,}92.10^3}{(0{,}5 - 0{,}014)} = 43{,}5.10^3\ \text{daN}.$$

Dùng mối nối đối đầu thẳng, ứng suất trong đường hàn nối

$$\sigma_h = \frac{S_{trong}}{\delta_h l_h} = \frac{43{,}5.10^3}{1{,}4(32 - 2\,.\,0{,}5)} = 1002\ \text{daN/cm}^2 < R_{nh} = 2100\ \text{daN/cm}^2.$$

Mối nối bụng cột, tính đủ chịu lực cắt tại tiết diện nối. Vì lực cắt ở cột trên khá bé, đường hàn đối đầu lấy theo cấu tạo: hàn suốt, với chiều cao đường hàn đúng bằng chiều dày thép bản bụng.

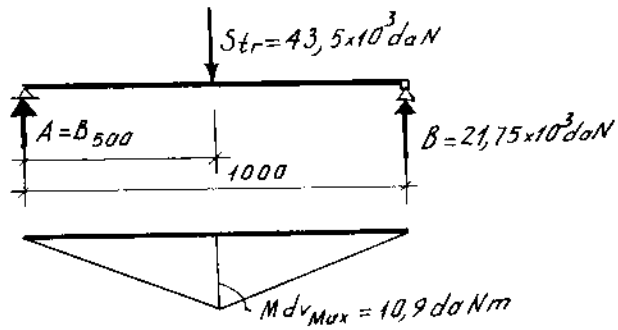
b) Tính toán dầm vai

Dầm vai tính như dầm đơn giản nhịp $l = b_d = 1$m.

Dầm vai chịu uốn bởi lực $S_{trong} = 43,5.10^3$ daN truyền từ cánh trong của cột trên. Sơ đồ tính toán như hình 3.4.

Phản lực gối tựa

$$A = B = \frac{S_{tr}}{2} = 21,75.10^3 \text{ daN}$$



Hình 3.15. Tính dầm vai ở ví dụ 3.4

Mômen uốn lớn nhất tại giữa nhịp (ngay dưới lực S_{tr})

$$M_{max}^{dv} = \frac{S_{tr}.l}{4} = \frac{43,5 \,.\, 10^3 \,.\, 1}{4} = 10,9 \times 10^3 \text{ daNm}.$$

Chọn chiều dày bản đậy mút nhánh cầu trục của cột δ_{bd} = 20mm; chiều rộng sườn đầu dầm cầu trục b_s = 300mm.

Chiều dày bản bụng dầm vai xác định từ điều kiện ép cục bộ của lực tập trung $(D_{max} + G_{dcc})$.

Chiều dài truyền lực ép cục bộ đến bụng dầm vai

$$z = b_s + 2\delta_{bd} = 30 + 2.2 = 34\text{cm}.$$

Chiều dày cần thiết của bản bụng dầm vai tính theo:

$$\delta_{dv} = \frac{D_{max} + G_{dcc}}{zR_{em}} = \frac{62650 + 1000}{34 \,.\, 3200} = 0,6\text{cm}. \text{ Chọn } \delta_{dv} = 10\text{mm}.$$

Bụng nhánh cầu trục của cột dưới xẻ rãnh cho bản bụng dầm vai luồn qua. Hai bản bụng này liên kết với nhau bằng bốn đường hàn góc.

Chiều cao bụng dầm vai phải đủ chứa bốn đường hàn góc liên kết bản bụng dầm vai với bụng nhánh cầu trục. Giả thiết chiều cao đường hàn góc h_h = 6mm. Chiều dài một đường hàn cần thiết là:

$$l_h^1 = \frac{D_{max} + G_{dcc} + B}{4h_h(\beta R_g)_{min}} + 1\text{cm} = \frac{62650 + 1000 + 21750}{4 \,.\, 0,8 \,.\, (0,7.1800)} + 1 = 31,25\text{cm}.$$

Chiều dài 1 đường hàn cần thiết liên kết bản "K" vào bụng dầm vai (để 4 đường hàn góc này đủ truyền lực S_{trong}):

$$l_h^2 = \frac{S_{tr}}{4.h_h(\beta R_g)_{min}} + 1 = \frac{43500}{4 \,.\, 0,8 \,.\, (0,7.1800)} + 1 = 11,78\text{cm}.$$

Để ý đến yêu cầu cấu tạo $h_{dv} \geq 0,5b_d$.

Chọn h_{dv} = 60cm; chiều dày bản cánh dưới dầm vai bằng 10mm, chiều cao bản bụng dầm vai $h_{bdv} = 60 - (2 + 1) = 57$cm.

Kiểm tra điều kiện chịu uốn của dầm vai. Dầm vai có tiết diện dạng chữ I không đối xứng. Cánh dưới dầm vai thường là một bản thép nằm ngang nối bản bụng của hai nhánh của cột dưới.

Cánh trên của dầm vai thường là hai bản thép (bản đậy mút nhánh cầu trục và bản sườn lót), kích thước hai bản thép này thường khác nhau, nên tiết diện ngang của dầm vai về hai phía của lực S_{tr} (hai phía của M_{max}^{dv}) cũng khác nhau.

Để kiểm tra về uốn của dầm vai đủ chịu M_{max}^{dv}, cần phải tính được mômen chống uốn của cả hai tiết diện này và phải tìm vị trí của trục trọng tâm x - x. Khi điều kiện uốn thỏa mãn, cần phải tính liên kết giữa cánh và bụng dầm tiết diện chữ I không đối xứng

này. Bài toán sẽ khá phức tạp.

Có thể tính đơn giản, thiên về an toàn theo quan niệm chỉ có riêng bản bụng dầm vai chịu uốn. Tính mômen chống uốn của bản bụng

$$W = (\delta_{dv}.h_{bdv}^2)/6 = 1.\ 57^2/6 = 541{,}6\ \text{cm}^3.$$

Kiểm tra điều kiện chịu uốn của tiết diện chữ nhật

$$\sigma = \frac{M_{max}^{dv}}{W} = \frac{1090000}{541{,}6} = 2013\ \text{daN/cm}^2 < Ry = 2100\ \text{daN/cm}^2.$$

Các đường hàn ngang liên kết bản cánh trên, cánh dưới với bản bụng của dầm vai đều lấy theo cấu tạo.

2. Chân cột - liên kết cột với móng

a) Cấu tạo chân cột

Chân cột truyền tải trọng từ cột xuống móng. Cấu tạo chân cột cần đảm bảo để tải trọng được truyền đều, để cột làm việc đúng với sơ đồ tính và thuận tiện cho việc thi công lắp dựng.

Cột nén lệch tâm dùng hai loại chân cột: *chân cột đặc* và *chân cột có bản đế phân cách*. Chân cột thông dụng bao gồm các bộ phận: bản đế, dầm đế và các sườn.

Chân cột đặc dùng bản đế liền, thường được mở rộng theo phương mặt phẳng tác dụng mômen. Tùy theo tiết diện cột mà chân cột có thể có một hoặc hai dầm đế (h.3.16). Các dầm đế và các sườn phân phối đều tải trọng từ thân cột ra bản đế, đồng thời lại làm gối tựa cho bản đế chịu uốn bởi phản lực truyền từ móng lên và làm tăng độ cứng cho bản đế cũng như cho toàn chân cột. Các dầm đế, các sườn được hàn vào thân cột. Thân cột, dầm đế, và các sườn được hàn vào bản đế bằng các đường hàn góc nằm ngang. Với các cột chịu tải trọng lớn, đầu mút đáy của thân cột, nơi tiếp xúc với bản đế, cần gọt nhẵn để sự tiếp xúc được xảy ra trên toàn tiết diện.

Cột rỗng có khoảng cách các nhánh bé thường dùng chân cột giống như chân cột đặc (có bản đế và dầm đế chung cho cả hai nhánh cột). Khi khoảng cách các nhánh lớn, thường dùng chân cột phân cách (h. 3.17). Chân cột phân cách có bản đế riêng rẽ cho từng nhánh còn dầm đế thì có thể liền (nối cả hai nhánh cột) hoặc rời (mỗi nhánh có dầm đế riêng). Trong mỗi nhánh, các bản đế, dầm đế, các sườn ngăn cấu tạo tương tự như đối với chân cột đặc.

Ngoài ra, chân cột còn có các sườn gối đỡ bu lông neo. Vị trí, cấu tạo, độ cứng của các sườn gối đỡ này cần đảm bảo để sự làm việc thực của cột phù hợp với sơ đồ tính.

Do phải chứa quá nhiều đường hàn, chiều dày bản đế chọn không bé hơn 20 mm và không nên dày quá 40 mm (trường hợp chân cột có sườn) và quá 80 mm (trường hợp chân cột chỉ có bản đế).

b) Tính toán chân cột đặc

Việc tính toán bao gồm: xác định các kích thước của bản đế, dầm đế, các sườn và liên kết chúng với nhau; liên kết giữa các chi tiết này với thân cột.

Nội lực để tính chân cột là cặp nội lực nguy hiểm nhất ở tiết diện I-I, lấy trong bảng tổ hợp nội lực cột.

Kích thước bản đế của chân cột đặc (hoặc chân cột rỗng bản đế liền) chịu nén lệch tâm được xác định từ điều kiện chịu ép cục bộ của bê tông móng. Chiều rộng B của bản đế (cạnh vuông góc với mặt phẳng uốn) thường được cấu tạo trước theo các kích thước của tiết diện cột:

$$B = b + 2\delta_{dd} + 2C_1$$

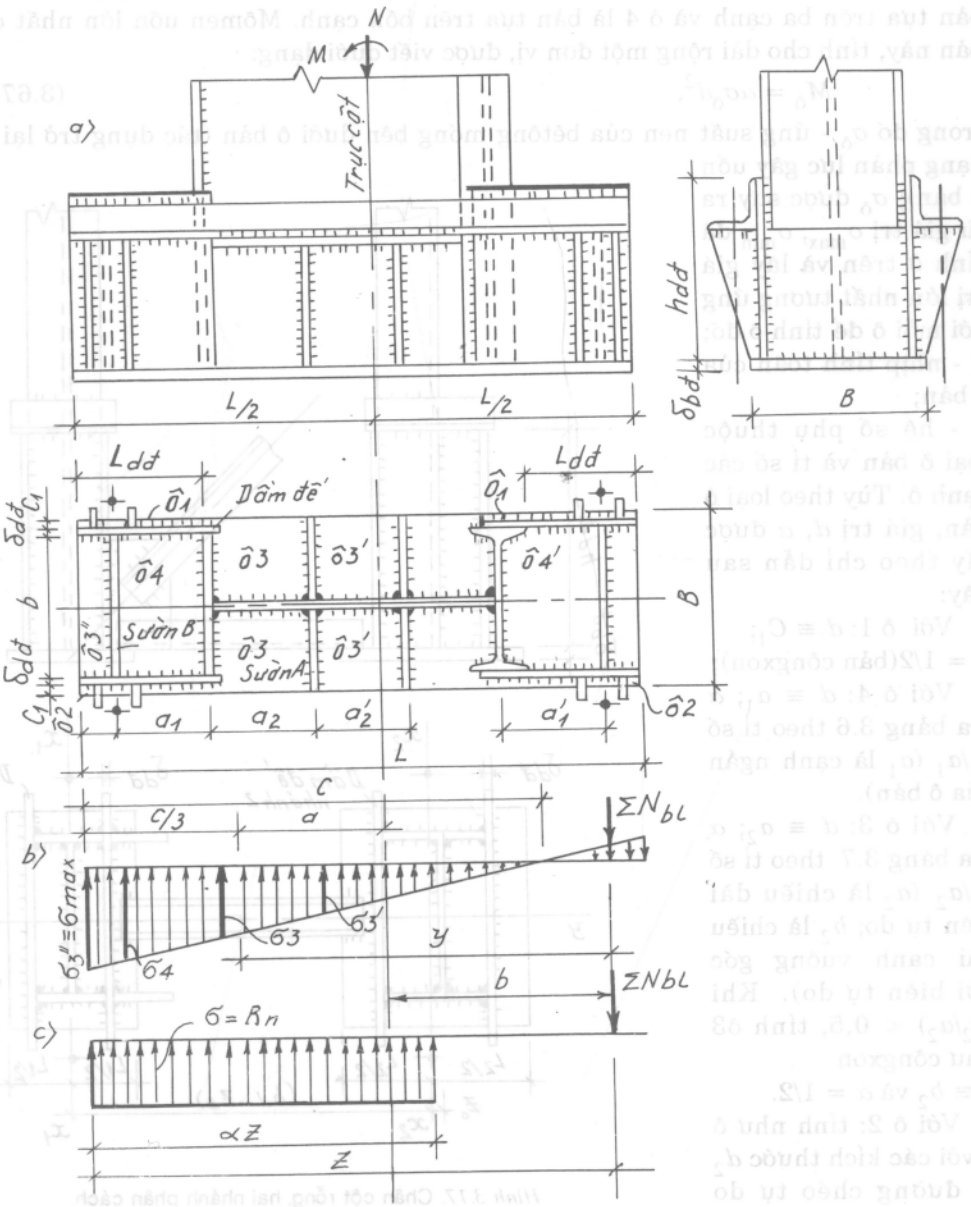
trong đó: b - kích thước vuông góc với mặt phẳng uốn của tiết diện cột; δ_{dd} - chiều dày dầm đế, ban đầu có thể lấy sơ bộ $\delta_{dd} = 8 \div 10$ mm; C_1 - phần nhô ra của công xôn bản

đế, chọn vào khoảng 100 ÷ 120 mm.

Chiều dài L của bản đế tính được theo giả thiết ứng suất lớn nhất tại mép bản đế đạt đến cường độ chịu ép cục bộ của bê tông móng, theo công thức

$$L \geq \frac{N}{2BR_n m_{cb}} + \sqrt{\left(\frac{N}{2BR_n m_{cb}}\right)^2 + \frac{6M}{BR_n m_{cb}}}, \qquad (3.64)$$

trong đó M, N - cặp nội lực dùng để tính chân cột; R_n - cường độ chịu nén tính toán của bê tông móng; m_{cb} - hệ số tăng R_n khi chịu nén cục bộ



Hình 3.16. Chân cột đặc:
a) cấu tạo; b) biểu đồ ứng suất bên dưới bản đế để tính các bộ phận chân cột;
c) ứng suất bên dưới bản đế dùng để tính bulông neo

$$m_{cb} = \sqrt[3]{A_m/A_{bd}} \leq 1,5,$$

ở đây A_m, A_{bd} - diện tích mặt móng và diện tích bản đế của chân cột. Ban đầu, giả thiết $m_{cb} = 1,2$ để tính.

Sau khi xác định B, L theo các công thức trên, có được diện tích bản đế $A_{bd} = B.L$.

Tính ứng suất tại mép bản đế theo phương pháp mặt phẳng uốn

ở thớ nén nhiều $\sigma_{max} = N/(BL) + 6M/(BL^2) \leq m_{cb}R_n$;

ở thớ nén ít $\sigma_{min} = N/(BL) - 6M/(BL^2)$. (3.66)

Thân cột, dầm đế và các sườn chia bản đế thành những ô bản có các điều kiện biên khác nhau (h. 3.18). Ô 1 là bản côngxon ; ô 2 là bản tựa trên hai cạnh kề nhau; ô 3 là bản tựa trên ba cạnh và ô 4 là bản tựa trên bốn cạnh. Mômen uốn lớn nhất của mỗi ô bản này, tính cho dải rộng một đơn vị, được viết dưới dạng:

$$M_ô = \alpha\sigma_ô d^2, \quad (3.67)$$

trong đó $\sigma_ô$ - ứng suất nén của bêtông móng bên dưới ô bản (tác dụng trở lại bản dưới dạng phản lực gây uốn ô bản); $\sigma_ô$ được suy ra từ giá trị σ_{max}, σ_{min} đã tính ở trên và lấy giá trị lớn nhất tương ứng với mỗi ô để tính ô đó;

d - nhịp tính toán của ô bản;

α - hệ số phụ thuộc loại ô bản và tỉ số các cạnh ô. Tùy theo loại ô bản, giá trị d, α được lấy theo chỉ dẫn sau đây:

Với ô 1: $d \equiv C_1$;

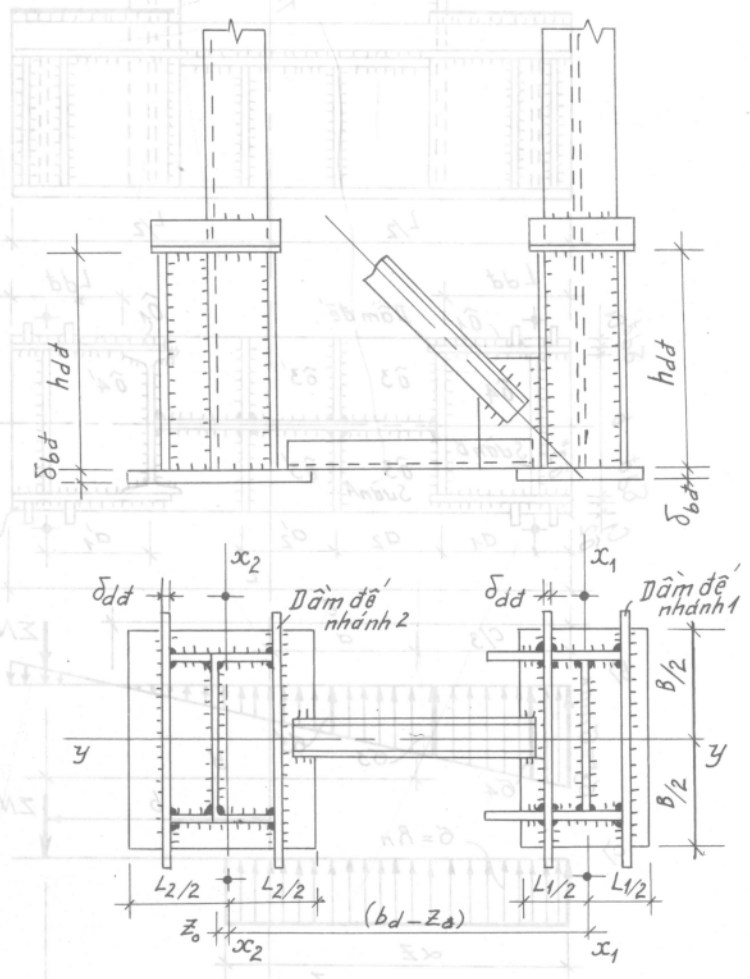
$\alpha = 1/2$(bản côngxon);

Với ô 4: $d \equiv a_1$; α tra bảng 3.6 theo tỉ số b_1/a_1 (a_1 là cạnh ngắn của ô bản).

Với ô 3: $d \equiv a_2$; α tra bảng 3.7 theo tỉ số b_2/a_2 (a_2 là chiều dài biên tự do; b_2 là chiều dài cạnh vuông góc với biên tự do). Khi $(b_2/a_2) < 0,5$, tính ô3 như côngxon

$d \equiv b_2$ và $\alpha = 1/2$.

Với ô 2: tính như ô 3 với các kích thước d_2 là đường chéo tự do (nối hai giao điểm của cạnh tự do với cạnh được tựa); b_2 là chiều dài đường cao hạ từ đỉnh đối diện xuống đường chéo tự do.



Hình 3.17. Chân cột rỗng, hai nhánh phân cách.

Bảng 3.6. **Hệ số α để xác định mômen uốn lớn nhất của bản kê bốn cạnh**

b_1/a_1	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	>2
α	0,048	0,055	0,063	0,069	0,075	0,081	0,086	0,091	0,094	0,098	0,1	0,125

Bảng 3.7. **Hệ số α để xác định mômen uốn lớn nhất của bản kê ba cạnh**

b_2/a_2	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	2	>2
α	0,060	0,074	0,088	0,097	0,107	0,112	0,120	0,126	0,132	0,133

Chiều dày bản đế δ_{bd} được tính với mômen lớn nhất M_{max} trong số các mômen M_δ của các ô bản đế, theo công thức:

$$\delta_{bd} = \sqrt{6M_{max}/(R\gamma)}. \qquad (3.68)$$

Để bản đế có δ_{bd} hợp lý, các giá trị M_δ ở các ô cần xấp xỉ nhau. Vì vậy, việc chọn tương quan giữa B và L hoặc việc bố trí các sườn ngăn, dầm đế cần phải được lựa chọn cân nhắc ngay từ lúc cấu tạo chân cột.

Các dầm đế, các sườn A, B tùy theo từng trường hợp cụ thể được tính như côngxon hoặc như dầm đơn giản, chịu tải trọng phân bố đều:

$$q_{ds} = \sigma a_{ds} \qquad (3.69)$$

trong đó σ - ứng suất nén của bêtông bên dưới bản đế, ngay phía dưới dầm, sườn đang khảo sát (lấy giá trị lớn nhất nếu dọc theo chiều dài dầm, sườn, ứng suất σ phân bố không đều); a_{ds} - chiều rộng diện truyền phản lực vào dầm đế hoặc vào sườn (xem hình 3.16).

Chiều cao dầm đế xác định từ điều kiện tổng chiều dài các đường hàn góc liên kết dầm đế vào cánh cột phải đủ truyền lực N_{nh}. Khi xác định số lượng các đường hàn truyền lực N_{nh} này cần quan tâm đến khả năng thi công các đường hàn để đếm số đường hàn cho chính xác. (Có những đường hàn, do khoảng cách các dầm, sườn bé, không gian quá hẹp, không thể hàn được).

Chiều cao các sườn xác định từ điều kiện các đường hàn góc đủ truyền phản lực gối tựa của côngxon (hoặc của dầm đơn giản) theo quan niệm vừa nêu trên.

Chiều dày dầm đế, chiều dày các sườn được kiểm tra theo điều kiện chịu uốn ở tiết diện nguy hiểm của côngxon hoặc của dầm đơn giản có chiều cao vừa được xác định.

Đường hàn ngang liên kết thân cột với bản đế tính theo điều kiện: tổng diện tích đường hàn phải đủ truyền lực dọc mà cột phải chịu; phải chịu được tác dụng của lực cắt Q tại tiết diện chân cột (lấy ở tiết diện I-I trong bảng tổ hợp nội lực cột). Trường hợp đầu mút dưới của thân cột đã được phay nhẵn, lực dọc N đã được truyền hoàn toàn xuống bản đế dưới dạng ứng suất ép mặt thì các đường hàn này chỉ phải chịu tác dụng của lực cắt Q.

Các đường hàn ngang liên kết dầm đế, sườn với bản đế chọn chiều cao như nhau và kiểm tra theo điều kiện

$$\sigma = q_{ds}/2h_h \le (\beta R_g)_{min}; \text{ với } (\beta R_g)_{min} = \min(\beta_h R_{gh}; \beta_t R_{gt}).$$

c) Tính toán chân cột rỗng

Cách tính chân cột rỗng có bản đế, dầm đế liền tương tự như đối với chân cột đặc.

Với những cột rỗng chịu nén lệch tâm (nén - uốn) có chân cột riêng rẽ cho từng nhánh thì chân của mỗi nhánh được tính như chân cột nén đúng tâm. Lực tính toán

chân ở mỗi nhánh là lực nén lớn nhất tại tiết diện chân cột I-I tính riêng cho từng nhánh: $N_{nh,max}$. Giá trị này có thể giống hoặc khác với N_{nh} đã dùng để chọn tiết diện nhánh trước đây, (vì nội lực để chọn tiết diện nhánh có thể không phải là nội lực ở tiết diện chân cột I-I).

Việc tính toán tiến hành riêng rẽ cho từng nhánh. Diện tích bản đế yêu cầu ở mỗi nhánh:

$$A_{bdnh} = N_{nhmax}/(n_{cb}.R_n). \quad (3.71)$$

Cấu tạo chiều rộng B của bản đế, dựa theo kích thước của tiết diện nhánh giống như đã tiến hành với chân cột đặc.

Chọn chiều dài bản đế theo công thức:

$$L \geq A_{bdnh}/B \quad (3.72)$$

Ứng suất thực tế của bêtông móng bên dưới bản đế:

$$\sigma_{nh} = N_{nhmax}/(BL). \quad (3.73)$$

Chiều dày bản đế, tiết diện dầm đế, tiết diện sườn và các liên kết tính tương tự như đối với chân cột đặc. Trong chân cột loại này, ứng suất uốn bên dưới bản đế là σ_{nh} phân bố đều trên toàn bộ diện tích A_{bdnh} (khác với ở chân cột nén lệch tâm, phân bố không đều giữa các ô và ngay trên cùng một ô bản).

d) Liên kết chân cột với móng - Bulông neo

Bulông neo chôn sẵn trong móng là phương tiện liên kết chân cột với móng. Ở chân cột khớp, bulông neo được bắt trực tiếp vào bản đế. Ở chân cột ngàm bulông neo được bắt chặt với chân cột thông qua các sườn gối đỡ hoặc các dầm đế. Nhờ độ cứng uốn của các chi tiết đỡ rất lớn (chiều cao sườn đỡ hoặc chiều cao dầm đế lớn) nên biến dạng xoay của chân cột với móng coi như bằng không, đảm bảo được tính ngàm của cột với móng.

Để lắp dựng dễ dàng, bulông neo không xuyên qua bản đế mà thường nằm ngoài bản đế. Các sườn ngang đỡ bulông có chiều dày bé nhất là 16 mm, đường kính lỗ ở sườn ngang lớn hơn đường kính bulông 3 mm. Các sườn ngang này được hàn chặt vào má của dầm đế hoặc của cánh cột bằng đường hàn công trường chỉ khi đã định vị chính xác cột và vặn chặt các êcu bên trên.

Mỗi bulông neo cần có ít nhất một long đen đệm và hai êcu. Chân cột khớp thường dùng hai bulông với đường kính mỗi bulông không nhỏ hơn 20 mm. Chân cột ngàm thường dùng bốn bulông với đường kính không nhỏ hơn 24 mm.

Bulông neo tính với tổ hợp tải trọng gây kéo lớn nhất giữa đế cột và móng. Trong bảng tổ hợp nội lực cột đã thành lập trước đây, chưa có cặp nội lực có đặc điểm này. Vì vậy cần dựa vào bảng thống kê nội lực, ở tiết diện chân cột I-I, chọn ra tổ hợp có lực dọc N bé nhất và mômen M lớn nhất. Tải trọng thường xuyên, thường làm giảm lực kéo trong bulông neo nên khi tính bulông neo, hệ số vượt tải của tải trọng thường xuyên lấy bằng 0,9 (thực chất là giảm tải trọng giữ để tăng lực kéo cho bulông neo).

Đối với chân cột đặc chịu nén lệch tâm, giả thiết rằng biến dạng dẻo phát triển trong bêtông móng vùng nén; biểu đồ ứng suất phân bố đều và đạt đến R_n (h. 3.16c). Từ điều kiện cân bằng lực dọc, ta có tổng lực kéo mà các bulông phải chịu là:

$$\sum N_{bl} = \alpha ZBR_n - N \quad (3.74)$$

trong đó R_n - cường độ chịu nén tính toán của bêtông móng; B - chiều rộng bản đế chân cột; αZ- chiều dài vùng nén của bêtông móng; Z - khoảng cách từ bulông neo chịu kéo đến mép biên chịu nén của tiết diện.

Hệ số α được xác định từ điều kiện cân bằng mômen đối với trục bulông neo chịu kéo

$$\alpha = 1 - \sqrt{1 - \frac{2(M + Nb)}{Z^2BR_n}} \quad (3.75)$$

trong đó b - khoảng cách từ bulông chịu kéo đến lực nén N trên tiết diện.

Đối với cột rỗng có chân cột riêng rẽ cho từng nhánh. Lực kéo trong bulông cũng là lực kéo lớn nhất của nhánh tại tiết diện chân cột

$$\sum N_{bl} = \frac{M - Ny}{C} \qquad (3.76)$$

trong đó C - khoảng cách giữa hai trục của hai nhánh cột; y - khoảng cách từ trọng tâm tiết diện toàn cột đến trọng tâm nhánh đối diện với nhánh cần tính; M, N - cặp nội lực ở tiết diện I-I của cột rỗng gây kéo nhiều nhất cho nhánh. Cần lưu ý rằng, với mỗi nhánh có một cặp M, N khác nhau:

cho nhánh cầu trục: M^{+}_{max} , N^{tu}_{min} , và cho nhánh mái : M^{-}_{max} , N^{tu}_{min} .

Trường hợp không tìm được một trong hai cặp trên, chứng tỏ nhánh không chịu nhổ. Khi đó, bulông neo chọn theo điều kiện cấu tạo.

Diện tích bulông neo cần thiết cho mỗi nhánh, xác định theo công thức:

$$A_{neo} = \sum N_{bl}/(n_o R_{neo}), \qquad (3.77)$$

trong đó, n_o - số lượng bulông để truyền lực $\sum N_{bl}$ (thường bố trí hai hoặc bốn cái ở hai bên, đối xứng với trục nhánh); R_{neo} - cường độ chịu kéo của bulông neo,

R_{neo} = 1400 daN/cm^2 với thép bulông là ВСт3кп 2;

R_{neo} = 1700 daN/cm^2 với thép bulông là 90Г2С;

R_{neo} = 1900 daN/cm^2 với thép bulông là 10Г2С1.

Qui cách bulông neo tra ở bảng IV.8, phụ lục IV.

Ví dụ 3.5. Thiết kế chân cột ở ví dụ 3.3. . Lực nén lớn nhất ở tiết diện chân cột của nhánh cầu trục là N_{nh1} = 214,1.10^3 daN; của nhánh mái: N_{nh2} = 425,4 . 10^3 daN. Vật liệu thép chân cột và thép bulông neo là ВСт3кп 2.

Cột đặt trên móng bêtông mác 150.

a) Xác định kích thước bản đế

- Diện tích bản đế của nhánh xác định theo công thức

$$A_{bd} = N/R_{ncb}$$

Giả thiết hệ số tăng cường độ do nén cục bộ mặt bêtông móng

$$m_{cb} = \sqrt[3]{A_m/A_{bd}} = 1,2.$$

Bê tông móng mác 150, có R_n = 60 daN/cm^2.

Tính được $R_{ncb} = m_{cb} . R_n$ = 1,2. 60 = 78 daN/cm^2.

Diện tích yêu cầu của bản đế nhánh mái là:

$$A^{yc}_{2bd} = N_{nh2}/R_{ncb} = \frac{425,4.10^3}{78} = 5460 \text{ cm}^2.$$

Diện tích yêu cầu của.bản đế nhánh cầu chạy là:

$$A^{yc}_{1bd} = N_{nh1}/R_{ncb} = \frac{214100}{78} = 2750 \text{ cm}^2.$$

Chọn chiều rộng B của bản đế theo yêu cầu cấu tạo :

$$B = b_c + 2\delta_{dd} + 2C = 60 + 2 . 1,4 + 2 . 3,6 = 70 \text{ cm}.$$

Chiều dài L của bản đế từng nhánh tính được là

$$L^{yc}_{2bd} = A^{yc}_{2bd} /B = \frac{5460}{70} = 78 \text{ cm}. \text{ Chọn } L_{2bd} = 80\text{cm}.$$

$$L_{1bd}^{yc} = A_{1bd}^{yc} / B = \frac{2750}{70} = 39{,}3\text{cm}.$$ Chọn $L_{1bd} = 40$ cm.

Ứng suất thực tế ngay dưới bản đế

$$\sigma_{nh2} = \sigma_{nhm} = \frac{425400}{70 \cdot 80} = 76{,}1 \text{ daN/cm}^2;$$

$$\sigma_{nh1} = \sigma_{nhcc} = \frac{214100}{70 \cdot 40} = 76{,}5 \text{ daN/cm}^2.$$

- Tính chiều dày bản đế. Cấu tạo chân cột như hình 3.18, diện tích bản đế bị các dầm đế, sườn ngăn chia thành các ô với các biên tựa khác nhau.

Theo các kích thước cạnh ô và loại ô, tính mômen uốn trong các ô này và nhận thấy rằng:

Ô nhánh mái, mômen lớn nhất là ở bản kê bốn cạnh:

Với $b/a = 33/29{,}4 = 1{,}12$. Tra bảng 3.6 được $\alpha_1 = 0{,}056$.

$M = \alpha \cdot \sigma_{\delta} \cdot d^2 = 0{,}056 \cdot 76{,}1 \cdot 29{,}4^2 = 3740$ daNcm.

Ô nhánh cầu trục, mômen lớn nhất là ở bản kê ba cạnh:

Với $b/a = 19{,}4/29{,}4 = 0{,}66$. Tra bảng 3.7 được $\alpha = 0{,}0824$.

$M = \alpha \cdot \sigma_{\delta} \cdot d^2 = 0{,}0824 \cdot 76{,}5 \cdot 29{,}4^2 = 5450$ daNcm.

Chiều dày cần thiết của bản đế mỗi nhánh:

$$\delta_{1bd} = \sqrt{6M/R\gamma)} = \sqrt{\frac{6 \text{ x } 5450}{2100 \cdot 1}} = 3{,}94 \text{ ; } \delta_{2bd} = \sqrt{6M/(R\gamma)} = \sqrt{\frac{6 \cdot 3740}{2100 \cdot 1}} = 3{,}3 \text{ cm}.$$

Chọn chung chiều dày bản đế cho cả hai nhánh $\delta_{bd} = 4$ cm.

b) Tính các bộ phận ở chân cột

- Dầm đế. Toàn bộ lực N_{nh} truyền từ nhánh cột xuống bản đế thông qua hai dầm đế và đôi sườn hàn vào bụng của nhánh. Vì vậy, dầm đế chịu tác dụng của phần phản lực σ_{nh} thuộc diện truyền tải của nó.

Tải trọng lên dầm đế ở nhánh mái

$$q_{2dd} = (5 + 0{,}5 \cdot 30) \cdot 76{,}1 = 1520 \text{ daN/cm}.$$

Tổng phản lực truyền lên dầm đế:

$$N_{2dd} = q_{2dd} \cdot l = 1520 \cdot 80 = 121600 \text{ daN}.$$

Lực N_{2dd} này do hai đường hàn liên kết dầm đế với sống và với mép thép góc nhánh cột phải chịu. Giả thiết chiều cao đường hàn sống $h_s = 16$ mm, chiều cao đường hàn mép $h_m = 10$ mm.

Chiều dài cần thiết của đường hàn sống và đường hàn mép:

$$l_{hs} = \frac{N_{2dd}}{b_g} \cdot \frac{(b_g - a_g)}{h_s(\beta R_g)_{min}} = \frac{121600 \cdot (22 - 3)}{22 \cdot 1{,}6 \cdot 1260} = 52 \text{ cm};$$

$$l_{hm} = \frac{N_{2dd}}{b_g} \cdot \frac{a_g}{h_m(\beta R_g)_{min}} = \frac{121600 \cdot 3}{22 \cdot 1{,}0 \cdot 1260} = 13{,}16 \text{ cm}.$$

Trong công thức trên, b_g là chiều rộng cánh thép góc nhánh; $a_g = 3$ cm là khoảng cách từ trục trọng tâm nhánh mái đến đường hàn sống thép góc.

Chọn dầm đế có tiết diện 650 x 14 mm.

Vì dầm đế có tiết diện rất lớn mà nhịp côngxon dầm đế lại bé nên không cần kiểm tra về uốn và cắt.

- Sườn côngxon A

Tải trọng tác dụng lên sườn: $q_A = 30 \cdot 76,1 = 2280$ daN/cm. Mômen uốn và lực cắt lớn nhất tại tiết diện ngàm (chỗ có hai đường hàn góc liên kết sườn với bụng cột).

$$M_A = \frac{q_A l_A^2}{2} = \frac{2280 \cdot 43^2}{2} = 2107860 \text{ daNcm}; \quad Q_A = q_A L_A = 2280 \cdot 43 = 98040 \text{ daN}.$$

Chọn chiều dày sườn $\delta_A = 1,6$ cm.

Chiều cao của sườn tính theo $h_A = \sqrt{\frac{6 M_A}{\delta_A R\gamma}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 2107860}{1,6 \cdot 2100}} = 61,3$ cm

Chọn $h_A = 65$ cm.

Kiểm tra hai đường hàn góc liên kết sườn A với bụng cột:

Chọn chiều cao đường hàn $h_h = 18$ mm, hàn suốt

$$W_{gh} = (2\beta_h h_h l_h^2)/6 = (2 \cdot 0,7 \cdot 1,8 \cdot (65 - 1)^2)/6 = 1720 \text{ cm}^3;$$

$$A_{gh} = 2\beta_h h_h l_h = 2 \cdot 0,7 \cdot 1,8 (65 - 1) = 161 \text{ cm}^2.$$

Độ bền của đường hàn kiểm tra theo σ_{td}

$$\sigma_{td} = \sqrt{\left(\frac{M_A}{W_h}\right)^2 + \left(\frac{Q_A}{A_h}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{2107860}{1720}\right)^2 + \left(\frac{98040}{161}\right)^2} =$$

$$= 1368 \text{ daN/cm}^2 < R_{gh} = 1800 \text{ daN/cm}^2.$$

Sườn côngxon A và đường hàn đủ khả năng chịu lực .

- Sườn ngăn B

Tải trọng tác dụng lên sườn ngăn B

$$q_B = 76,1 \cdot (10 + 0,5 \cdot 33) = 2020 \text{ daN/cm}.$$

Sườn B làm việc như dầm đơn giản tựa trên dầm đế và sườn A. Mômen uốn lớn nhất

$$M_B = \frac{q_B \cdot l_B^2}{8} = \frac{2020 \cdot 29,4^2}{8} = 218251 \text{ daNcm}.$$

Chọn chiều dày sườn B là $\delta_B = 10$ mm.

Chiều cao cần thiết của sườn ngăn B tính theo điều kiện chịu uốn :

$$h_B \sqrt{\frac{6 \cdot M_B}{\delta_B \cdot R\gamma}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 218251}{1 \cdot 2100}} = 25 \text{ cm}.$$

Chiều cao đường hàn liên kết sườn B vào dầm đế (hoặc vào sườn A)

$$h_h = \frac{q_B l_B}{2 \cdot h_B (\beta R_g)_{min}} = \frac{2020 \cdot 29,4}{2 \cdot (25 - 1) \cdot 1260} = 0,98 \text{ cm}. \text{ Chọn } h_h = 1 \text{ cm}.$$

- Tính chiều cao các đường hàn ngang

Các kết cấu sườn như dầm đế, sườn A, sườn B, bụng của nhánh cột đều liên kết với bản đế bằng hai đường hàn ngang ở hai bên sườn. Chiều cao đường hàn cần thiết cho mỗi liên kết cụ thể là

Với liên kết của dầm đế và bản đế:

$$h_h = \frac{q_{2dd}}{2 (\beta R_g)_{min}} = \frac{1520}{2 \cdot 1260} = 0,60 \text{ cm}$$

Với liên kết sườn A vào bản đế:

$$h_h = \frac{q_A}{2(\beta R_g)_{min}} = \frac{2280}{2.1260} = 0{,}90 \text{ cm}.$$

Với liên kết sườn B vào bản đế:

$$h_h = \frac{q_B}{2(\beta R_g)_{min}} = \frac{2020}{2.1260} = 0{,}80 \text{ cm}$$

Với liên kết bụng nhánh vào bản đế:

$$h_h = \frac{q_b}{2(\beta R_g)_{min}} = \frac{76{,}1.(0{,}5.25 + 2 + 0{,}5.33)}{2.1260} = 0{,}94 \text{ cm}.$$

Chọn thống nhất h_h = 12 mm cho mọi đường hàn ngang. Các bộ phận chi tiết, liên kết ở chân cột của nhánh cầu trục, cũng được tính toán tương tự như ở nhánh mái.

c) Tính bulông neo

Từ bảng tổ hợp nội lực cột, ở tiết diện chân cột, tìm ra tổ hợp cho mômen uốn lớn nhất và lực dọc nhỏ nhất. Trong ví dụ này, chẳng hạn ta tìm được tổ hợp (1; 7) do tĩnh tải và gió gây nên.

Nội lực dùng để tính bulông neo ở nhánh mái là:

$$M = \frac{M_t}{n_t} . n_b + M_g = \frac{49{,}21.10^3}{1{,}1} . 0{,}9 - 128{,}78.10^3 = 88{,}52.10^3 \text{ daNm};$$

$$N = \frac{N_t}{n_t} . n_b = \frac{92{,}7.10^3}{1{,}1} . 0{,}9 = 75{,}58.10^3 \text{ daN},$$

trong đó M_t, N_t - nội lực ở tiết diện chân cột do tải trọng tĩnh gây ra,

$M_t = 49{,}21 . 10^3$ daNm; $N_t = 92{,}7.10^3$ daN,

M_g - nội lực (mômen) ở tiết diện chân cột do hoạt tải gió gây ra,

$$M_g = -128{,}78 . 10^3 \text{ daNm}$$

$n_t = 1{,}1$ - hệ số vượt tải của tải trọng tĩnh (đã dùng để tính nội lực);

$n_b = 0{,}9$ - hệ số "giảm tải" dùng với nội lực của tải trọng tĩnh khi tính bulông neo.

Từ M, N vừa tính trên đây, tính được lực kéo trong nhánh mái (chính là lực kéo trong bulông)

$$\sum N_{bl} = \frac{M}{C} - N\frac{y_1}{C} = \frac{88{,}52 . 10^3}{1{,}201} - \frac{75{,}58 . 10^3}{1{,}201} . 0{,}719 = 28{,}33 .10^3 \text{ daN},$$

trong đó C = 1,201 m - khoảng cách giữa hai trục trọng tâm của hai nhánh; y_1 - khoảng cách từ trục trọng tâm toàn tiết diện đến trục của nhánh đối diện (nhánh cầu trục).

Diện tích tiết diện cần thiết của bulông neo ở nhánh mái là

$$A^{yc}_{th.neo} = \sum N_{bl}/R_{neo} = 28{,}33 . 10^3/1400 = 20{,}24 \text{ cm}^2.$$

Chọn hai bulông neo Φ48 có tiết diện thu hẹp là

$$A^{chon}_{th.neo} = 2 . 13{,}75 = 27{,}5 \text{ cm}^2$$

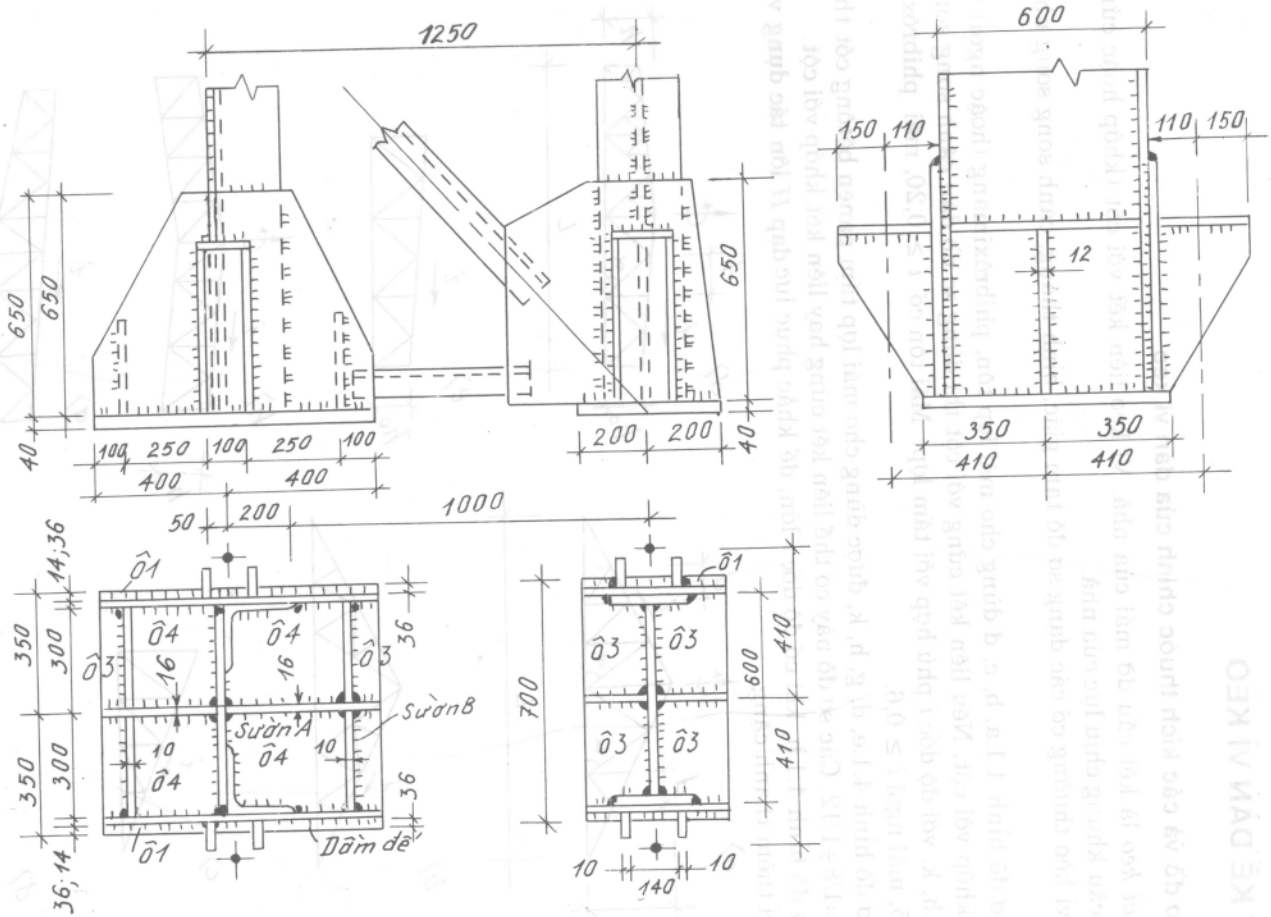
Tiến hành tương tự như ở nhánh mái, xác định được lực kéo lớn nhất ở nhánh cầu trục mà bulông neo phải chịu là $\sum N_{bl} = 134{,}5 . 10^3$ daN.

Diện tích cần thiết của bulông neo nhánh cầu trục là

$$A^{yc}_{th.neo} = \frac{134{,}5.10^3}{1400} = 96 \text{ cm}^2.$$

Chọn hai bulông neo Φ90 có tiết diện thu hẹp là

$$A^{chon}_{th.neo} = 2.53{,}6 = 107{,}2 \text{ cm}^2.$$



Hình 3.18. Chân cột rỗng ở ví dụ 3.5

CHƯƠNG 4

THIẾT KẾ DÀN VÌ KÈO

§ 4.1. Sơ đồ và các kích thước chính của dàn vì kèo

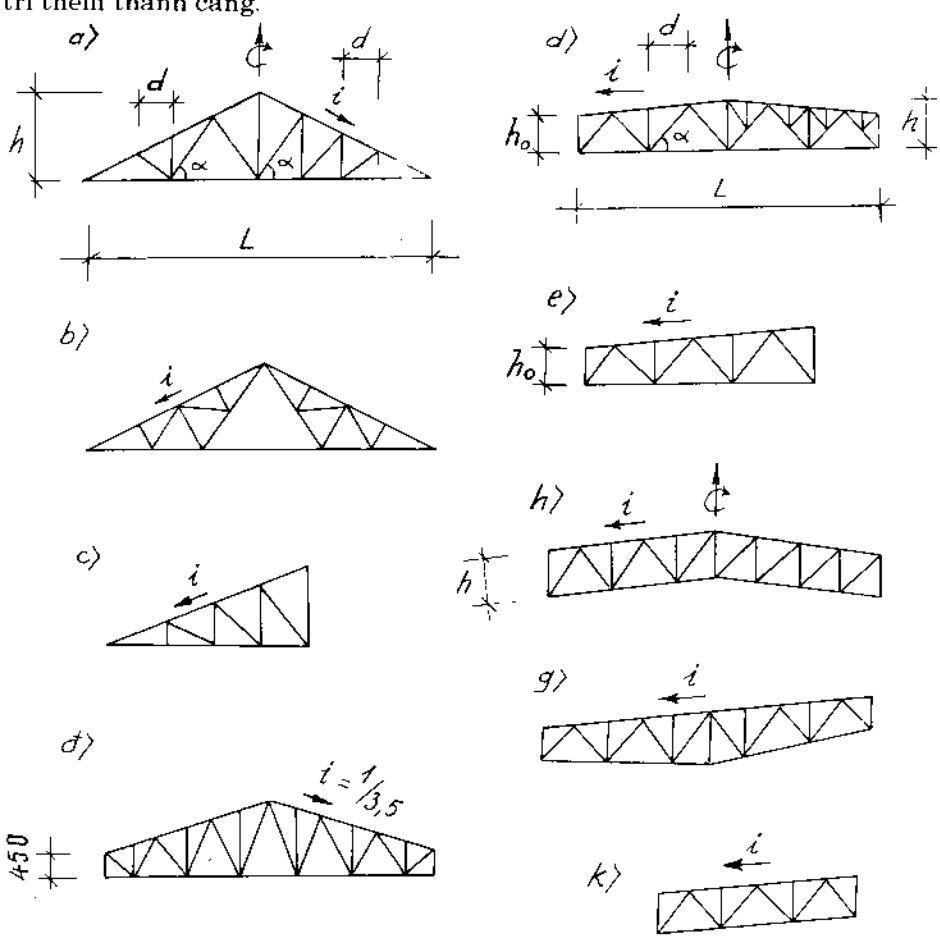
Dàn vì kèo là kết cấu đỡ mái của nhà. Vì kèo liên kết với cột (khớp hoặc cứng) tạo nên kết cấu khung chịu lực của nhà.

Dàn vì kèo thường có các dạng sơ đồ tam giác, hình thang, cánh song song như hình 4.1.

Các sơ đồ hình 4.1.a, b, c, đ dùng cho mái lợp tôn, phibrôximăng (hoặc ngói) và dàn liên kết khớp với cột. Nếu liên kết cứng với cột thì dùng sơ đồ dàn cánh song song như hình 4.1.h, k, với độ dốc i phù hợp với tấm lợp. Mái tôn có $i \geq 0{,}20$, mái phibrôximăng $i \geq 0{,}285$, mái ngói $i \geq 0{,}6$.

Các sơ đồ hình 4.1.e, d, g, h, k, được dùng cho mái lợp tấm panen bêtông cốt thép với độ dốc $i = 1/8 \div 1/12$. Các sơ đồ này có thể liên kết cứng hay liên kết khớp với cột.

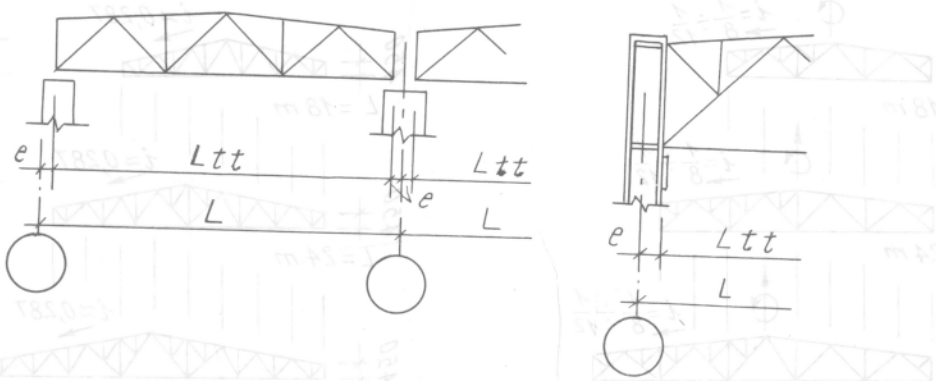
Với sơ đồ hình 4.1.h, khi có độ dốc i lớn, để khắc phục lực đạp H lớn tác dụng vào cột, nên bố trí thêm thanh căng.



Hình 4.1. Các dạng dàn vì kèo

Nhịp của dàn là khoảng cách trục định vị của hai gối tựa. Vì kèo thép thường có L = 18, 24, 30, 36m, đôi khi còn dùng L = 21, 27, 33m. Nhịp tính toán thực tế của dàn là khoảng cách trọng tâm truyền phản lực gối tựa của dàn (xem hình 4.2).

Chiều cao h của dàn tam giác phụ thuộc vào nhịp và độ dốc của mái, $h = 0{,}5i\ L$. Chiều cao giữa nhịp của dàn hình thang, dàn cánh song song vào khoảng $h = (1/7 \div 1/9)L$. Đối với các dàn hình thang có độ dốc mái $i = 1/8 \div 1/12$, chiều cao đầu dàn vào khoảng $h_o = (1/15 \div 1/10)L$, thường lấy h_o = 2,2m (tại trục định vị). Với mái có độ dốc $i = 1/3{,}5$ có thể dùng dàn hình thang dốc có chiều cao đầu dàn là 450mm.



Hình 4.2. Sơ đồ xác định nhịp dàn

Hệ thanh bụng của dàn được bố trí sao cho các nút trùng với vị trí đặt tải, góc nghiêng của thanh xiên với thanh cánh dưới vào khoảng 45 ÷ 55° với hệ thanh bụng tam giác, vào khoảng 35 ÷ 45° với hệ thanh bụng xiên. Thường vì kèo sử dụng loại hệ thanh bụng tam giác có thanh đứng như hình 4.1.a, d, đ, e, g, h, k. Song các dạng dàn đều có thể dùng hệ thanh bụng xiên như hình 4.1a, c, h.

Với vì kèo dạng hình thang, dạng cánh song song thường lấy khoảng cách nút ở cánh trên là 3m (tính đến trục định vị). Nếu panen mái rộng 1,5m thì nên bố trí thêm hệ thanh bụng phân nhỏ để khoảng nút ở cánh trên là 1,5m (xem hình 4.1.d).

Với dàn vì kèo lợp mái nhẹ (tôn, phibrôximăng), khoảng cách nút ở cánh trên thường lấy vào khoảng 1,2 ÷ 1,5m, tùy thuộc vào chiều dài và cấu tạo tấm lợp.

Khi thiết kế có thể sử dụng các sơ đồ dàn vì kèo cho ở hình 4.3.

§4.2. Tải trọng và nội lực của dàn vì kèo

1. Tải trọng tác dụng trên dàn vì kèo

Tải trọng tác dụng trên dàn thường là những lực tập trung ở nút dàn, gồm có:

a) Tải trọng thường xuyên, còn gọi là tĩnh tải, bao gồm trọng lượng các lớp mái và trọng lượng các kết cấu mái. Trị số các tĩnh tải tập trung ở nút dàn vì kèo được xác định như sau:

nút đầu dàn $$G_1 = \frac{d.B}{2}\ (g_m + g_d), \qquad (4.1)$$

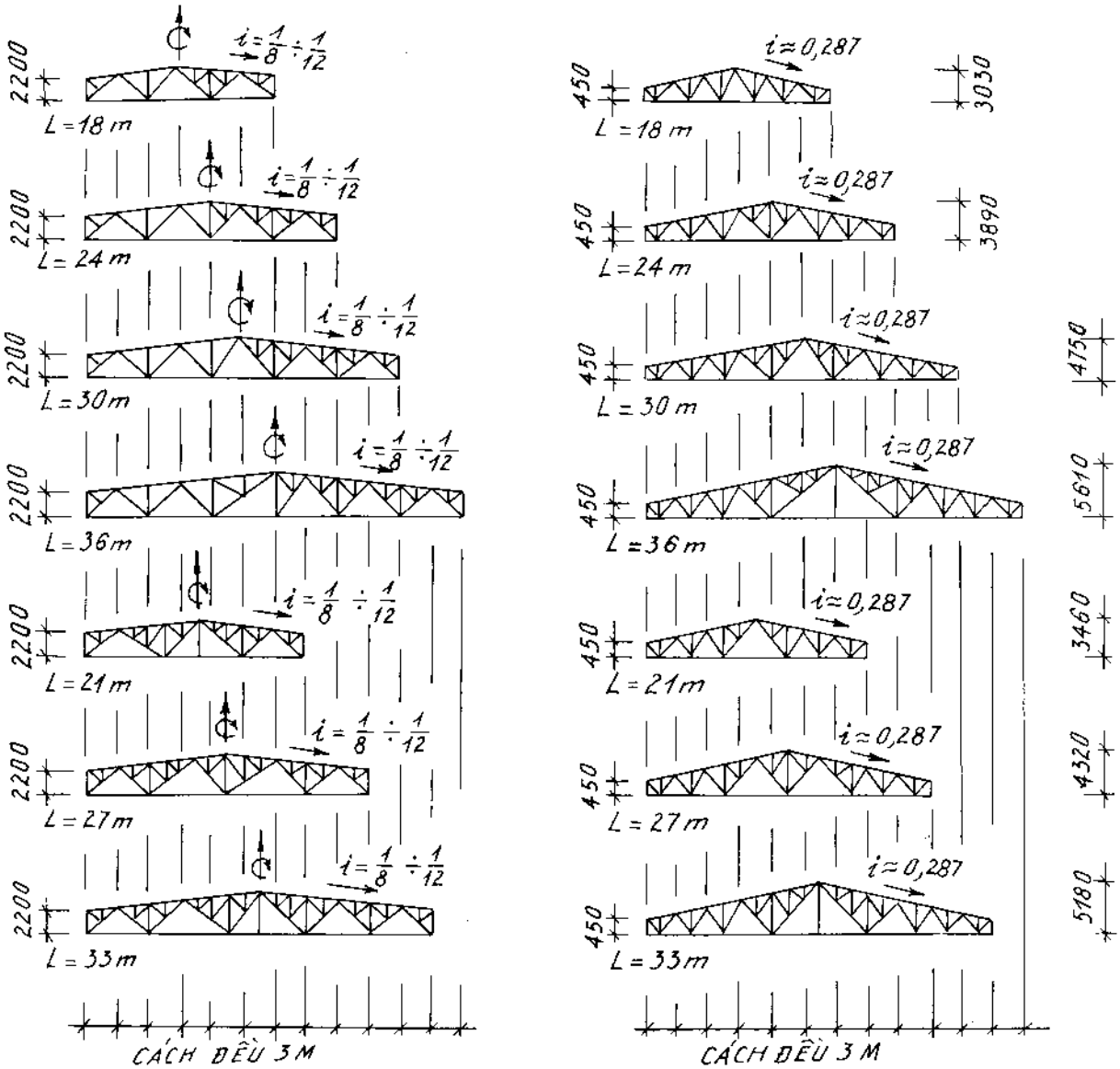
với nút trung gian $$G_2 = d.B\ (g_m + g_d), \qquad (4.2)$$

với nút ở chân cửa trời $$G_3 = \frac{d.B}{2} \cdot g_{ct} + G_{ct} + G_2^{\wedge} \qquad (4.3)$$

với nút có kết cấu cửa trời (trừ nút chân cửa trời)

$$G_4 = d\ B\ (g_m + g_d + g_{ct}). \qquad (4.4)$$

trong các công thức 4.1 đến 4.4, B là bước của vì kèo; d - khoảng cách theo phương nằm ngang giữa các nút dàn (xem hình 4.1), nếu các khoảng cách này không bằng nhau thì $d = (d_{i-1} + d_i)/2$ (d_{i-1} và d_i là khoảng cách ở hai bên nút dàn đang tính tải trọng vào nó); g_m - trọng lượng tính toán của các lớp mái phân bố đều trên mặt bằng nhà, g_d - trọng lượng của vì kèo và hệ giằng mái phân bố đều trên mặt bằng nhà; g_{ct} - trọng lượng của kết cấu cửa trời và hệ giằng cửa trời phân bố đều trên mặt bằng cửa trời; G_{ct} - trọng lượng cửa kính và bậu cửa của cửa trời tập trung tại nút dàn chân cửa trời, (xem phần xác định tải trọng tác dụng vào khung).



Hình 4.3. Các sơ đồ dàn vì kèo

b) Hoạt tải sửa chữa mái

Hoạt tải sửa chữa mái có thể có ở trên nửa trái, nửa phải hoặc trên cả dàn. Giá trị của nó tác dụng trên các nút dàn là

với nút đầu dàn $P_1 = 0{,}5dp.$ (4.5)

với nút trung gian $P_2 = dp.$ (4.6)

trong đó d - như trên; $p = n.p_o.B$ đã tính ở phần xác định tải trọng của khung; p_o- hoạt tải tiêu chuẩn phân bố đều trên mặt bằng nhà.

c) Tải trọng gió

Tải trọng gió tác dụng lên dàn vì kèo là các lực tập trung W_j, thường đặt ở nút dàn, (xem hình 4.4):

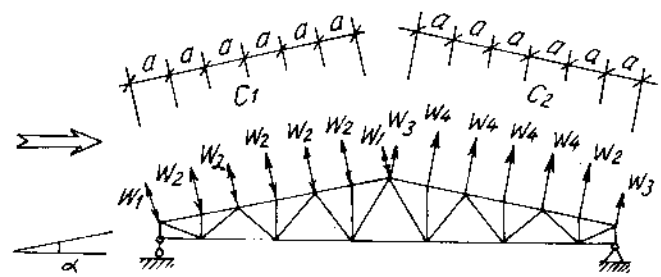
$$W_1 = 0{,}5\, nq_oC_1kBa; \quad (4.7)$$

$$W_2 = nq_oC_1kBa; \quad (4.8)$$

$$W_3 = 0{,}5\, nq_oC_2kBa; \quad (4.9)$$

$$W_4 = nq_oC_2kBa, \quad (4.10)$$

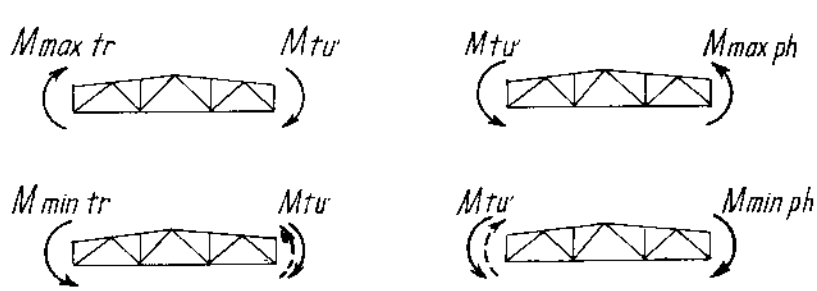
trong đó q_o - áp lực động của gió; n - hệ số vượt tải, (n = 1,3); k - hệ số độ cao lấy theo cao trình đỉnh mái; C_1, C_2 - các hệ số khí động, tất cả xác định theo tiêu chuẩn TCVN 2737-90 hoặc theo phụ lục V; B - bước dàn vì kèo; a - khoảng cách nút dàn ở cánh trên (h.4.4). Lưu ý rằng tải trọng gió tác dụng vuông góc với mặt mái, hệ số khí động (C_1, C_2) có dấu "-" là gió bốc mái (đi ra khỏi mái), có dấu "+" là gió đi vào mái. Việc tính toán dàn chỉ bỏ qua tải trọng gió khi mái chịu gió bốc mà tải trọng gió bốc đối với dàn không lớn hơn tải trọng thường xuyên của dàn (thường là các mái lắp ghép bằng các tấm panen bêtông cốt thép có độ dốc $i \le 1/8$).



Hình 4.4 Sơ đồ tải trọng gió trên vì kèo

d) Mômen đầu dàn

Khi dàn liên kết cứng với cột, ngoài các tải trọng đặt trực tiếp trên dàn, dàn còn chịu mômen ở hai đầu (chính là mômen ở tiết diện cột giáp với dàn). Đối với mỗi loại tải trọng tác dụng trên khung (dù ở dàn hay ở cột) đều có các cặp mômen đầu dàn. Việc làm chính xác là dàn phải tính với từng cặp mômen đó. Để giảm bớt khối lượng tính toán, và thiên về an toàn có thể tổ hợp trước các mômen đầu dàn (chính là các tổ hợp mômen ở tiết diện cột giáp với dàn), rồi chọn ra một vài cặp tổ hợp mômen đầu dàn nguy hiểm để tính toán. Thường là các cặp tổ hợp: M_{max}, $M_{tư}$ và M_{min}, $M_{tư}$; M_{max} là mômen tổ hợp ở đầu trái (hoặc phải) có giá trị lớn nhất gây kéo thanh cánh dưới (mang dấu "+"), M_{min} là mômen tổ hợp ở đầu trái (hoặc phải) có giá trị lớn nhất gây nén thanh cánh dưới (mang dấu "-"); $M_{tư}$ là mômen tổ hợp tương ứng ở đầu dàn còn lại cùng tổ hợp tải trọng với M_{max} hoặc M_{min} (xem hình 4.5). Cần quan tâm tìm cặp tổ hợp mômen đầu dàn gây nguy



Hình 4.5. Mômen đầu dàn

hiểm cho hệ thanh bụng của dàn, đó là cặp tổ hợp tạo ra lực cắt Q_{max} cho dàn, tức là cặp mômen tổ hợp có $\Delta M_{max} = |M_{tr} - M_{ph}|$ đồng thời trị số của M_{tr} hoặc M_{ph} không nhỏ hơn nhiều so với M_{max} hoặc M_{min}. Nhiều khi cặp tổ hợp M_{tr}, M_{ph} trùng với một trong hai trường hợp M_{max}, $M_{tư}$ hoặc M_{min}, $M_{tư}$.

2. Nội lực tính toán của các thanh dàn

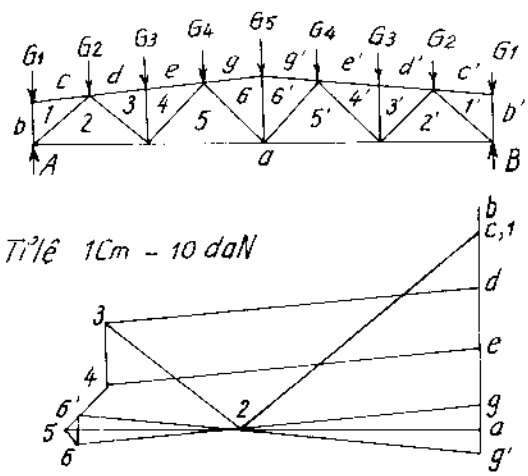
a) Xác định nội lực

Nội lực của các thanh dàn được xác định với từng loại tải trọng bằng phương pháp đồ giải Crêmona. Cụ thể cần vẽ các đồ giải sau

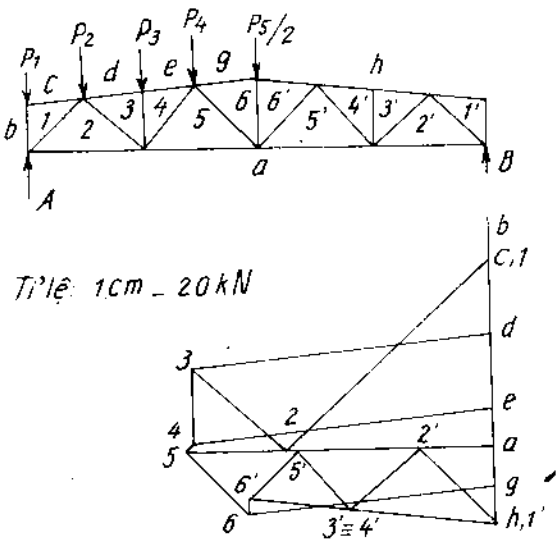
- với tải trọng thường xuyên (các G_i) trên toàn dàn. Dàn có sơ đồ đối xứng và tải trọng G_i đối xứng, chỉ cần vẽ cho nửa dàn đến khi đồ giải xuất hiện tính chất đối xứng, (h.4.6).

- với hoạt tải (các P_i) trên nửa trái của dàn (h.4.7). Nếu sơ đồ dàn không đối xứng thì vẽ thêm trường hợp các P_i đặt trên nửa phải của dàn. Với dàn đối xứng để có trường hợp các P_i đặt trên nửa phải, ta chỉ cần lấy đối xứng với trường hợp các P_i đặt ở nửa trái (tức là lật biểu đồ lại). Cộng kết quả của hai trường hợp tải ở nửa trái và tải ở nửa phải được kết quả cho trường hợp hoạt tải đặt trên toàn dàn. Đối với dàn tam giác không cần xét các trường hợp hoạt tải ở các nửa dàn, do vậy chỉ vẽ đồ giải cho các P_i đặt ở trên toàn dàn.

- với $M_{tr} = +1$ đặt ở đầu trái của dàn (h.4.8). Dàn đối xứng thì từ kết quả với $M_{tr} = +1$ có thể suy ngay ra kết quả tính với $M_{ph} = +1$ bằng cách lật lại biểu đồ. Dàn không đối xứng thì vẽ thêm trường hợp $M_{ph} = +1$ đặt ở đầu phải của dàn. Từ nội lực do $M_{tr} = 1$; $M_{ph} = 1$ xác định được nội lực trong các thanh dàn do các cặp mômen đầu dàn bằng cách nhân tương ứng chúng với nội lực do mômen đơn vị rồi cộng lại, ví dụ cặp



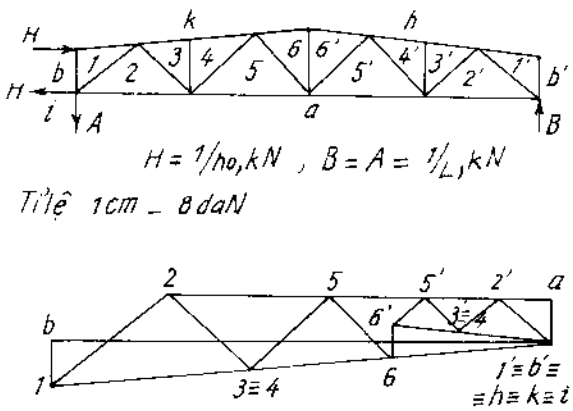
Hình 4.6. Đồ giải Crêmona của tải trọng thường xuyên



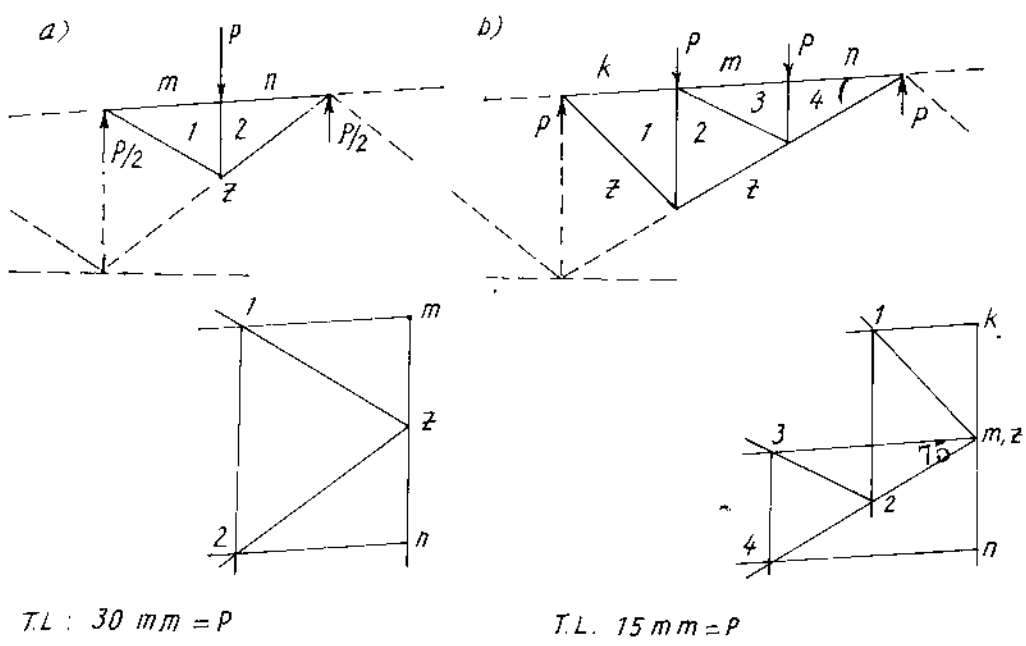
Hình 4.7. Đồ giải Crêmona của hoạt tải ở nửa trái dàn

M_{maxtr}, M_{tu} trong bảng 4.1, lấy M_{maxtr} nhân với cột 17 và M_{tu} nhân với cột 18 rồi cộng lại được cột 19. Lưu ý các mômen mang dấu "+" khi nó gây kéo cánh dưới của dàn, mang dấu " " khi nó gây nén cánh dưới của dàn.

- Với tải trọng gió (các W_i) trên mái xem hình 4.12) lưu ý các tải W_i vuông góc với mặt phẳng mái.
- Đối với dàn có hệ thanh bụng phân nhỏ, khi tính toán dàn trước tiên xem như dàn.



Hình 4.8. Đồ giải Crêmona với M = +1 ở đầu trái



Hình 4.9. Đồ giải Crêmona của dàn phân nhỏ

không có các thanh phân nhỏ, tải trọng đặt ở các nút dàn phân nhỏ được chia về các nút dàn chính. Sau đó tính riêng các hệ thanh bụng phân nhỏ (còn gọi là dàn phân nhỏ), vẽ đồ giải cho từng dàn phân nhỏ với các tải trọng G, P, W của nó (xem hình 4.9).

Kết quả tính toán nội lực các thanh dàn được ghi thành bảng như bảng 4.1. Khi dàn đối xứng, bảng chỉ cần lập cho nửa dàn. Tùy theo từng trường hợp cụ thể mà bảng 4.1 có đầy đủ hoặc không đầy đủ các cột.

Khi tải trọng trên thanh cánh đặt ngoài nút dàn thì thanh cánh này ngoài nội lực dọc còn có mômen uốn. Các mômen này có thể lấy gần đúng và thiên về an toàn như sau

Mômen nhịp ở khoang đầu $M_1 = Pd/4$ hoặc $M_1 = qd^2/10$. (4.11)

Mômen nhịp ở các khoang còn lại $M_2 = Pd/4{,}5$ hoặc $M_2 = qd^2/12$, (4.12)

Mômen gối (ở các nút) $M_3 = Pd/6{,}5$ hoặc $M_3 = qd^2/18$ (4.13)

trong đó P - lực tập trung trên thanh cánh, ở giữa các khoảng nút (ở đây xét trường hợp mỗi khoang có một lực); q - tải trọng phân bố đều trên các nhịp tính toán d của thanh cánh (nhịp tính toán d là khoảng cách giữa hai nút dàn vuông góc với lực tác dụng).

Bảng 4.1. **Nội lực các thanh dàn**

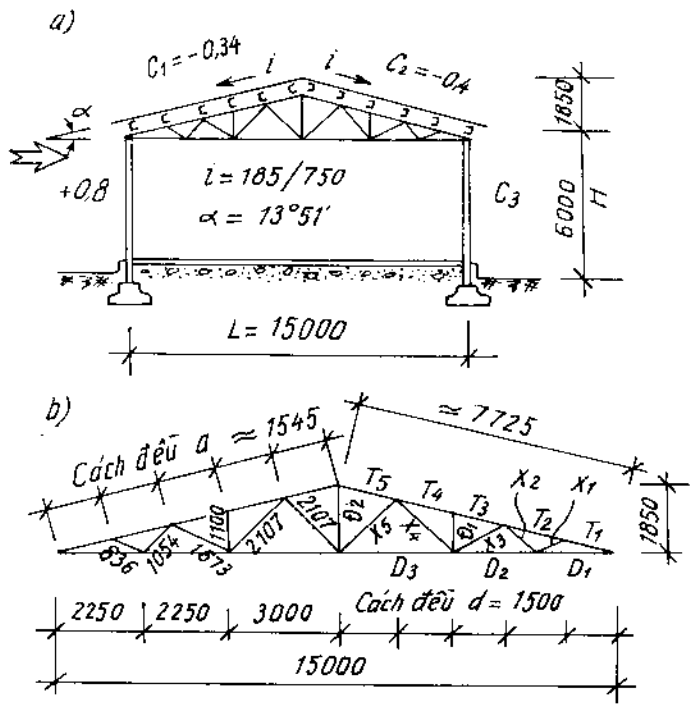
Loại thanh	Ký hiệu thanh	Do tải trọng thường xuyên		Do hoạt tải mái ở				Do gió		
				nửa trái		nửa phải				
		$n = 1{,}1$	$n = 0{,}9$	$n_c = 1$	$n_c = 0{,}9$	$n_c = 1$	$n_c = 0{,}9$	$n_c = 1$	$n_c = 0{,}9$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Do dàn phân nhỏ						Do mô men đầu dàn			
	G	P		W		M_{tr} =+1	M_{ph} =+1	M_{maxtr}, M_{tu}	M_{mintr}, M_{tu}
$n = 1{,}1$	$n = 0{,}9$	$n_c = 1$	$n_c = 0{,}9$	$n_c = 1$	$n_c = 0{,}9$				
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Do mômen đầu dàn			Nội lực t.toán (tổ hợp nội lực)	
M_{maxph}, M_{tu}	M_{minph}, M_{tu}		kéo	nén
21	22	23	24	25

b) Tổ hợp nội lực

Nội lực tính toán của các thanh dàn được lấy ở các cột tổ hợp nội lực (cột 24, 25 bảng 4.1). Việc tổ hợp được tiến hành bằng cách cộng những trị số có dấu thích hợp do các tải trọng tạm thời với trị số do tải trọng thường xuyên ở mỗi dòng của bảng 4.1 để được giá trị lớn nhất về kéo và nén ghi vào cột 24 và 25 của bảng. Trong tất cả các tổ hợp, tải trọng thường xuyên (tĩnh tải) luôn luôn phải có. Đối với nội lực do mômen đầu dàn (thiên về an toàn) ta chấp nhận qui định: Mômen đầu dàn có thể có hoặc không có, do đó chỉ kể đến với những thanh mà nó làm tăng nội lực cho thanh. Cần lưu ý, trong mỗi một tổ hợp chỉ có mặt nhiều nhất một cặp mômen đầu dàn. Khi trong tổ hợp có từ hai



Hình 4.10. Hình của ví dụ 4.1

hoạt tải ngắn hạn trở lên thì các hoạt tải này dùng các cột có hệ số tổ hợp n_c = 0,9. Nhớ rằng, hệ số n_c đã được kể đến khi tổ hợp ra các cặp mômen đầu dàn. Khi hoạt tải mái chất trên cả dàn thì trong tổ hợp cộng hai cột 5 và 7 hoặc 6 và 8.

Với tổ hợp gồm tĩnh tải mái và gió bốc mái, khi trị số nội lực do gió lớn hơn và ngược dấu với nội lực do tĩnh tải, thì nội lực do tĩnh tải sẽ dùng cột có hệ số vượt tải n = 0,9.

Ví dụ 4.1. Xác định nội lực tính toán cho các thanh của dàn vì kèo mái nhà kho cho ở hình 4.10. Mái lợp tôn. Nhà xây dựng ở nơi thuộc vùng gió III, có địa hình dạng B. Bước vì kèo B = 4,5m. Có lực nén theo phương ngang từ đầu cột vào dàn vì kèo H_o = 156 daN, do gió tác dụng trên cột khung truyền qua (h.4.12).

a) Xác định tải trọng

- Tải trọng thường xuyên (sơ đồ ở hình 4.11)

Trọng lượng mái g_m qui ra trên diện tích mặt bằng (độ dốc i = 1,85/7,5, cosα = 7,5/7,725)

Loại tải trọng	Đơn vị	Tải trọng tiêu chuẩn	Hệ số vượt tải	Tải trọng tính toán
- Tôn lợp mái dày 1mm (loại 1m^2 nặng 13,3kG)	daN/m^2	16,1"*"	1,1	17,7"*"
- Xà gồ [12] (1m dài nặng 10,4kG)	daN/m^2	6,8	1,1	7,5
		22,9		25,2

"*" Đã kể đến sự lợp chồng của các tấm mái.

Trọng lượng dàn vì kèo và hệ giằng mái (qui trên diện tích mặt bằng), gần đúng lấy theo công thức 2.1

$g_d = 1{,}2n\alpha_d L$, ở đây lấy $\alpha_d = 0{,}5$ daN/m^3; $g_d = 1{,}2.1{,}1.0{,}5.15 = 9{,}9$ daN/m^2.

Theo các công thức 4.1, 4.2 ta có

$G_1 = (25{,}2 + 9{,}9)1{,}5.4{,}5/2 = 118{,}5$ daN; $G_2 = (25{,}2 + 9{,}9)1{,}5.4{,}5 = 237$ daN.

Phản lực đầu dàn

$$R_{gA} = R_{gB} = (2G_1 + 9G_2)/2 = 1184 \text{ daN}.$$

- Hoạt tải sửa chữa mái (sơ đồ ở hình 4.11):

Theo TCVN 27 37-90 trên diện tích mặt mái có hoạt tải sửa chữa là 30daN/m^2, hệ số vượt tải $n = 1{,}3$, qui ra trên diện tích mặt bằng là:

$p_o = 30/\cos\alpha = 30.7{,}725/7{,}5 = 30{,}9$ daN/m^2; $p = n\,p_o = 1{,}3.30{,}9 = 40{,}2$ daN/m^2.

Vậy theo các công thức 4.5, 4.6 có

$P_1 = 40{,}2.1{,}5.4{,}5/2 \approx 135{,}5$ daN; $P_2 = 40{,}2.1{,}5.4{,}5 \approx 271$ daN.

Phản lực đầu dàn là

$$R_{pA} = R_{pB} = (2P_1 + 9P_2)/2 = 1355 \text{ daN}.$$

-Tải trọng gió (sơ đồ ở hình 4.12):

Theo phục lục V, vùng gió III có $q_o = 100$ daN/m^2; với góc nghiêng của mái $\alpha = 13^o51'$; $H/L = 6/15 = 0{,}4$ có các hệ số khí động $C_1 = -0{,}34$, $C_2 = -0{,}4$ (h.4.10), như vậy gió gây bốc mái. Với dạng địa hình B, đỉnh mái cao 7,85m có hệ số độ cao $k = 0{,}93$ (các hệ số C_1, C_2, k nội suy theo các bảng ở phụ lục V). Hệ số vượt tải $n = 1{,}3$.

Vậy theo các công thức 4.7 ÷ 4.10 ta có

$W_1 = 1{,}3.100.0{,}34.0{,}93.4{,}5.1{,}545/2 \approx 143$ daN;

$W_2 = 1{,}3.100.0{,}34.0{,}93.4{,}5.1{,}545 = 2\,W_1 \approx 186$ daN;

$W_3 = 1{,}3.100.0{,}4\ .0{,}93.4{,}5.1{,}545/2 \approx 168$ daN;

$W_4 = 1{,}3.100.\ 0{,}4\ .0{,}93.4{,}5.1{,}545 = 2W_3 \approx 336$ daN;

Có $W_2 \cos\alpha = 286.7{,}5/7{,}725 = 277{,}7$ daN $> G_2 = 237.0{,}9/1{,}1 \approx 194$ daN.

Vậy cần phải tính toán dàn với tải trọng gió. Vì với tổ hợp tải trọng gió và tĩnh tải mái, gây cho thanh cánh dưới cũng như một số thanh bụng đổi chiều nội lực từ kéo sang nén, làm cho chúng dễ bị mất khả năng chịu lực do mất ổn định.

Phản lực đầu dàn

$H = 156 + (336 - 286)5\sin\alpha = 156 + 50.5.1{,}85/7{,}725 = 216$ daN;

$$R_{WA} = \frac{1}{15}[5.336.7{,}725/2 + 286.5.7{,}725(0{,}5 + \cos 2\alpha)\,] =$$

$$= [\,336/2 + 286.(0{,}5 + 2\cos^2\alpha - 1)\,]\,5.7{,}725/15 =$$

$$= [\,336/2 + 286(-0{,}5 + 2.7{,}5^2/7{,}725^2)\,]\,7{,}725/3 =$$

$$= (336.0{,}5 + 286.1{,}385)7{,}725/3 \approx 1453 \text{ daN};$$

$R_{WB} = (286.0{,}5 + 336.1{,}385)7{,}725/3 \approx 1567$ daN.

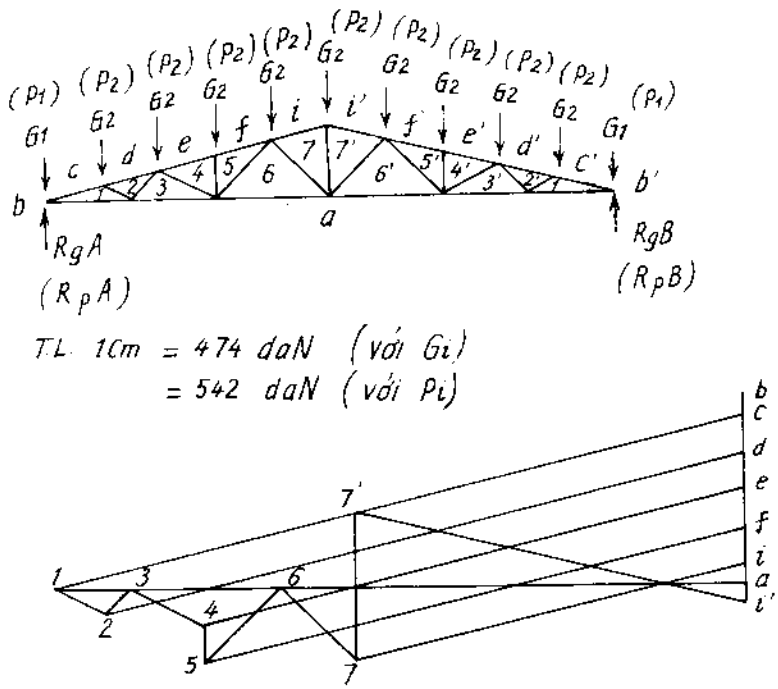
b) Xác định nội lực

Ở hình 4.11 cho đồ giải Crêmona của tĩnh tải và hoạt tải tác dụng trên cả dàn. Ở đây cả tĩnh và hoạt tải dùng chung một đồ giải, chỉ khác tỉ lệ xích, vì tĩnh tải và hoạt tải tại nút là tỉ lệ với nhau.

Dùng nội lực do tĩnh tải nhân lên $P_i/G_i = 271/237$ lần thì được nội lực do hoạt tải.

Ở hình 4.12 cho đồ giải Crêmona do tải trọng gió.

Kết quả nội lực và tổ hợp nội lực được lập thành bảng như sau (ở đây các tổ hợp nguy hiểm đều là tổ hợp cơ bản 1, do vậy không có các cột với hệ số tổ hợp $n_c = 0{,}9$).



Hình 4.11. Đồ giải Crêmona với tải G_i,P_i của dàn vì kèo ở ví dụ 4.1

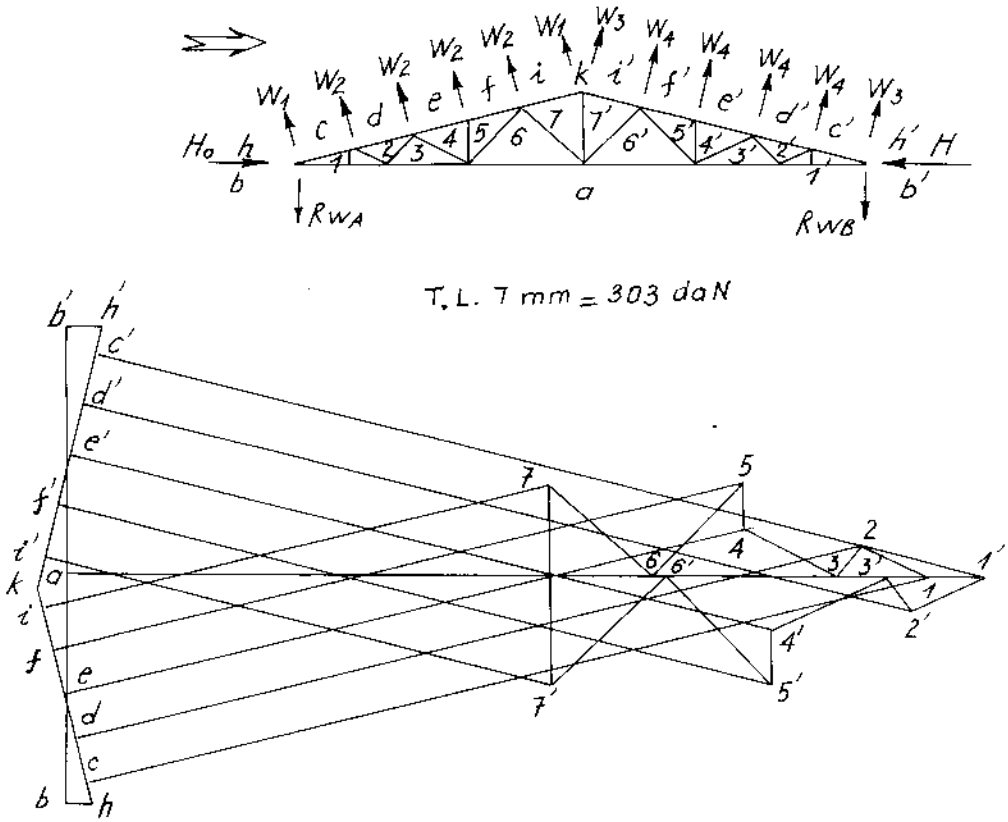
Bảng nội lực các thanh dàn của ví dụ 4.1

Loại thanh	Ký hiệu thanh	Do tĩnh tải mái, daN		Do hoạt tải mái, daN	Do gió, daN		Tổ hợp nội lực tính toán, daN	
		n = 1.1	n = 0.9		trái sang phải	phải sang trái	kéo	nén
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
cánh trên	T1	-4456	-3645	-5095	+4978	+5277	+1632 <4;7>	-9551 <3;5>
	T2	-4124	-3374	-4715	+4675	+4887	1513 <4;7>	-8839 <3;5>
	T3	-3489	-2854	-3989	+4004	+4120	1266 <4;7>	-7478 <3;5>
	T4	-3489	-2854	-3989	+4069	+4199	1345 <4;7>	-7478 <3;5>
	T5	-2512	-2055	-2873	+2987	+2987	932 <4;7>	-5385 <3;5>
cánh dưới	D1	+4332	+3545	+4954	-4935	-5281	9286 <3;5>	-1736 <4;7>
	D2	+3839	+3141	+4390	-4415	-4675	8229 <3;5>	-1534 <4;7>
	D3	+2891	+2366	+3306	-3355	-3441	6197 <3;5>	-1075 <4;7>
xiên	X1	-379	-310	-434	+410	+476	166 <4;7>	-813 <3;5>
	X2	+213	+175	+244	-238	-277	457 <3;5>	-102 <4;7>
	X3	-507	-415	-580	+606	+714	299 <4;7>	-1087 <3;5>
	X4	+668	+547	+764	-757	-866	1432 <3;5>	-319 <4;7>
	X5	-668	-547	-764	+779	+909	362 <4; 7>	-1432 <3; 5>
đứng	Đ1	-237	-194	-271	+260	+310	116 <4;7>	-508 <3;5>
	Đ2	+948	+776	+1084	-1150	-1150	2032 <3;5>	-374 <4;7>

§4.3. Xác định tiết diện thanh dàn

1. Chiều dài tính toán của các thanh dàn

Chiều dài tính toán trong mặt phẳng dàn l_x và ngoài mặt phẳng dàn l_y của các thanh dàn phẳng được lấy theo bảng 4.2 và các công thức 4.14, 4.15, 4.16.



Hình 4.12. Đồ giải Crêmona với tải trọng gió của dàn vì kèo cho ví dụ 4.1

Trường hợp thanh cánh dàn làm việc ngoài mặt phẳng dàn có hai trị số nội lực nén như hình 4.13c, $N_1 > N_2$, thì chiều dài tính toán l_y xác định như sau:

Nếu tiết diện thanh không đổi và chiều dài $a_1 = a_2 = l_1/2$ thì tính l_y theo công thức

$$l_y = (0{,}75 + 0{,}25\, N_2/N_1)\, l_1 \qquad (4.14)$$

Nếu các đoạn chứa N_1, N_2 có $J_{y1} \neq J_{y2}$ hoặc $a_1 \neq a_2$ (J_{y1}, J_{y2} và a_1, a_2 là mômen quán tính của tiết diện ngoài mặt phẳng dàn và chiều dài hình học của các đoạn thanh tương ứng) thì l_y xác định cho từng đoạn theo công thức

$$l_{1y} = \mu_1 a_1;\ l_{2y} = \mu_2 a_2 \quad , \qquad (4.15)$$

trong đó

$$\mu_1 = \sqrt{[\mu^2_{12} + \mu_{11}(\beta - 1)]/\beta}\ ;\ \mu_2 = \mu_1/\alpha_1;$$

$$\alpha_1 = \frac{a_2}{a_1}\sqrt{J_{1y}/(J_{2y}\beta)};\quad \beta = \frac{P_1 + P_2}{P_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Các hệ số μ_{11}, μ_{12} lấy theo bảng 4.3 phụ thuộc vào các tỉ số J_{1y}/J_{2y} và a_2/a_1

Nếu $N_2 = P_2 = 0$ thì chiều dài tính toán chỉ xác định đối với đoạn có nội lực $N_1 = P_1$ theo công thức

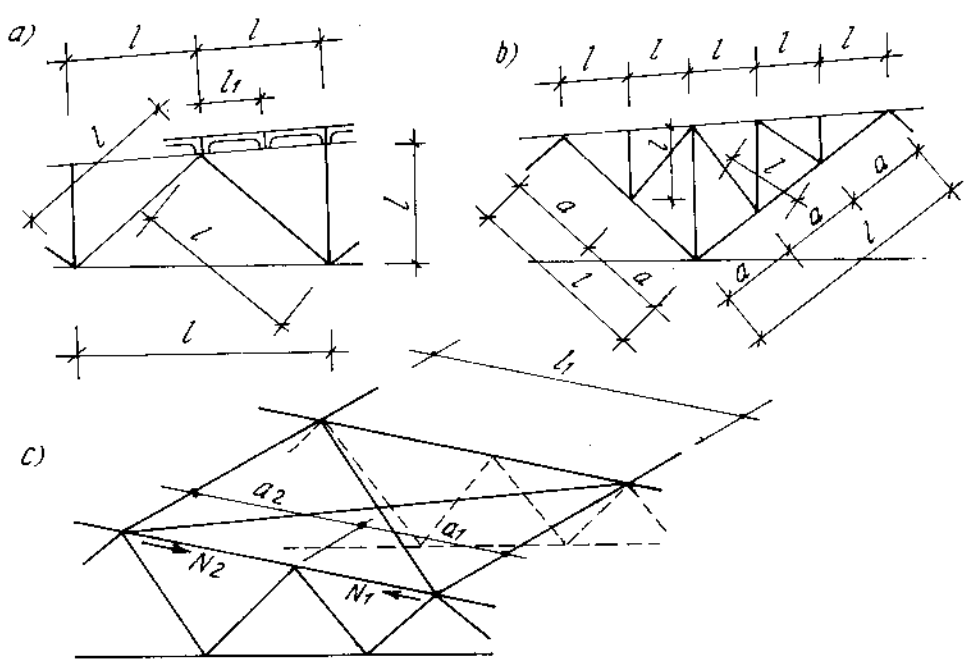
$$l_{1y} = \mu_{11} a_1 \qquad (4.16)$$

Trường hợp thanh bụng xiên được chia đôi bởi hệ phân nhỏ thì l_y của nó cũng xác định theo công thức 4.14 với việc thay l_1 thành l.

Bảng 4.2. **Chiều dài tính toán của các thanh dàn phẳng**

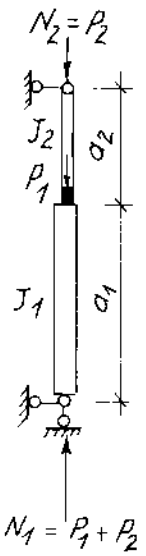
Loại thanh	Chiều dài tính toán	
	l_x	l_y
1. Thanh cánh	l	l_1
2. Thanh bụng (trừ các thanh ở điểm 3):		
- Thanh xiên và thanh đứng ở gối truyền phản lực gối tựa (trừ thanh xiên có hệ phân nhỏ)	l	l
- Các thanh bụng còn lại (trừ thanh xiên có hệ phân nhỏ)	$0,8l$	l
- Thanh xiên có hệ phân nhỏ	a	l
- Thanh dàn phân nhỏ khi		
liên kết với thanh xiên chính chịu kéo	$0,8l$	l
liên kết với thanh xiên chính chịu nén	l	l
3. Thanh bụng (trừ thanh đứng và xiên truyền phản lực gối tựa) của dàn từ những thép góc đơn và dàn có các thanh bụng nối đối đầu vào thanh cánh (nối chữ T)	$0,9l$	l

Chú thích: 1) l, a là khoảng cách các nút dàn, xem hình 4.13 a, b; l_1 là khoảng cách giữa hai điểm cố kết khôngcho cánh dàn dịch chuyển ra ngoài mặt phẳng dàn, xem hình 4.13 a,c.
2) Bảng 4.2. không dùng cho dàn có hệ thanh bụng chữ thập.



Hình 4.13. Hình dùng cho bảng 4.2

Bảng 4.3. **Hệ số chiều dài tính toán μ_{11} và μ_{12} đối với thanh tiết diện thay đổi, hai đầu liên kết khớp**

Sơ đồ	$\frac{a_2}{a_1}$	J_2/J_1								
		0,04	0,06	0,08	0,10	0,2	0,3	0,4	0,5	1,0
		Hệ số μ_{12} ($P_1 = 0$)								
	0,1	1,23	1,17	1,15	1,13	1,11	1,1	1,1	1,1	1,1
	0,2	2,0	1,7	1,55	1,45	1,32	1,25	1,23	1,22	1,2
	0,3	2,83	2,38	2,09	1,93	1,55	1,44	1,39	1,36	1,3
	0,4	3,62	2,99	2,64	2,4	1,86	1,66	1,56	1,5	1,41
	0,5	4,37	3,61	3,17	2,86	2,2	1,89	1,74	1,66	1,5
	0,6	5,07	4,2	3,65	3,31	2,5	2,14	1,94	1,84	1,6
	0,7	5,82	4,75	4,2	3,79	2,78	2,37	2,14	1,99	1,7
	0,8	6,55	5,32	4,62	4,2	3,08	2,6	2,31	2,15	1,8
	0,9	7,15	5,93	5,15	4,62	3,31	2,83	2,51	2,31	1,9
	1,0	7,85	6,4	5,62	5,0	3,66	3,02	2,71	2,47	2,0
	1,2	8,96	7,5	6,42	5,82	4,14	3,5	3,08	2,81	2,2
	1,4	10,3	8,5	7,3	6,63	4,73	3,93	3,44	3,12	2,4
	1,6	11,6	9,53	8,3	7,32	5,24	4,33	3,89	3,42	2,6
	1,8	12,6	10,5	9,0	8,07	5,77	4,77	4,13	3,75	2,8
	2,0	13,7	11,2	9,8	8,73	6,24	5,16	4,49	4,08	3,0
		Hệ số μ_{11} ($P_2 = 0$)								
	0,1	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01
	0,2	1,04	1,04	1,04	1,04	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
	0,3	1,29	1,16	1,12	1,1	1,07	1,07	1,06	1,06	1,06
	0,4	1,68	1,48	1,34	1,23	1,15	1,12	1,11	1,11	1,1
	0,5	2,23	1,87	1,67	1,54	1,28	1,21	1,18	1,17	1,15
	0,6	2,74	2,28	2,0	1,83	1,45	1,33	1,28	1,25	1,2
	0,7	3,21	2,66	2,35	2,14	1,64	1,48	1,39	1,34	1,25
	0,8	3,7	3,05	2,68	2,44	1,84	1,63	1,52	1,44	1,32
	0,9	4,2	3,45	3,02	2,74	2,05	1,79	1,64	1,55	1,39
	1,0	4,63	3,84	3,34	3,02	2,26	1,94	1,77	1,66	1,46
	1,2	5,52	4,55	3,98	3,58	2,64	2,25	2,03	1,89	1,61
	1,4	6,3	5,24	4,55	4,06	3,02	2,56	2,28	2,09	1,75
	1,6	7,15	5,95	5,15	4,63	3,39	2,83	2,54	2,33	1,89
	1,8	7,85	6,55	5,72	5,06	3,7	3,11	2,73	2,53	2,03
	2,0	8,75	7,15	6,2	5,57	4,02	3,35	3,0	2,74	2,17

2. Cấu tạo thanh và nút

a) Những yêu cầu cấu tạo chung của dàn

- Trục các thanh dàn phải hội tụ tại tâm các nút. Trục này trong dàn hàn là trục đi qua trọng tâm tiết diện thanh (làm tròn đến 5mm), trong dàn bulông là trục của hàng bulông

gần sống thép góc nhất. Đối với thanh cánh dàn hàn khi thay đổi tiết diện là trục trung bình giữa hai trục trọng tâm của hai thanh hoặc là trục trọng tâm của thanh lớn. Sự lệch trục của thanh cánh khi thay đổi tiết diện sinh ra mômen uốn, mômen này phải tính đến khi độ lệch trục của thanh vượt quá 1,5% bề cao tiết diện thanh.

- Ở các dàn nhịp $L \leq 24$m, thanh cánh không thay đổi tiết diện. Khi 24m $< L \leq 36$m, để tiết kiệm vật liệu cần đổi tiết diện thanh cánh một lần, sao cho hợp với nội lực trong các thanh. Thép góc nhỏ nhất dùng trong dàn là L50 x 50. Bề dày các thép góc dùng trong dàn không nhỏ hơn 5mm. Thông thường trong một dàn không dùng quá 6 - 8 loại thép.

- Mối nối thanh dàn được thực hiện bằng thép góc tương đương hoặc bằng thép bản. Nối bằng thép góc thực hiện được khi các thép góc cần nối có cùng bề dày, nối tại tâm nút. Nối bằng thép bản được thực hiện cách tâm nút một khoảng 300 - 500mm về phía thanh có nội lực nhỏ. Tại chỗ nối thanh cánh, khe hở giữa các đầu mút của thanh không nhỏ hơn 50mm.

- Các thanh dàn gồm hai thép góc phải có các miếng đệm liên kết hai thép góc đó. Các miếng đệm này đặt cách nhau không quá $40r_1$ với thanh nén, $80r_1$ với thanh kéo (r_1 là bán kính quán tính của một thép góc đối với trục trọng tâm của nó song song với mặt phẳng dàn). Đồng thời mỗi một thanh giữa hai nút liên kết không cho thanh di chuyển ra ngoài mặt phẳng của dàn phải có ít nhất hai miếng đệm. Miếng đệm có bề dày bằng bề dày bản mã, bề rộng bằng 60 - 100mm, bề dài không nhỏ hơn bề rộng bản cánh thép góc ghép vào bản đệm cộng với 20 - 30mm.

- Các thép góc cánh có bề dày nhỏ hơn 10mm trực tiếp đỡ các tấm mái bêtông cốt thép cỡ lớn phải hàn gia cường cánh thép góc (tại chỗ liên kết với tấm mái) bằng bản thép dày 10 - 12mm phủ hết bề rộng của hai thép góc cánh.

- Bề dày bản mã được chọn theo nội lực lớn nhất trong các thanh bụng (thanh xiên ở gối tựa), lấy theo bảng 4.4. Dàn chỉ dùng một loại bề dày bản mã. Đối với dàn nhịp lớn, để tiết kiệm, cho phép thay đổi bề dày các bản mã, nhưng độ chênh lệch bề dày các bản mã ở các nút lân cận nhau không được quá 4mm. Bản mã phải đảm bảo chứa được hết các đường hàn liên kết các thanh vào nó và có hình dáng đơn giản dễ chế tạo. Cạnh bản mã ở bên thanh bụng phải hợp với trục thanh bụng một góc $\alpha \geq 15^0$, sao cho tiết diện nguy hiểm nhất của bản mã đủ khả năng chịu lực và phù hợp với sự truyền lực từ thanh bụng sang bản mã, không gây nguy hiểm cho mối hàn và bản mã (hình 4.23a).

- Các thanh liên kết vào bản mã bằng đường hàn góc cạnh, chiều dài các đường hàn không nhỏ hơn 40mm, chiều cao tiết diện các đường hàn không nhỏ hơn 4mm. Với thanh bụng các đường hàn nên kéo trùm sang đầu mút thanh 20mm. Khoảng hở giữa thanh bụng và thanh cánh ở nút dàn hàn có bản mã không nhỏ hơn $a = 6\delta$ - 20mm và không lớn hơn 80mm (δ là bề dày bản mã, mm).

- Các dàn nhịp trên 36m phải làm độ vồng ngược bằng độ võng do tải trọng thường xuyên và tải trọng tạm thời dài hạn. Trong các mái bằng, độ vồng cấu tạo của dàn mái (không phụ thuộc vào trị số của nhịp) lấy bằng độ võng do tổng tải trọng tiêu chuẩn cộng với 1/200 nhịp.

Bảng 4.4. **Bề dày bản mã của dàn**

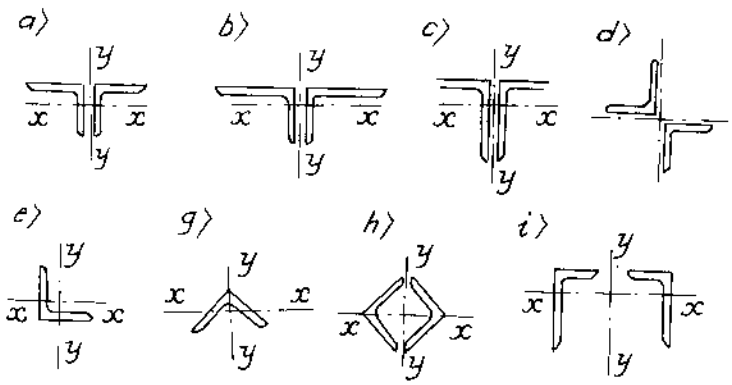
Nội lực lớn nhất trong thanh bụng, kN	Dưới 150	151 đến 250	251 đến 400	401 đến 600	601 đến 1000	1001 đến 1400	1401 đến 1800	1801 đến 2200	2201 đến 2600	2601 đến 3000
Bề dày bản mã, mm	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25

b) Các dạng tiết diện thanh dàn

Hình 4.14 cho một số dạng tiết diện thanh dàn làm bằng thép góc, trong đó trục y - y

nằm trong mặt phẳng dàn, trục x - x vuông góc với mặt phẳng dàn.

Khi chọn dạng tiết diện thanh dàn cần cố gắng đảm bảo sự làm việc theo phương trong và ngoài mặt phẳng dàn gần như nhau (ví dụ, thanh nén đúng tâm chọn sao cho có $\lambda_x \approx \lambda_y$). Đồng thời phải đảm bảo bề rộng nhô ra của cánh đủ để liên kết với các kết cấu khác (như mái lợp panen, bề rộng cánh thép góc đỡ panen không được nhỏ hơn 90mm), đảm bảo độ cứng tổng thể ngoài mặt phẳng dàn nhất là khi vận chuyển, dựng lắp.



Hình 4.14. Tiết diện thanh dàn bằng thép góc

Tiết diện thanh cánh có thể dùng cả ba dạng a, b, c. Dạng b thích hợp cho trường hợp $l_y = 2l_x$. Dạng c thích hợp với trường hợp $l_y = l_x$, hoặc khi có uốn cục bộ, nhưng cũng làm giảm độ cứng của dàn ngoài mặt phẳng khi vận chuyển dựng lắp. Dạng a dùng được cho mọi trường hợp một cách tương đối hợp lý, nên được áp dụng rộng rãi nhất.

Thanh bụng có $l_x = 0{,}8\, l_y$ nên tiết diện hợp lý là dạng a, trừ thanh xiên đầu dàn có $l_x = l_y$ thì luôn luôn là dạng c. Khi có hệ thanh bụng chia nhỏ thì tiết diện dạng b là thích hợp.

Tiết diện chữ thập dạng d áp dụng cho thanh đứng giữa dàn, thuận tiện cho việc liên kết hệ giằng đứng trung tâm.

Tiết diện một thép góc e, g dùng cho thanh dàn (cánh hay bụng) có nội lực nhỏ. Tiết diện e liên kết vào một bên bản mã, không đối xứng, nên khi tính toán phải dùng hệ số điều kiện làm việc $\gamma = 0{,}75$ và dùng bán kính quán tính nhỏ nhất r_{min} của tiết diện.

Tiết diện hộp (h) tận dụng khả năng của vật liệu nhưng cũng sử dụng hạn chế vì khó phòng gỉ cho mặt trong. Tiết diện hai thành (i) là của loại dàn nặng, ít gặp trong kết cấu nhà công nghiệp, dùng dạng này khi thanh có l_y lớn cần giảm λ_y.

3. Tính thanh kéo đúng tâm

Diện tích cần thiết của tiết diện thanh xác định theo công thức:

$$A_{ct} = N/\gamma R. \tag{4.17}$$

Khi trên thanh có sự giảm yếu thì A_{ct} lấy tăng lên 10÷15%.

Bán kính quán tính yêu cầu của tiết diện thanh xác định theo công thức

$$r_{xyc} = l_x/[\lambda];\ r_{yyc} = l_y/[\lambda]. \tag{4.18}$$

Từ A_{ct}, r_{xyc}, r_{yyc} tra bảng thép chọn được tiết diện thanh sao cho $A \geq A_{ct}$, $r_x \geq r_{xyc}$, $r_y \geq r_{yyc}$. Sau đó kiểm tra lại theo công thức

$$\sigma = \frac{N}{A_{th}} \leq \gamma R. \tag{4.19}$$

Trong các công thức 4.17, 4.18 và 4.19, N là lực dọc tính toán của thanh; R - cường độ tính toán của thép; l_x và l_y - chiều dài tính toán của thanh ở trong mặt phẳng dàn và ở

ngoài mặt phẳng dàn; γ - hệ số điều kiện làm việc của thanh lấy theo bảng I.4 phụ lục I, $\gamma = 1$ đối với thanh kéo của các dàn thường; $[\lambda]$- độ mảnh giới hạn của thanh lấy theo bảng I.5 phụ lục I; A_{th}- diện tích thực của tiết diện nguy hiểm của thanh (còn gọi là diện tích tiết diện thu hẹp, diện tích đã trừ đi phần giảm yếu).

Khi trong các bảng thép không cho thông số r_y, thì căn cứ vào A_{ct} và r_{xyc} để chọn ra tiết diện thanh tương tự như trên. Khi đó ngoài việc kiểm tra lại tiết diện theo điều kiện 4.19, còn phải kiểm tra về độ mảnh theo công thức

$$\lambda_{max} \leq [\lambda], \tag{4.20}$$

trong đó λ_{max}- độ mảnh lớn trong hai độ mảnh $\lambda_x = l_x/r_x$ và $\lambda_y = l_y/r_y$ (r_x và r_y là bán kính quán tính của tiết diện thanh đối với các trục chính x và y của nó - xem hình 4.14), với dạng tiết diện hình 4.14a, b, c, d bán kính quán tính r_y được tính theo công thức

$$r_y = \sqrt{r_{yo}^2 + (z_o + 0{,}5\delta)^2}, \tag{4.21}$$

trong đó r_{yo}- bán kính quán tính của một thép góc đối với trục y_o của nó song song với trục y; z_o- khoảng cách từ trục y_o đến sống thép góc; δ- bề dày bản mã.

Ví dụ 4.2. Xác định tiết diện thanh cánh dưới của dàn vì kèo. Thanh thường xuyên chịu kéo, có nội lực tính toán $N = 80930$ daN. Bản mã của vì kèo dày $\delta = 10$mm. Hệ số điều kiện làm việc của thanh $\gamma = 1$. Chiều dài tính toán của thanh $l_x = 6$m, $l_y = 18$m. Dùng thép mác BCT3Cп2. Tiết diện nguy hiểm nhất của thanh có hai lỗ Φ19.

Với thép hình BCT3Cп2 có $R = 2250$ daN/cm^2. Theo công thức 4.17 có $A_{ct} = 80930/2250 = 35{,}97$cm^2.

Tra bảng I.5 phụ lục I có $[\lambda] = 400$. Theo công thức 4.18 thì $r_{xyc} = 600/400 = 1{,}5$cm và $r_{yyc} = 1800/400 = 4{,}5$cm.

Dựa vào A_{ct}, r_{xyc}, r_{yyc} tra bảng IV.1 phụ lục IV chọn được thanh gồm 2L 125 x 8 ghép dạng chữ T, có $A = 2.19{,}7 = 39{,}4$cm$^2 > A_{ct}$; $r_x = 3{,}87$cm $> r_{xyc}$, $r_y = 5{,}46$cm $> r_{yyc}$. Vậy không phải kiểm tra lại theo công thức 4.20 (điều kiện về độ mảnh).

$$A_{th} = A - A_{lỗ} = 39{,}4 - 2.1{,}9.0{,}8 = 36{,}36\text{cm}^2.$$

Kiểm tra lại tiết diện theo điều kiện bền:

$$\sigma = N/A_{th} = 80930/36{,}36 = 2226 \text{ daN/cm}^2;$$

$$\sigma = 2226 \text{ daN/cm}^2 < R.\gamma = 2250 \text{ daN/cm}^2.$$

Vậy tiết diện đã chọn đạt yêu cầu.

4. Tính thanh nén đúng tâm

Diện tích cần thiết của tiết diện thanh xác định theo công thức

$$A_{ct} = N/(\varphi R\gamma), \tag{4.22}$$

trong đó hệ số uốn dọc φ tra bảng II.1 phụ lục II theo độ mảnh λ_{gt} tự cho trước, $\lambda_{gt} = 60 \div 120$ với thanh cánh, $\lambda_{gt} = 100 \div 150$ với thanh bụng, φ cũng có thể xác định theo các công thức 4.24, 4.25, 4.26; N, R, γ như đã nêu ở công thức 4.19, $\gamma = 0{,}8$ đối với thanh bụng chịu nén chính (trừ thanh ở gối) tiết diện dạng chữ T ghép từ hai thép góc.

Các bán kính quán tính yêu cầu r_{xyc}, r_{yyc} xác định theo công thức 4.18, trong đó độ mảnh giới hạn $[\lambda]$ lấy theo thanh chịu nén tương ứng ở bảng I.5 phụ lục I.

Dựa vào A_{ct}, r_{xyc}, r_{yyc}, tra bảng thép chọn được tiết diện thanh có diện tích A thích hợp và có $r_x \geq r_{xyc}$, $r_y \geq r_{yyc}$. Kiểm tra lại tiết diện đã chọn: Đã có diện tích tiết diện A_{ng}, các bán kính quán tính r_x, r_y, trong đó với dạng tiết diện chữ T ghép từ hai thép góc thì r_y phụ thuộc vào bề dày bản mã, nếu trong bảng thép không cho r_y thì tính r_y theo công thức 4.21. Tính $\lambda_x = l_x/r_x$, $\lambda_y = l_y/r_y$ suy ra λ_{max} là độ mảnh lớn hơn trong hai độ mảnh λ_x, λ_y. Từ λ_{max} tra bảng II.1 phụ lục I được φ_{min} hoặc tính φ_{min} theo các công thức 4.24, 4.25, 4.26. Kiểm tra ứng suất của thanh theo công thức:

$$N/(\varphi_{min}A_{ng}) \leq R\gamma. \tag{4.23}$$

Khi $0 < \bar{\lambda} \le 2,5$, hệ số uốn dọc xác định theo công thức

$$\varphi = 1 - (0,073 - 5,53\,R/E)\,\bar{\lambda}\sqrt{\bar{\lambda}} \qquad (4.24)$$

khi $2,5 < \bar{\lambda} \le 4,5$

$$\varphi = 1,47 - 13R/E - (0,371 - 27,3R/E)\bar{\lambda} + (0,0275 - 5,53R/E)\bar{\lambda}^2. \qquad (4.25)$$

khi $\bar{\lambda} > 4,5$

$$\varphi\lambda = \frac{332}{(51 - \bar{\lambda})\bar{\lambda}^2} \qquad (4.26)$$

trong đó $\bar{\lambda}$ là độ mảnh qui ước

$$\bar{\lambda} = \lambda\sqrt{R/E} \qquad (4.27)$$

Khi trên thanh có giảm yếu tiết diện, cần kiểm tra tiết diện bị giảm yếu theo công thức 4.19.

Do tiết diện đã chọn có $r_x \ge r_{xyc}$ và $r_y \ge r_{yyc}$ (r_{xyc} và r_{yyc} xác định theo 4.18 với $[\lambda]$ của thanh nén) nên không phải kiểm tra về độ mảnh theo công thức 4,20.

Khi thanh nén có $\alpha = N/\varphi_{min} A_{ng} R < 1$ cho phép lấy độ mảnh giới hạn:

đối với thanh cánh và thanh xiên, thanh đứng trực tuyến phản lực gối tựa khi

$0,5 \le \alpha < 1$, $[\lambda] = 180 - 60\alpha$;

$\alpha < 0,5$, $[\lambda] = 150$.

đối với thanh bụng (trừ thanh trực tiếp truyền phản lực gối tựa) khi

$0,5 \le \alpha < 1$, $[\lambda] = 210 - 60\alpha$;

$\alpha < 0,5$, $[\lambda] = 180$.

Ví dụ 4.3. Chọn tiết diện thanh xiên đầu dàn chịu nén N_1, N_2 như hình 4,15. Bản mã dày 12mm. Thép dùng loại BCT3KП2 có $R = 2250$ daN/cm^2 với thép hình.

Tiết diện thanh không đổi, dạng chữ T ghép từ hai thép góc.

Chiều dài tính toán xác định cho từng đoạn như sau: trong mặt phẳng dàn $l_{1x} = 170$cm; $l_{2x} = 200$cm; ngoài mặt phẳng dàn l_{1y} và l_{2y} xác định theo công thức 4.15, trong đó $a_2/a_1 = 200/170 \approx 1,177$, $J_1/J_2 = 1$, tra bảng 4.3 được $\mu_{12} \approx 2,177$, $\mu_{11} = 1,592$; $\beta = N_1/N_2 = 57000/53000 \approx 1,076$;

$$\alpha_1 = \frac{a_2}{a_1}\sqrt{\frac{J_1}{J_2\beta}} = \frac{200}{170}\sqrt{\frac{53}{57}} = 1,134\ ;$$

$$\mu_1 = \sqrt{[\mu_{12}^2 + \mu_{11}(\beta - 1)]/\beta} = \sqrt{(2,177^2 + 1,592.0,076)/1,076} \approx 2,125$$

$\mu_2 = \mu_1/\alpha_1 = 2,125/1,134 \approx 1,873$.

Vậy $l_{1y} = \mu_1 a_1 = 2,125.170 \approx 361,3$cm; $l_{2y} = \mu_2 a_2 = 1,873.200 \approx 374,6$cm.

Giả thiết $\lambda_{max} = \lambda_{gt} = 80$ tra bảng II.1 phụ lục II (nội suy theo R) có $\varphi = 0,704$. Vậy có $A_{ct} = 57000/(0,704.2250) \approx 36$cm^2.

Thanh có $\gamma = 1$, $[\lambda] = 120$

$r_{xyc} = \frac{200}{120} = 1,67$cm; $r_{yyc} = \frac{374,6}{120} \approx 3,12$cm.

Tiết diện dạng chữ T bằng hai thép góc không đều cạnh ghép cánh nhỏ. Từ A_{ct}, r_{xyc}, r_{yyc} tra bảng IV.2 phụ lục IV chọn được tiết diện thanh là 2L140 x 90 x 8 có

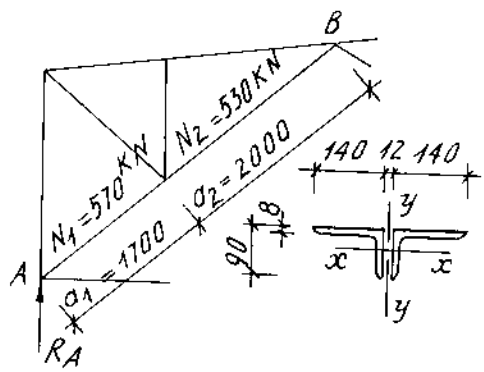
$A = 2.18 = 36$cm^2 $= A_{ct}$; $r_x = 2,58$cm $> r_{xyc}$; $r_y = 6,79$cm $> r_{yyc}$,

Vậy đảm bảo về yêu cầu độ mảnh.

Kiểm tra lại tiết diện về khả năng chịu lực:

- Với đoạn 1 (đoạn có N_1)

$\lambda_{1y} = l_{1y}/r_y = 361,3/6,79 \approx 53$;



Hình 4.15. Hình của ví dụ 4.3

$\lambda_{1x} = l_{1x}/r_x = 170/2,58 \approx 66 = \lambda_{1max}$, tra bảng II.1 phụ lục II theo $\lambda = 66$ và $R = 2250$ daN/cm^2 (nội suy theo λ và R) được $\varphi_{min} \approx 0,784$; vậy có

$$\frac{N_1}{\varphi_{min} A_{ng}} = \frac{57000}{0,784.36} \approx 2020 \text{ daN/cm}^2 < R = 2250 \text{ daN/cm}^2$$

- Với đoạn 2 (đoạn có N_2)

$\lambda_{2y} = 374,6/6,79 \approx 55$; $\lambda_{2x} = 200/2,58 \approx 77,5 = \lambda_{2max} < [\lambda]$

Tra bảng được $\varphi_{min} = 0,719$ và có

$$\frac{N_2}{\varphi_{min} A_{ng}} = \frac{53000}{0,719.39} \approx 2025 \text{ daN/cm}^2 < R = 2250 \text{ daN/cm}^2$$

Tiết diện đã chọn đạt yêu cầu.

5. Tính thanh nén uốn

Tiết diện chịu lực hợp lý là dạng c hình 4.14, song đôi khi dùng dạng a hoặc b hình 4.14 do yêu cầu độ cứng ngoài mặt phẳng dàn hoặc để liên kết các cấu kiện vào nó. Mômen uốn tác dụng đối với trục x của tiết diện thanh.

Việc chọn tiết diện tiến hành theo các bước sau:

- Giả thiết $\lambda_x = 50 - 80$ và tính được $\bar{\lambda} = \lambda_x \sqrt{R/E}$,
- Tính độ lệch tâm tương đối $m = e/\rho_x$, có thể lấy gần đúng $\rho_x \approx r_x = l_x/\lambda_x$, do đó có $m = e\lambda_x/l_x = M\lambda_x/N l_x$,
- Sơ bộ lấy hệ số η kể đến ảnh hưởng của hình dạng tiết diện tới sự phát triển biến dạng dẻo, khi cánh chữ T bị nén do M:

$\eta = 1,45 \div 1,65$ với tiết diện dạng c hình 4.14;

$\eta = 1,8 \div 2,4$ với tiết diện dạng a hình 4.14;

$\eta = 2 \div 3,75$ với tiết diện dạng b hình 4.14,

khi cánh chữ T bị kéo do M:

$\eta = 1 \div 1,25$ với tiết diện dạng c hình 4.14;

$\eta = 1 \div 1,49$ với tiết diện dạng a hoặc b hình 4.14,

- Tính độ lệch tâm tính đổi $m_1 = \eta m$,
- Từ m_1, $\bar{\lambda}$ tra bảng II.2 phụ lục II được hệ số φ_{lt} và có diện tích sơ bộ của tiết diện là

$$A_{sb} = N/(\varphi_{lt} R\gamma). \quad (4.28)$$

Với dạng tiết diện đã được ấn định và dựa vào A_{sb}, tra bảng thép hình chọn ra tiết diện thích hợp và có các đặc trưng hình học chính xác của tiết diện A_{ng}, J_x, r_x, r_y.

Việc kiểm tra lại tiết diện tiến hành theo các bước sau:

- Tính λ_x, $\bar{\lambda}_x$, $m = M A_{ng}/N J_x y$, $m_1 = \eta m$, trong đó y là khoảng cách từ trọng tâm tiết diện đến thớ chịu nén nhiều nhất; η lấy theo bảng II.4 phụ lục II.
- Từ m_1, $\bar{\lambda}_x$ tra bảng được φ_{lt} và kiểm tra khả năng chịu lực trong mặt phẳng uốn của thanh theo công thức

$$\frac{N}{\varphi_{lt} A_{ng}} \le R\gamma. \quad (4.29)$$

- Kiểm tra khả năng chịu lực ngoài mặt phẳng uốn (thanh tiết diện hình 4.14a, b, c, i) khi $\lambda_y > \lambda_x$, theo công thức

$$N/(\varphi_y A_{ng}) \le R\gamma, \quad (4.30)$$

trong đó φ_y tra bảng II.1 phụ lục II theo λ_y.

- Độ mảnh lớn nhất của thanh phải đảm bảo điều kiện theo công thức 4.20.

Kết quả chọn tiết diện thanh dàn nên tổng kết thành bảng, như bảng II.5a, phụ lục II

§4.4. Tính toán các chi tiết của dàn

Các nút dàn cấu tạo theo các yêu cầu nêu ở điểm 2 §4.1. Ở đây trình bày việc tính toán đối với nút dàn hàn.

Các thanh dàn liên kết vào bản mã bằng các đường hàn góc ở sống và ở mép, đối với thanh bụng có thể hàn vòng quanh (hàn cả ở đầu thép góc). Đường hàn góc liên kết các thanh dàn vào bản mã phải đảm bảo các yêu cầu cấu tạo: $h_{hmin} \le h_h \le h_{hmax}$; $l_{hmin} \le l_h \le l_{hmax}$; $h_{hmax} = 1,2\,\delta_{min}$ (δ_{min} là chiều dày của thép mỏng nhất; h_h- chiều cao đường hàn, l_h- chiều dài đường hàn), với đường hàn ở mép thép góc khi bề dày cánh thép góc $\delta_g \ge 5$mm thì $h_{hmax} = 0,9\delta_g$; $\delta_g < 5$mm thì $h_{hmax} = \delta_g$, h_{hmin} lấy theo bảng 4.5; $l_{hmin} = 4h_h$ và $l_{hmin} = 40$mm (lấy giá trị nào lớn hơn), $l_{hmax} = 85\beta_h h_h$ (chỉ xét đối với đường hàn góc cạnh).

Việc tính toán đường hàn liên kết thanh dàn vào bản mã được tiến hành theo thứ tự: chọn trước h_h dựa theo yêu cầu cấu tạo rồi xác định l_h theo công thức

$$l_h \ge \frac{N_h}{\gamma . h_h (\beta R_g)_{min}} + 1\text{cm}, \qquad (4.31)$$

trong đó N_h- lực dọc do đường hàn chịu; $(\beta R_g)_{min}$- giá trị nhỏ trong hai giá trị $\beta_h R_{gh}$ và $\beta_t R_{gt}$; $\beta_h = 0,7$ và $\beta_t = 1$ khi hàn tay, R_{gh},R_{gt} lấy theo bảng I.1 phụ lục I.

Bảng 4.5. **Chiều cao tối thiểu của đường hàn góc (h_{hmin})**

Phương pháp hàn	Giới hạn chảy của thép, daN/cm^2	h_{hmin}(mm), khi bề dày cấu kiện được hàn mỏng nhất (δ, mm):						
		4÷5	6÷10	11÷16	17÷22	23÷32	33÷40	41÷80
Tự động và bán tự động	<4300	3	4	5	6	7	8	9
	4300÷5800	4	5	6	7	8	9	10
Tay	<4300	4	5	6	7	8	9	10
	4300÷5800	5	6	7	8	9	10	12

Chú thích: Khi $\sigma_c > 5800$ daN/cm^2 hoặc khi $\delta > 80$mm, h_{hmin} xác định theo các yêu cầu kỹ thuật riêng.

1. Nút không có nối thanh cánh

Các đường hàn liên kết thanh bụng vào bản mã được tính với nội lực tính toán N của nó. Liên kết có hai đường hàn ở sống và hai đường hàn ở mép thép góc (thanh bụng là hai thép góc ghép hình chữ T), mỗi đường hàn chịu một phần của N như sau

với đường hàn sống $N_s = kN/2$ (4.32)

với đường hàn mép $N_m = (1-k)N/2$ (4.33)

Các đường hàn liên kết thanh cánh vào bản mã tính với hiệu số nội lực (Δ_N) của hai thanh cánh hai bên nút $\Delta_N = N_1 - N_2$, (4.34)

trong đó N_1, N_2- giá trị lực dọc của hai thanh cánh, không mang dấu, chúng cùng kéo hoặc cùng nén, $N_1 > N_2$. Nếu N_1 và N_2 ngược dấu thì trong công thức 4.34 thay dấu "-" thành dấu "+".

Nếu $\Delta_N = 0$, trong tính toán lấy $\Delta_N = 0,1N_1$.

Nếu tại nút có lực tập trung P (h.4.15) đặt vào thanh cánh, xem như P chia đều cho các đường hàn liên kết thanh cánh với bản mã, gồm hai đường hàn sống và hai đường hàn mép (thanh cánh là hai thép góc ghép hình chữ T). Nội lực trong mỗi đường hàn xác định như sau:

với đường hàn sống $$N_s = \frac{1}{2}\sqrt{(k\Delta_N \pm 0,5P\sin\alpha)^2 + (0,5P\cos\alpha)^2} \qquad (4.35)$$

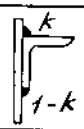
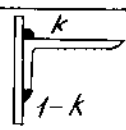
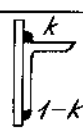
với đường hàn mép $N_m = \frac{1}{2}\sqrt{[(1-k)\Delta_N \pm 0{,}5P\sin\alpha]^2 + (0{,}5P\cos\alpha)^2}$ (4.36)

Trong hai biểu thức 4.35, 4.36 lấy dấu " + " khi Δ_N cùng chiều với $P\sin\alpha$ và ngược lại. α là góc giữa lực P và phương vuông góc với trục thanh cánh (xem hình 4.15), khi $tg\alpha \le 1/8$ có thể xem như $\alpha \approx 0$. Trong các công thức 4.32, 4.33, 4.35 và 4.36, k là hệ số phân phối lực dọc của thép góc cho đường hàn liên kết sống thép góc với bản mã, xác định theo công thức

$$k = 1 - \frac{z_o}{b} \qquad (4.37)$$

trong đó b- bề rộng bản cánh ghép vào bản mã của thép góc; z_o- khoảng cách từ trục trọng tâm tiết diện thép góc vuông góc với bản mã đến sống thép góc. Hệ số k có thể lấy gần đúng theo bảng 4.6.

Bảng 4.6. **Hệ số phân phối lực dọc của thép góc cho đường hàn sống và đường hàn mép**

Loại thép góc		Đều cạnh	Không đều cạnh	
			ghép cánh nhỏ	ghép cánh lớn
Dạng liên kết				
Hệ số	k	0,7	0,75	0,65
	$1-k$	0,3	0,25	0,35

Thực tế bản mã khá dài nên có chiều dài đường hàn liên kết thanh cánh vào bản mã lớn, do vậy bề cao đường hàn h_h nên chọn nhỏ sao cho tiết kiệm được que hàn mà vẫn đảm bảo điều kiện chịu lực và yêu cầu cấu tạo. Cũng có thể dùng đường hàn gián đoạn.

Ví dụ 4.4. Tính toán nút trung gian của dàn cho ở hình 4.16, thép BCT3 кП2, σ_B = 3650 daN/cm^2. Bản mã có δ = 6mm. Hàn thủ công.

Với loại thép như vậy dùng que hàn Э42, tra bảng I.1 phụ lục I có R_{gt} = 1650 daN/cm^2, R_{gh} = 1800 daN/cm^2. Hàn tay nên có $\beta_h = 0{,}7$, $\beta_t = 1$, $\beta_h R_{gh} = 0{,}7.1800 =$ = 1260 daN/cm^2, $\beta_t R_{gt} = 1.1650 = 1650$ daN/cm^2; vậy $(\beta R_g)_{min} = 1260$ daN/cm^2.

Chọn $h_{hs} = h_{hm} = 4$mm.

Liên kết thanh X_3 vào bản mã gồm một đường hàn sống và một đường hàn mép, hệ số điều kiện làm việc $\gamma = 0{,}75$.

$$N_s = kX_3 = (1 - \frac{z_o}{b})X_3 = (1 - \frac{1{,}42}{5})\ 1087 \approx 778 \text{ daN};$$

$$N_m = (1-k)X_3 = \frac{z_o}{b}X_3 = \frac{1{,}42}{5}\ 1087 \approx 309 \text{ daN}.$$

Theo 4.31 có

$$l_{hs} = \frac{N_s}{\gamma h_{hs}(\beta R_g)_{min}} + 1\text{cm} = \frac{778}{0{,}75.0{,}4.1260} + 1 \approx 3\text{cm}.$$

Như vậy tất cả các đường hàn sống và mép liên kết X_2 và X_3 vào bản mã có chiều dài lấy theo cấu tạo $l_h \ge 40$mm, ($4h_h = 4.4 = 16 < 40$mm).

Liên kết thanh cánh vào bản mã gồm hai đường hàn sống và hai đường hàn mép, $\gamma = 1$:

$\Delta_N = T_2 - T_3 = 8839 - 7478 = 1361$ daN; $k = 1 - \frac{1,05}{4,5} = \frac{3,45}{4,5}$; $1 - k = \frac{1,05}{4,5}$;

$\sin\alpha = \frac{1,85}{7,725}$; $\cos\alpha = \frac{7,5}{7,725}$;

$$N_s = \frac{1}{2}\sqrt{(\frac{3,45}{4,5}\ 1361 - 0,5.508.\ \frac{1,85}{7,725})^2 + (0,5.508\ \frac{7,5}{7,725})^2} = 507 \text{ daN};$$

$$N_m = \frac{1}{2}\sqrt{(\frac{1,05}{4,5}\ 1361 - 0,5.508\ \frac{1,85}{7,725})^2 + (0,5.508\ \frac{7,5}{7,725})^2} = 178 \text{ daN};$$

$l_{hs} = \frac{507}{1.0,4.1260} + 1 = 2$cm, như vậy tất cả các đường hàn sống và mép có chiều dài lấy theo cấu tạo $l_h \geq 40$mm.

2. Nút có nối thanh cánh

Cách nối thanh cánh thông dụng hiện nay là nối bằng bản thép. Cách này áp dụng linh hoạt và được qui ước tính toán như sau:

Lực tính toán của mối nối

$$N_q = 1,2\,N_2, \qquad (4.38)$$

trong đó 1,2 - hệ số an toàn; N_2 - nội lực nhỏ hơn trong hai thanh cánh được nối với nhau ($N_2 \leq N_1$). Diện tích tiết diện nối qui ước là

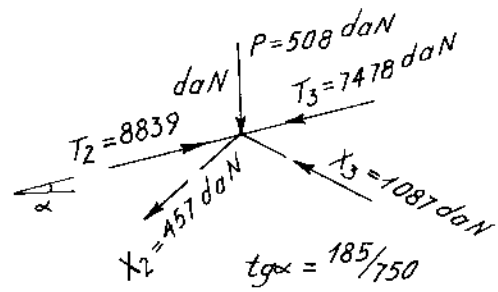
$$A_q = 2A_{gh} + A_{bm}, \qquad (4.39)$$

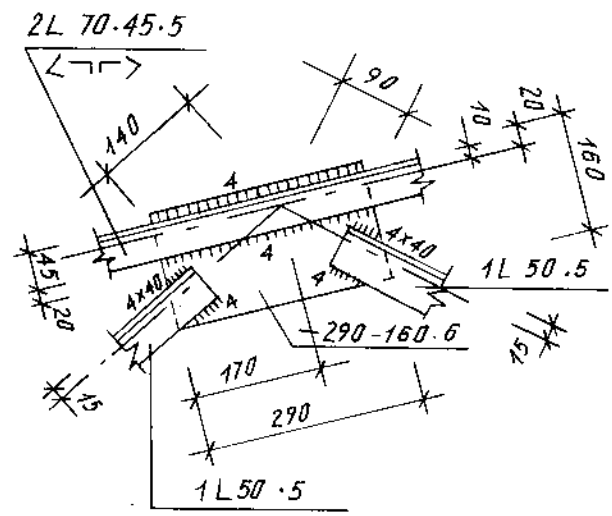
Trong đó $2A_{gh}$ - diện tích tiết diện của hai bản thép nối (gọi là bản ghép hoặc bản nối); A_{bm} - phần diện tích tiết diện bản mã coi như tham gia truyền lực N_q, $A_{bm} = 2b\delta_{bm}$; b- bề rộng bản cánh hàn vào bản mã của thép góc (có lực N_2); δ_{bm}- bề dày bản mã.

Bản ghép được kiểm tra ứng suất theo công thức

$$\sigma_q = N_q/A_q \leq R \qquad (4.40)$$

Các đường hàn liên kết bản ghép vào thanh cánh tính theo nội lực $N_{gh} = \sigma_q A_{gh}$ (4.41)





Hình 4.16. Hình của ví dụ 4-4 <nút trung gian>

Các đường hàn liên kết thanh cánh vào bản mã được tính toán với phần nội lực của mỗi thanh cánh truyền vào bản mã, qui ước như sau:

Đối với các đường hàn liên kết thanh bé vào bản mã là

$$N_{bm2} = 1{,}2N_2 - 2N_{gh} \leq 1{,}2N_2/2. \quad (4.42)$$

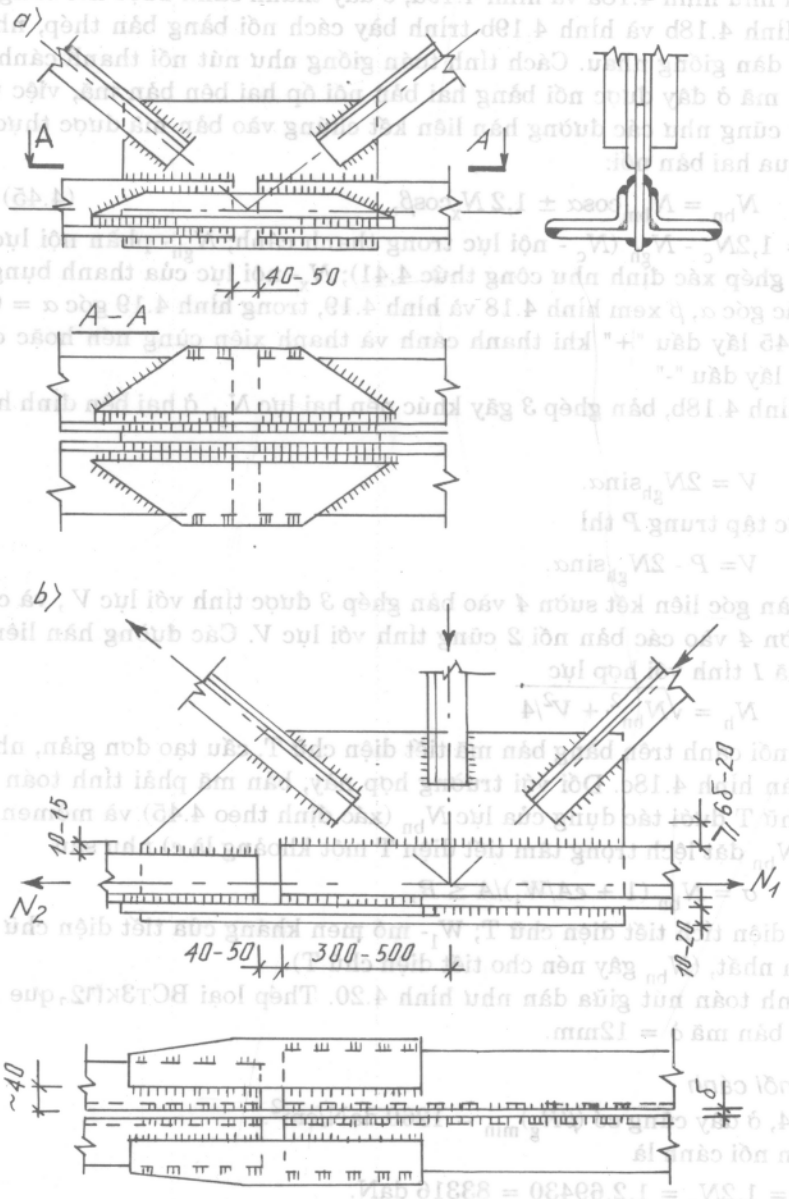
Đối với các đường hàn liên kết thanh lớn (có N_1) vào bản mã

$$N_{bm1} = 1{,}2\,N_1 - 2N_{gh} \leq 1{,}2N_1/2. \quad (4.43)$$

Trường hợp thanh lớn có lực tập trung P thì các đường hàn liên kết thanh này vào bản mã được tính với lực

$$N_{bm} = \sqrt{(N_{bm1} \pm P\sin\alpha)^2 + (P\cos\alpha)^2}, \quad (4.44)$$

trong đó dấu "±" và góc α như đã nêu ở công thức 4.35 và 4.36.



Hình 4.17. Nút trung gian có nối thanh cánh:
a) nối bằng thép góc; b) nối bằng bản ghép

Nếu thanh bé (có N_2) có lực tập trung P thì cũng tính tương tự. Khi hai thép góc cần nối có cùng bề dày, có thể nối bằng thép góc tương đương (gọi là thép góc nối). Đường hàn liên kết thép góc nối vào thanh cánh được tính với lực dọc ở thanh nhỏ (N_2). Thép

góc nối phải có diện tích tiết diện bằng hoặc lớn hơn thép góc của thanh cánh có N_2. Các đường hàn liên kết bản mã vào thanh cánh được tính toán như trường hợp thanh cánh liền.

3. Nút nối dàn ở hiện trường

Khi chế tạo trong nhà máy, dàn được chia thành từng đoạn phù hợp với điều kiện giao thông vận chuyển. Việc nối dàn được thực hiện tại hiện trường. Thông thường các nút đỉnh và nút giữa dưới là những nút khuếch đại hai nửa dàn tại hiện trường. Mối nối có thể thực hiện như hình 4.18a và hình 4.19a, ở đây thanh cánh được nối bằng thép góc tương đương. Hình 4.18b và hình 4.19b trình bày cách nối bằng bản thép, như vậy có cấu tạo hai nửa dàn giống nhau. Cách tính toán giống như nút nối thanh cánh đã trình bày ở trên. Bản mã ở đây được nối bằng hai bản nối ốp hai bên bản mã, việc tính toán các bản nối này cũng như các đường hàn liên kết chúng vào bản mã được thực hiện với nội lực truyền qua hai bản nối:

$$N_{bn} = N_{bm}\cos\alpha \pm 1{,}2\,N_x\cos\beta, \qquad (4.45)$$

trong đó $N_{bm} = 1{,}2N_c - N_{gh}$ (N_c - nội lực trong thanh cánh; N_{gh}- phần nội lực từ cánh truyền qua bản ghép xác định như công thức 4.41); N_x- nội lực của thanh bụng xiên tại nút đang xét; các góc α, β xem hình 4.18 và hình 4.19, trong hình 4.19 góc $\alpha = 0$.

Biểu thức 4.45 lấy dấu "+" khi thanh cánh và thanh xiên cùng nén hoặc cùng kéo, còn ngược nhau lấy dấu "-"

Ở nút đỉnh hình 4.18b, bản ghép *3* gãy khúc nên hai lực N_{gh} ở hai bên đỉnh hợp thành lực thẳng đứng

$$V = 2N_{gh}\sin\alpha. \qquad (4.46)$$

nếu ở đỉnh có lực tập trung P thì

$$V = P - 2N_{gh}\sin\alpha. \qquad (4.47)$$

Các đường hàn góc liên kết sườn *4* vào bản ghép *3* được tính với lực V , và các đường hàn liên kết sườn *4* vào các bản nối *2* cũng tính với lực V. Các đường hàn liên kết bản nối 2 vào bản mã *1* tính với hợp lực

$$N_h = \sqrt{N_{bn}^2 + V^2/4} \qquad (4.48)$$

Cũng có thể nối cánh trên bằng bản mã tiết diện chữ T, cấu tạo đơn giản, như trường hợp nút đỉnh dàn hình 4.18c. Đối với trường hợp này, bản mã phải tính toán kiểm tra theo tiết diện chữ T dưới tác dụng của lực N_{bn} (xác định theo 4.45) và mômen lệch tâm $M_e = N_{bn}e$ (do N_{bn} đặt lệch trọng tâm tiết diện T một khoảng là e) như sau

$$\sigma = N_{bn}\,(1 + eA/W_1)/A \le R, \qquad (4.49)$$

trong đó A- diện tích tiết diện chữ T; W_1- mô men kháng của tiết diện chữ T đối với thớ chịu nén lớn nhất, (N_{bn} gây nén cho tiết diện chữ T).

Ví dụ 4.5. Tính toán nút giữa dàn như hình 4.20. Thép loại BCT3KΠ2, que hàn Э42, hàn tay. Bề dày bản mã δ = 12mm.

a) Tính toán nối cánh

Như ví dụ 4.4, ở đây cũng có $(\beta R_g)_{min}$ = 1260 daN/cm^2.

Lực tính toán nối cánh là

$$N_q = 1{,}2N_c = 1{,}2.69430 = 83316 \text{ daN}.$$

Chọn bản ghép có tiết diện 250 x 10, vậy diện tích qui ước của mối nối là

$$A_q = 25.1 + 2.1{,}2.11 = 51{,}4\text{cm}^2.$$

Ứng suất qui ước trên tiết diện nối qui ước là

$$\sigma_q = N_q/A_q = 83316/51{,}4 = 1620 \text{ daN/cm}^2.$$

Lực truyền qua bản ghép: $N_{gh} = 1620.25.1 = 40500$ daN.

Tổng chiều dài đường hàn liên kết bản ghép với thép góc cánh là (chọn $h_h = 6$mm)

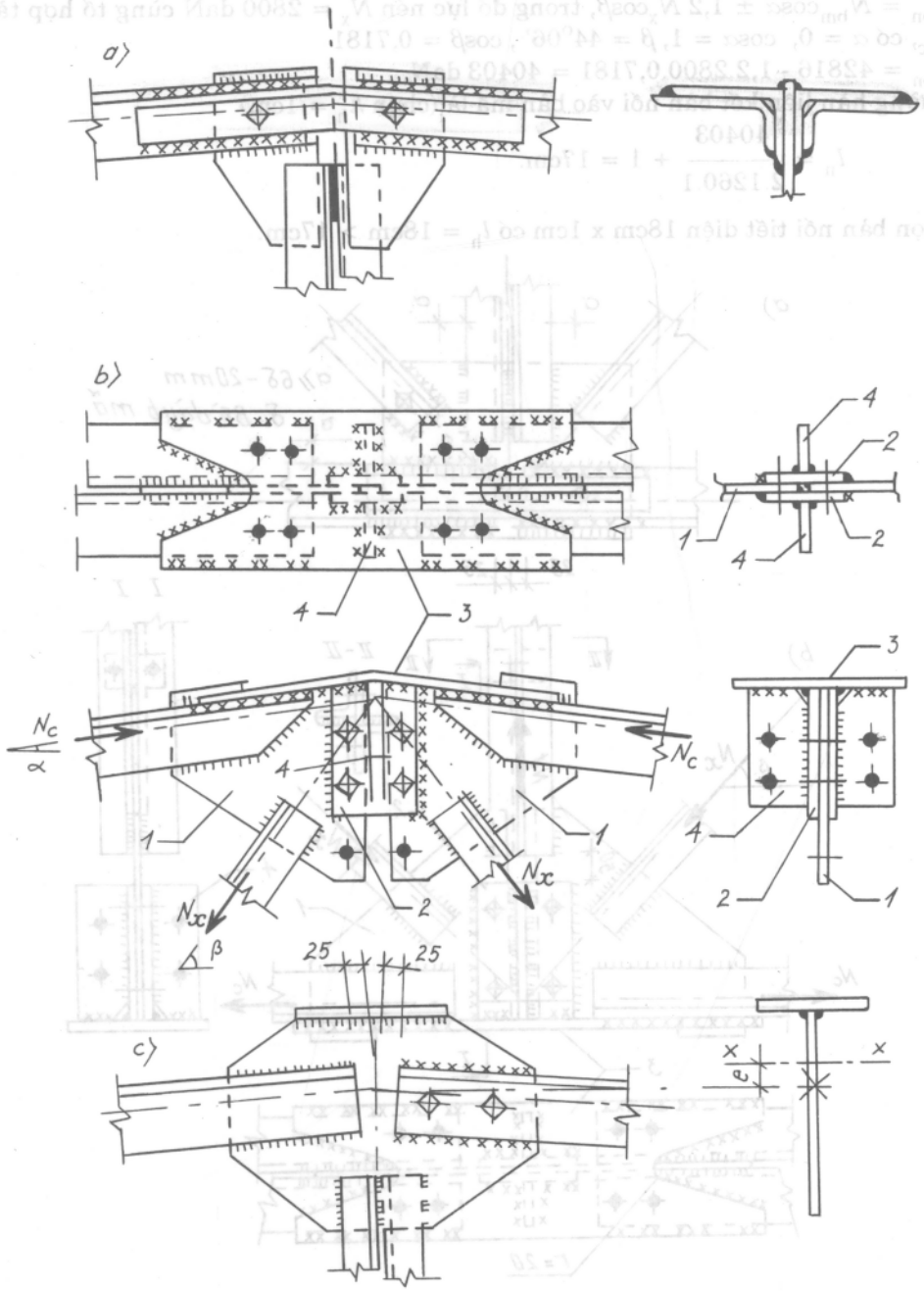
$$\Sigma l_h = \frac{40500}{1260.0,6} + 4 = 57,6\text{cm}.$$

Lấy đường hàn như hình 4.20 có

$$\Sigma l_h = 2(13 + 17) = 60\text{cm} > 57,6\text{cm}.$$

Lực truyền qua bản mắt

$$N_{bm} = N_q - N_{gh} = 83316 - 40500 = 42816 \text{ daN} > 0,5N_q = 41658 \text{ daN}.$$



Hình 4.18. Nút đỉnh dàn

Tổng chiều dài đường hàn liên kết thép góc cánh với bản mã là (chọn h_h = 6mm)

$$\Sigma l_h = \frac{42816}{1260.0,6} + 4 = 60,6\text{cm}.$$

Lấy đường hàn như hình 4.20 có

$$\Sigma l_h = 2(10 + 22) = 64 > 60,6\text{cm}.$$

b) Tính nối bản mã

Lực truyền qua hai bản nối

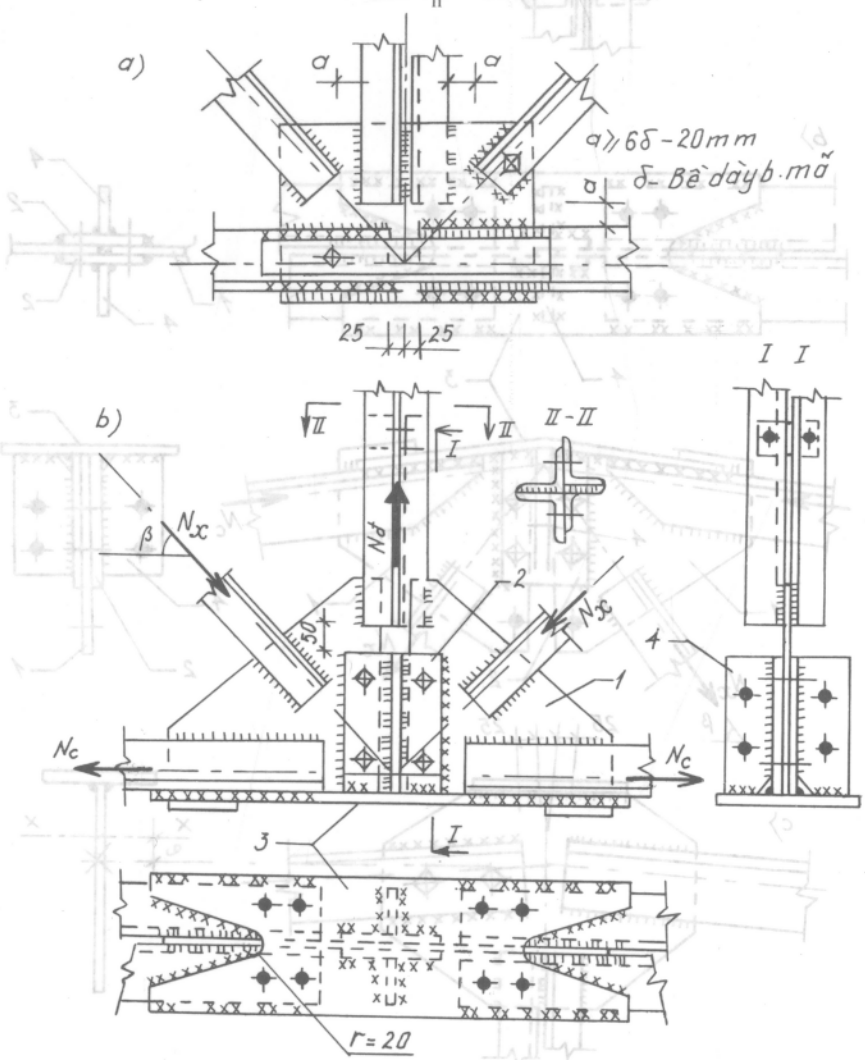
$N_{bn} = N_{bm}\cos\alpha \pm 1,2\, N_x\cos\beta$, trong đó lực nén N_x = 2800 daN cùng tổ hợp tải trọng với N_c, có $\alpha = 0$, $\cos\alpha = 1$, $\beta = 44^o06'$, $\cos\beta = 0,7181$

$N_{bn} = 42816 - 1,2.2800.0,7181 = 40403$ daN.

Đường hàn liên kết bản nối vào bản mã là (chọn h_h = 1cm)

$$l_n = \frac{40403}{2.1260.1} + 1 = 17\text{cm}.$$

Chọn bản nối tiết diện 18cm x 1cm có l_h = 18cm > 17cm.

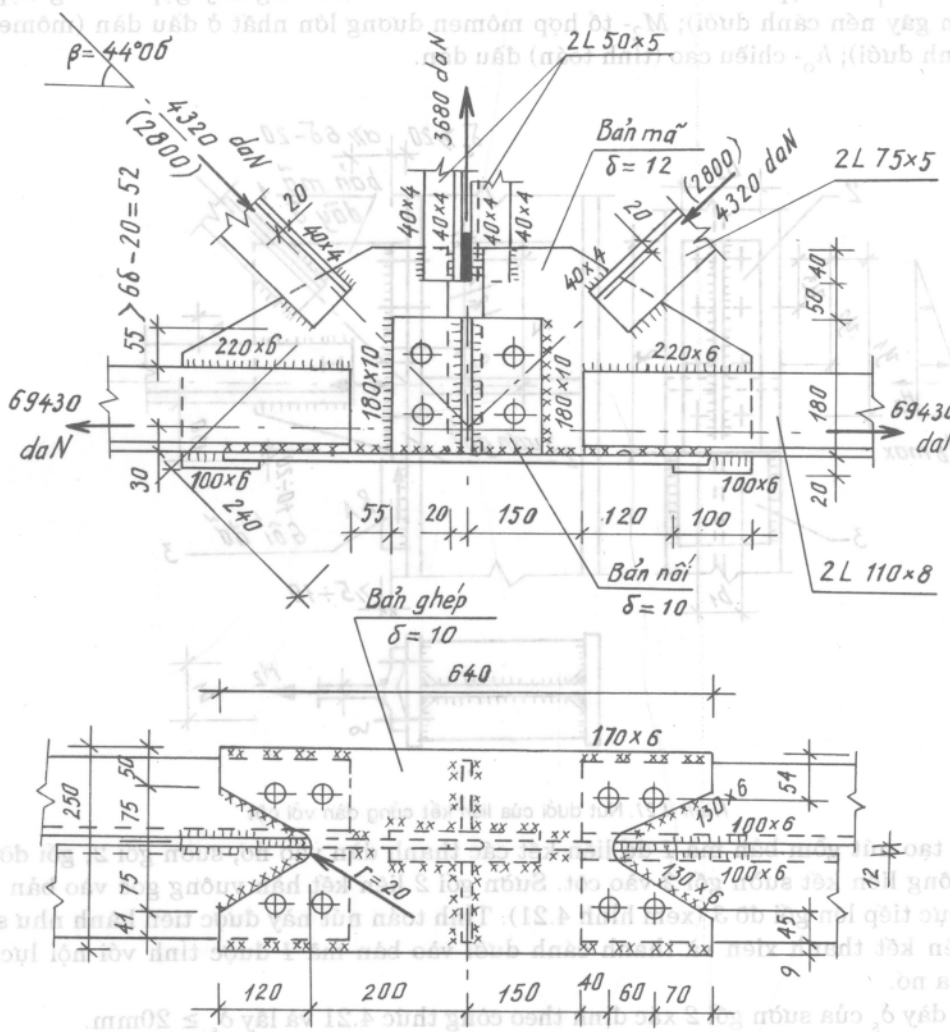


Hình 4.19. Nút giữa dưới

Kiểm tra cường độ của bản nối:

Bản nối có hai lỗ bulông Φ 20 vậy có

$$\sigma = \frac{N_{bn}}{2A_{bnth}} = \frac{40403}{2[18.1 - 2(2.1)]} = 1443 \text{ daN/cm}^2 < R = 2150 \text{ daN/cm}^2.$$



Hình 4.20. Hình của ví dụ 4.5

c) Tính liên kết thanh bụng vào bản mã. Với thanh xiên N_x = 4320 daN có chiều dài một đường hàn sống là (chọn h_h = 4mm)

$$l_{hs} = \frac{0,7.4320}{2.1260.0,4} + 1 = 4\text{cm} = l_{hmin}.$$

Vậy các đường hàn còn lại cả của thanh đứng (N_d = 3680 daN) đều lấy $l_h \geq 40$mm, h_h = 40mm.

4. Nút liên kết dàn với cột

a) Dàn liên kết cứng với cột

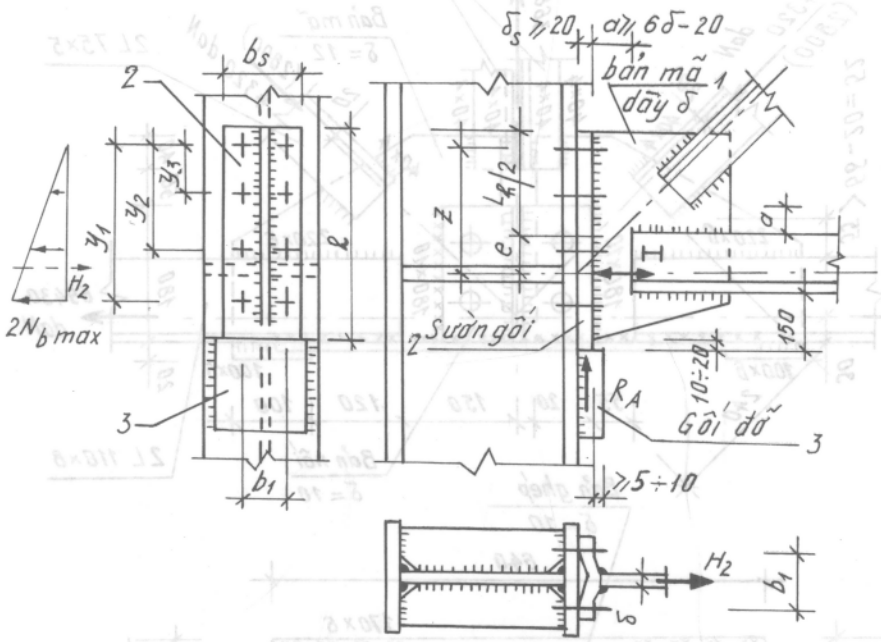
Dàn liên kết cứng với cột bằng hai nút dưới và trên ở đầu dàn.

• *Nút dưới*: nút này có cấu tạo như hình 4.21. Đó là nút chính, truyền phản lực gối tựa

của dàn gồm R_A là phản lực đứng ở đầu dàn và lực ngang H do mômen đầu dàn gây ra. Lực H là một trong hai lực sau

$$H_1 = M_1/h_o; H_2 = M_2/h_o, \qquad (4.20)$$

trong đó M_1- tổ hợp mômen âm lớn nhất ở đầu dàn (thường hay gặp trường hợp này, mômen gây nén cánh dưới); M_2- tổ hợp mômen dương lớn nhất ở đầu dàn (mômen gây kéo cánh dưới); h_o- chiều cao (tính toán) đầu dàn.



Hình 4.21. Nút dưới của liên kết cứng dàn với cột

Cấu tạo nút gồm bản mã *1* để liên kết các thanh dàn vào nó, sườn gối *2*, gối đỡ *3* và các bulông liên kết sườn gối *2* vào cột. Sườn gối *2* liên kết hàn vuông góc vào bản mã *1* và tỳ trực tiếp lên gối đỡ *3* (xem hình 4.21). Tính toán nút này được tiến hành như sau

- Liên kết thanh xiên và thanh cánh dưới vào bản mã *1* được tính với nội lực tính toán của nó.

- Bề dày δ_s của sườn gối *2* xác định theo công thức 4.21 và lấy $\delta_s \geq 20$mm.

$$\delta_s \geq \frac{R_A}{b_s R_{emd}}, \qquad (4.21)$$

trong đó R_A- phản lực (đứng) gối tựa của dàn; b_s- bề rộng của sườn gối *2*; R_{emd}- cường độ ép mặt tỳ đầu của vật liệu thép làm sườn gối *2* và gối đỡ *3*.

Khi tồn tại H_2 thì sườn gối *2* làm việc như bản dầm chịu uốn có liên kết ngàm tại hai hàng bulông đứng. Do vậy, δ_s cần phải đảm bảo điều kiện

$$\delta_s \geq 0{,}5\sqrt{3b_1H_2/(lR)}, \qquad (4.22)$$

trong đó b_1- khoảng cách hai hàng bulông đứng (hình 4.21); l- chiều dài của sườn gối (h.4.21); R- cường độ tính toán của vật liệu thép làm sườn gối.

Tiết diện sườn gối được đảm bảo ổn định cục bộ như bản cánh của cột đặc tiết diện tổ hợp dạng chữ H có $\bar{\lambda} \leq 0{,}8$ theo điều kiện

$$\frac{b_s}{\delta_s} \leq 0{,}44\sqrt{E/R}. \qquad (4.23)$$

- Hai đường hàn liên kết bản mã *1* vào sườn gối *2* chịu R_A, H_{max} (lực có trị số lớn nhất trong H_1 và H_2) và mômen lệch tâm $M_e = H_{max}e$, e là khoảng cách từ lực H đến giữa chiều dài đường hàn (h.4.21). Bề cao tiết diện đường hàn theo điều kiện chịu lực là

$$h_h \geq \frac{1}{2\gamma l_h (\beta R_g)_{min}} \sqrt{H_{max}^2 \left(1 + \frac{6e}{l_h}\right)^2 + R_A^2}. \qquad (4.24)$$

- Bulông liên kết sườn gối *2* vào cột tính với lực H_2 làm tách sườn gối ra khỏi cột. Có thể sơ bộ chọn trước số bulông (khoảng 6 - 8 cái) và bố trí (dựa theo yêu cầu cấu tạo) thành hai hàng đứng (h.4.21). Lực kéo lớn nhất trong bulông xa tâm quay nhất phải là

$$N_{bmax} = \frac{H_2 z y_1}{2\sum_{i=1}^{k} y_i^2} \leq \frac{\pi d_o^2}{4} R_{kbl} \qquad (4.25)$$

trong đó z, y_1, y_i- các khoảng cách xác định như hình 4.21.

Nếu trọng tâm vùng liên kết bulông trùng với điểm đặt lực H thì

$$N_{bmax} = \frac{H_2}{n} \leq \frac{\pi d_o^2}{4} R_{kbl}, \qquad (4.26)$$

trong đó n- số bulông liên kết.

Đường kính bulông được xác định theo công thức

$$d_o \geq \sqrt{\frac{4N_{bmax}}{\pi R_{kbl}}}, \qquad (4.27)$$

trong các công thức trên d_o- đường kính thân bulông đã trừ giảm yếu do ren.

Khi không có H_2 thì các bulông ở đây đặt theo cấu tạo thành hai hàng đứng, khoảng cách các bulông trên mỗi hàng không lớn hơn $8d$, khoảng cách từ bulông trên cùng đến mép trên sườn gối và từ bulông dưới cùng đến mép dưới sườn gối không nhỏ hơn $2d$ (d là đường kính lỗ, d lấy lớn hơn thân bulông 3 ÷ 5mm). Đường kính thân bulông cấu tạo thường là 20mm. Số lượng bulông cấu tạo không nên ít hơn 6.

- Các đường hàn liên kết gối đỡ *3* vào cột tính chịu $1,5R_A$. Có thể dùng hai đường hàn ở hai bên gối đỡ, hoặc dùng ba đường hàn gồm cả đường hàn ở mép dưới gối đỡ và hai đường hàn hai bên.

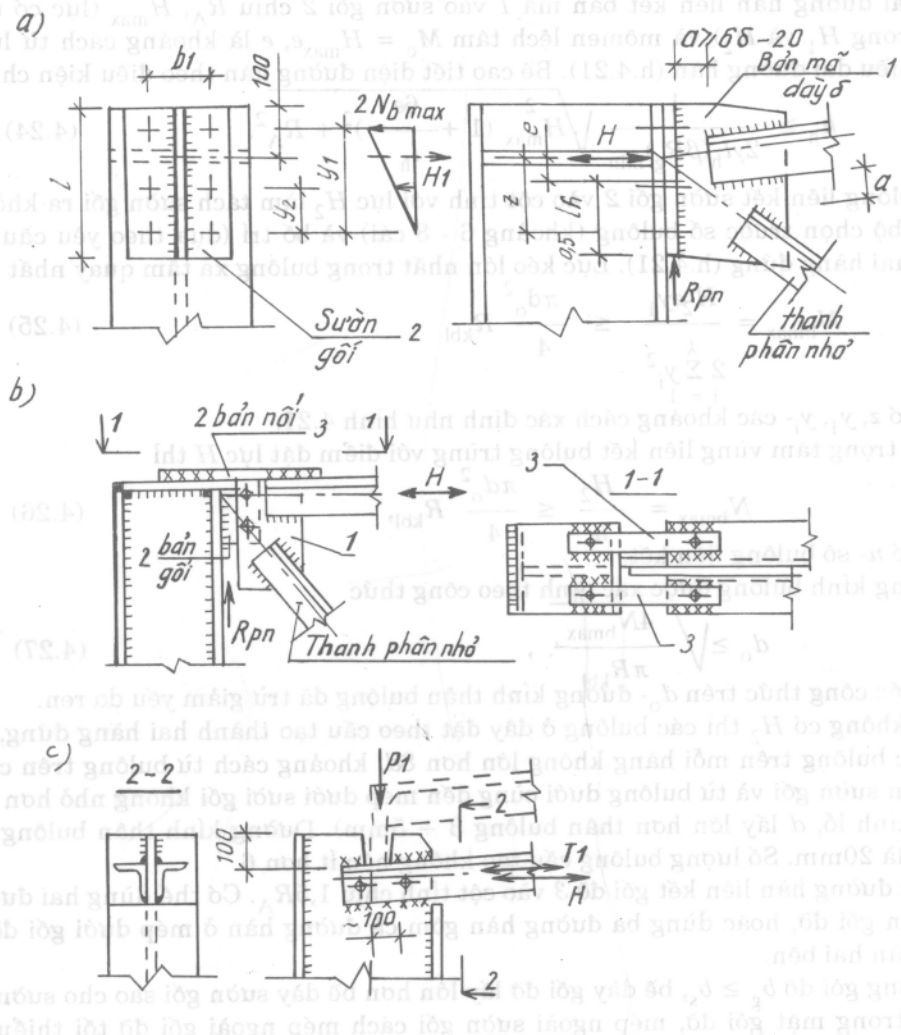
Bề rộng gối đỡ $b_g \geq b_s$, bề dày gối đỡ lấy lớn hơn bề dày sườn gối sao cho sườn gối đặt lọt vào trong mặt gối đỡ, mép ngoài sườn gối cách mép ngoài gối đỡ tối thiểu là 5 ÷ 10mm. Chiều dài gối đỡ phụ thuộc vào chiều dài đường hàn liên kết gối đỡ vào cột.

• ***Nút trên***: Nút này có cấu tạo như hình 4.22a.

Liên kết thanh dàn vào bản mã *1* tính với nội lực tính toán của nó.

Hai đường hàn góc liên kết sườn gối *2* vào bản mã *1* chịu H_{max} và $M_e = H_{max}e$ (e là khoảng cách từ lực H đến giữa đường hàn). Nếu tại nút có thanh xiên của dàn phân nhỏ thì hai đường hàn này còn chịu lực R_{pn} là phản lực thẳng đứng của dàn phân nhỏ. Bề cao tiết diện đường hàn này xác định theo công thức 4.24, trong đó thay lực R_A bằng lực R_{pn}.

Bề dày sườn gối *2* xác định theo 4.22, trong đó thay H_2 bằng H_1. Các bulông liên kết sườn gối *2* vào cột cũng tính tương tự như ở nút dưới, theo các công thức 4.25, 4.26, 4.27, trong đó thay H_2 bằng H_1. Số lượng bulông ở đây không ít hơn 4 (thường là 4 hoặc 6 cái). Khi lực kéo H_1 quá lớn có thể sử dụng cấu tạo như hình 4.22 b, c, như vậy khắc phục được số lượng bulông lớn cấu tạo nút cồng kềnh của phương án hình 4.22a. Trường hợp hình 4.22b các bản nối *3* và các đường hàn liên kết chúng vào mũ cột và vào thép góc cánh tính với lực H_1, còn bulông liên kết bản gối *2* với bản mã *1* lấy theo cấu tạo và chịu mômen lệch tâm H_1e, nếu như có dàn phân nhỏ thì các bulông này còn chịu phản lực của dàn phân nhỏ R_{pn}. Đường hàn liên kết bản gối *2* vào cánh cột cũng chịu H_1e và R_{pn} (nếu có). Trường hợp hình 4.22c các đường hàn liên kết thanh cánh vào bụng cột được tính với nội lực tính toán của thanh cánh và lực tập trung P_1 tại mối liên kết.



Hình 4.22. Nút trên đầu dàn liên kết cứng với cột

b) Dàn liên kết khớp với cột

Ở hình 4.23 a, b, c trình bày một số phương án cấu tạo đầu dàn liên kết khớp với cột (gối đỡ).

Đường hàn liên kết thanh cánh dàn vào bản mã *1* được tính với nội lực tính toán của thanh (kể cả lực tập trung P nếu có). Bản đế 2 truyền và phân bố lực R_A từ dàn lên bề mặt gối tựa, tính toán (như bản đế chân cột thép) theo các công thức 4.69, 4.70, 4.74 và 4.75. Bản đế thường có bề dày $\delta_d = 20 \div 25$mm. Với bản đế ở hình 4.23a nếu bề rộng thép góc đứng liên kết vào bản đế nhỏ thì bản đế tính toán và kiểm tra như bản côngxon ngàm ở bản mã *1*. Khi bề rộng thép góc đứng lớn chùm ra sát mép bản đế cũng như các cấu tạo là sườn đứng *3* ở hình 4.23 b, c thì bản đế tính toán và kiểm tra theo bản kê hai cạnh, nếu tỉ số $b_2/a_2 < 0,5$ thì tính như côngxon với nhịp tính toán là cạnh ngắn trong hai cạnh liên kết (không phải là b_2).

Đường hàn liên kết bản đế vào bản mã *1* và sườn *3* chịu phản lực gối tựa của dàn R_A và lực cắt Q ở đầu cột. Đường hàn liên kết sườn *3* hoặc thép góc đứng vào bản mã *1* xem như chịu toàn bộ R_A (như vậy thiên về an toàn). Các sườn *3* ở hình 4.23c được kiểm tra khả năng chịu lực như một thanh nén đúng tâm chịu lực nén R_A, có chiều dài tính toán l_o bằng chiều cao của sườn:

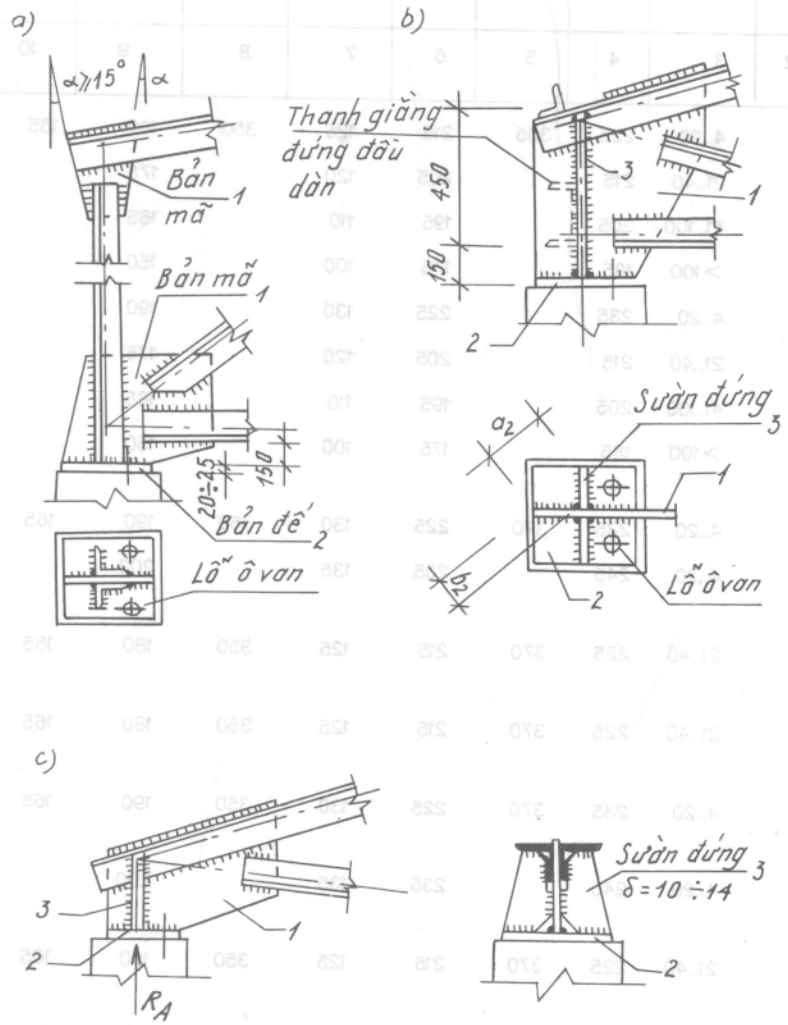
$$\sigma = \frac{R_A}{\varphi A} \le R, \qquad (4.28)$$

trong đó $A = A_s + A_{bm}$, $A_s = 2b_s\delta_s$; $A_{bm} = 2c_1\delta_{bm}$; $c_1 = 0{,}65\,\delta_{bm}\sqrt{E/R}$ (nếu bề rộng từ đầu mút bản mã đến sườn là $c_o < c_1$ thì $A_{bm} = (c_o + c_1)\delta_{bm}$); φ- hệ số uốn dọc xác định theo $\lambda_s = h_s/r_s$, $r_s = \sqrt{J_s/A}$, J_s là mômen quán tính của diện tích A tính với trục trọng tâm tiết diện nằm trong mặt phẳng bản mã. Trường hợp cấu tạo như hình 4.23b các sườn cũng kiểm tra theo 4.28, trong đó có thể lấy $\varphi = 1$ và λ_s ở đây rất nhỏ nhờ có hệ giằng đứng đầu dàn.

Các sườn *3* ở hình 4.23 b, c thường lấy bề dày $\delta_s = 10 \div 14$ mm. Kích thước tiết diện các sườn này phải đảm bảo ổn định cục bộ theo điều kiện

$$b_s/\delta_s \le (0{,}36 + 0{,}1\bar{\lambda})\sqrt{E/R}\ , \qquad (4.29)$$

trong đó $\bar{\lambda} = \lambda_s\sqrt{R/E}$, khi $\bar{\lambda} < 0{,}8$ lấy $\bar{\lambda} = 0{,}8$; $\bar{\lambda} > 4$ lấy $\bar{\lambda} = 4$, trường hợp cấu tạo như hình 4.23b lấy $\bar{\lambda} = 0{,}8$. Trong các cấu tạo ở hình 4.23, dàn được định vị vào đỉnh cột tối thiểu bằng hai bulông neo đường kính 22 ÷ 24mm. Ngoài nhiệm vụ định vị, các bulông này còn chịu lực cắt từ đỉnh cột truyền sang dàn cũng như thành phần lực ngang từ dàn sang cột. Khi gió bốc mái mà gây kéo cho cột thì các bulông này bị kéo bởi thành phần lực này.



Hình 4.23. Đầu dàn tựa khớp

PHỤ LỤC

PHỤ LỤC 1. NHỮNG TIÊU CHUẨN ĐỂ TÍNH TOÁN KẾT CẤU THÉP

Bảng 1.1. **Cường độ tính toán của thép và liên kết hàn**

Mác thép	Dạng cán	Bề dày, mm	Cường độ tiêu chuẩn, MPa		Cường độ tính toán, MPa			Cường độ tính toán của liên kết hàn, MPa		
			Giới hạn chảy	Giới hạn bền	R	R_c	R_b R_{emd}	R_h = =0,85R	R_{gt}	R_{gh}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ВСт3кп2	t	4...20	225	365	215	125	350	180	165	180
		21...40	215		205	120		175		
		41...100	205		195	110		165		
		>100	185		175	100		150		
	h	4...20	235		225	130		190		
		21...40	215		205	120		175		
		41..100	205		195	110		165		
		>100	185		175	100		150		
ВСт3пс6	t	4...20	235	370	225	130	350	190	165	180
	h	4...20	245		235	135		200		
ВСт3пс	t	21...40	225	370	215	125	350	180	165	180
ВСт3пс	t	21...40	225	370	215	125	350	180	165	180
ВСт3пс5	t	4...20	235	370	225	130	350	190	165	180
	h	4...20	245		235	135		200		
ВСт3Гпс	t	21...40	225	370	215	125	350	180	165	180
ВСт3Гпс5	t	4...20	235	370	225	130	350	190	165	180

Tiếp bảng I.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
09Г2	t	4...20	305	440	290	170	420	245	200	200
		21...32	295		280	160		240	200	
	h	4...20	305	440	290	170	420	245	200	200
		21...32	295		280	160		240	200	
09Г2С	t	4...9	345	490	330	190	465	280	220	240*
		10...20	325	470	310	180	450	265	210	215
		21...32	305	460	290	170	440	245	205	215
		33...60	285	450	270	155	430	230	200	200
		61...80	275	440	260	150	420	220	200	200
		81...160	265	430	250	145	410	210	195	200
14Г2	t	4...9	335	460	320	185	440	270	205	215
		10...32	325	450	310	180	430	265	200	200
	h	4...9	335	460	320	185	440	270	205	215
		10...32	325	450	310	180	430	265	200	200
15ХСНД	t	4...32	345	490	330	190	465	280	220	240*
	h	4...9	345	490	330	190	465	280	220	240*
		10...32	325	470	310	180	480	265	210	210
10ХСНД	t	4...32	390	530	355	205	480	300	240	240
		33...40	390	510	355	205	465	300	230	240
	h	4...15	390	530	355	205	480	300	240	240
16Г2АФ	δ	16...40	350	410	320	185	370	270	185	215*

Chú thích:

1) Ở cột 11 những giá trị có dấu "*" ứng với tỷ số β_t/β_h bằng 1.166; 1.25 và 1.428.

2) Ở cột 2 ký hiệu *t* là thép tấm, *h* là thép hình, *ô* là thép ống.

3) Khi dùng đơn vị kG/cm^2 thì chia giá trị trong bảng cho 0.0980665.

4) Khi tính đường hàn đối đầu chịu nén, lấy $R_h = R$.

5) Khi tính đường hàn đối đầu chịu kéo, mà đường hàn được kiểm tra chất lượng bằng phương pháp vật lý, lấy $R_h = R$.

6) Khi tính đường hàn đối đầu chịu cắt, lấy $R_{ch} = 0,58R$.

7) R là cường độ tính toán của thep cơ bản.

8) Cột 12 cho R_{gh} = 180 *MPa* với que hàn Э42, Э42А
R_{gh} = 200 " " Э46, Э46А
R_{gh} = 215 " " Э50, Э50А
R_{gh} = 240 " " Э60
R_{gh} = 280 " " Э70
R_{gh} = 340 " " Э85

Bảng I.2. **Cường độ tính toán chịu cắt và chịu kéo của bulông**

Trạng thái ứng suất	Ký hiệu	Cường độ tính toán của bulông (daN/cm^2) từ thép độ bền thuộc lớp					
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.6	8.8
Cắt	R_{cbl}	1500	1600	1900	2000	2300	3200
Kéo	R_{kbl}	1750	1600	2100	2000	2500	4000

Bảng I.3. **Cường độ ép mặt tính toán R_{embl} của liên kết bulông**

Cường độ tức thời tiêu chuẩn của thép cơ bản R_{btc}, daN/cm^2	Cường độ ép mặt tính toán R_{embl} (daN/cm^2) của bulông	
	thô và thường	tinh
3450	3400	3700
3650	3700	4050
3800	4000	4400
4000	4300	4750
4200	4600	5150
4400	4950	5550
4600	5300	5950

Bảng I.4. **Hệ số điều kiện làm việc**

Số tt	Các cấu kiện của kết cấu	γ
1	Dầm bụng đặc và các thanh chịu nén trong dàn của các sàn nhà hát, câu lạc bộ, rạph chiếu bóng, khán đài, cửa hàng, kho giữ sách và kho lưu trữ...,khi trọng lượng của sàn bằng hoặc lớn hơn tải trọng tạm thời	0,9
2	Cột của các nhà công cộng và của tháp nước	0,95
3	Các thanh bụng chịu nén chính (trừ thanh ở gối) tiết diện hình chữ T ghép từ hai thép góc của dàn mái (vì kèo) và dàn đỡ sàn khi độ mảnh ≥ 60	0,8
4	Dầm bụng đặc khi tính toán ổn định tổng thể	0,95
5	Các thanh căng, thanh kéo, thanh treo, thanh neo được làm từ thép cán	0,9
6	Các cấu kiện của kết cấu thanh ở mái và sàn	
	a) thanh chịu nén (trừ thanh tiết diện ống kín) khi tính toán ổn định	0,95
	b) thanh chịu kéo trong kết cấu hàn	0,95
	c) các thanh chịu kéo, nén và các bản ghép trong kết cấu bulông (trừ kết cấu dùng bulông cường độ cao) từ thép có giới chảy nhỏ hơn 440 *MPa* ($4500kG/cm^2$) chịu tải trọng tĩnh, khi tính toán về độ bền	0,95
7	Các cấu kiện tổ hợp: dầm bụng đặc, cột và các bản ghép bằng thép có giới hạn chảy nhỏ hơn 440 *MPa* chịu tải trọng tĩnh dùng liên kết bulông (trừ bulông cường độ cao) khi tính toán về độ bền	1,1
8	Tiết diện của các cấu kiện thép cán hoặc tổ hợp hàn và các bản ghép bằng thép có giới hạn chảy nhỏ hơn 440 *MPa* ở những chỗ nối dùng liên kết bulông (trừ bulông cường độ cao) chịu tải trọng tĩnh, khi tính toán về độ bền	
	a) dầm bụng đặc và cột	1,1
	b) kết cấu thanh của mái và sàn	1,05
9	Các thanh bụng chịu nén của kết cấu không gian rỗng, làm bằng một thép góc, được liên kết trên một cạnh (thép góc không đều cạnh là cạnh lớn) trực tiếp vào thanh cánh	
	a) bằng các đường hàn hoặc bằng hai bulông trở lên đặt dọc theo thép góc:	
	- đối với hệ không gian có các nút ở hai mặt tiếp giáp trùng nhau (trừ thanh xiên trong hệ bụng dạng chữ K)	0,9
	- thanh xiên của hệ bụng dạng chữ K	0,85
	- đối với hệ không gian có các nút ở hai mặt tiếp giáp không trùng nhau	0,8
	b) bằng một bulông (trừ trường hợp hệ bụng dạng chữ thập phức tạp), cũng như khi liên kết thanh bụng vào thanh cánh qua bản mã	0,75
	c) bằng một bulông đối với hệ bụng dạng chữ thập phức tạp	0,7
10	Các thanh chịu nén làm bằng một thép góc được liên kết trên một cạnh (cạnh nhỏ đối với thép không đều cạnh) trừ các trường hợp nêu ở điểm 9 của bảng	0,75

Chú thích: Các hệ số $\gamma < 1$ khi tính toán không xét cùng một lúc.

Bảng I.5. **Độ mảnh giới hạn** $[\lambda]$

Số t.t	Cấu kiện	$[\lambda]$ khi chịu nén	$[\lambda]$ khi chịu kéo do tải trọng		
			tĩnh	động, trực tiếp	cầu trục
1	Thanh cánh, thanh đứng và thanh xiên ở gối truyền lực gối tựa (của dàn phẳng, cấu kết không gian)	120	400	250	250
2	Các thanh bụng dàn phẳng (trừ thanh đứng và thanh xiên truyền phản lực gối tựa)	150	400	350	300
3	Các thanh bụng của kết cấu không gian, dùng liên kết hàn (trừ thanh đứng và xiên truyền phản lực gối tựa) khi:				
	$\alpha = N/(\varphi A_{ng}R) = 1$	150			
	$0,5 \leq \alpha < 1$	$210-60\alpha$			
	$\alpha < 0,5$	180			
4	Các thanh bụng của kết cấu không gian, dùng liên kết bulông (trừ thanh đứng và xiên truyền phản lực gối tựa)		400	350	300
	khi $\alpha = N/(\varphi A_{ng}R) = 1$	180			
	$0,5 \leq \alpha < 1$	$220-40\alpha$			
	$\alpha < 0,5$	200			
5	Cánh trên của dàn khi lắp ráp (không được gia cường)	220			
6	Cột chính	120			
7	Cột phụ (cột sườn tường, cửa mái...) và các thanh bụng của cột rỗng	150			
8	Các thanh giằng của hệ giằng đứng giữa các cột (ở dưới dầm cầu trục)	150	300	300	200
9	Các thanh giằng (trừ những thanh đã nêu ở điểm 8), các thanh cấu tạo để làm giảm chiều dài tính toán cho thanh khác và các thanh không chịu lực khác	200	400	400	300
10	Cánh dưới của dầm và dàn cầu trục				150

PHỤ LỤC II. NHỮNG SỐ LIỆU ĐỂ TÍNH TOÁN ỔN ĐỊNH

Bảng II.1. **Hệ số φ để tính ổn định của thanh nén đúng tâm**

Độ mảnh λ	Hệ số φ đối với các cấu kiện bằng thép có cường độ tính toán R, *MPa; (kG/cm²)*											
	200 (2050)	240 (2450)	280 (2850)	320 (3250)	360 (3650)	400 (4100)	440 (4500)	480 (4900)	520 (5300)	560 (5700)	600 (6100	640 (6550)
10	988	987	985	984	983	982	981	980	979	978	977	977
20	967	962	959	955	952	949	946	943	941	938	936	934
30	939	931	924	917	911	905	900	895	891	887	883	879
40	906	894	883	873	863	854	846	839	832	825	820	814
50	869	852	836	822	809	796	785	775	764	746	729	712
60	827	805	785	766	749	721	696	672	650	628	608	588
70	782	754	724	687	654	623	595	568	542	418	494	470
80	734	686	641	602	566	532	501	471	442	414	386	359
90	665	612	565	522	483	447	413	380	349	326	305	287
100	599	542	493	448	408	369	335	309	286	267	250	235
110	537	478	427	381	338	306	280	258	239	223	209	197
120	479	419	366	321	287	260	237	219	203	190	178	167
130	425	364	313	276	247	223	204	189	175	163	153	145
140	376	315	272	240	215	195	178	164	153	143	134	126
150	328	276	239	211	189	171	157	145	134	126	118	111
160	290	244	212	187	167	152	139	129	120	112	105	099
170	259	218	189	167	150	136	125	115	107	100	094	089
180	233	196	170	150	135	123	112	104	097	091	085	081
190	210	177	154	136	122	111	102	094	088	082	077	073
200	191	161	140	124	111	101	093	086	080	075	071	067
210	174	147	128	113	102	093	085	079	074	069	065	062
220	160	135	118	104	094	086	077	073	068	064	060	057

Chú thích: Trị số cho trong bảng đã được tăng lên 1000 lần.

Bảng II.2 **Hệ số φ_{lt} để kiểm tra ổn định của thanh phẳng tác dụng của mômen,**

Độ mảnh quy ước	Hệ số φ_{lt} khi độ lệch											
$\overline{\lambda} = \lambda\sqrt{R/E}$	0,1	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0	3,5
0,5	967	922	850	782	722	669	620	577	538	469	417	370
1,0	925	854	787	711	653	600	563	520	484	427	382	341
1,5	875	804	716	647	593	548	507	470	439	388	347	312
2,0	813	742	653	587	536	496	457	425	397	352	315	286
2,5	742	672	587	526	480	442	410	383	357	317	287	262
3,0	667	597	520	465	425	395	365	342	320	287	260	238
3,5	587	522	455	408	375	350	325	303	287	258	233	216
4,0	505	447	394	356	330	309	289	270	256	232	212	197
4,5	418	382	342	310	288	272	257	242	229	208	192	178
5,0	354	326	295	273	253	239	225	215	205	188	175	162
5,5	302	280	256	240	224	212	200	192	184	170	158	148
6,0	258	244	223	210	198	190	178	172	166	153	145	137
6,5	223	213	196	185	176	170	160	155	149	140	132	125
7,0	194	186	173	163	157	152	145	141	136	127	121	115
8,0	152	146	138	133	128	121	117	115	113	106	100	095
9,0	122	117	112	107	103	100	098	096	093	088	085	082
10,0	100	097	093	091	090	085	081	080	079	075	072	070
11,0	083	079	077	076	075	073	071	069	068	063	062	061
12,0	069	067	064	063	062	060	059	059	058	055	054	053
13,0	062	061	054	053	052	051	051	050	049	049	048	048
14,0	052	049	049	048	048	047	047	046	045	044	043	043

Chú thích: 1) Trị số φ_{lt} trong bảng đã tăng lên 1000 lần.

nén lệch tâm (nén-uốn) tiết diện đặc trong mặt trùng với mặt phẳng đối xứng

tâm qui đổi m_1 bằng

4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	8,0	9,0	10	12	14	17	20
337	307	280	260	237	222	210	183	164	150	125	106	090	077
307	283	259	240	225	209	196	175	157	142	121	103	086	074
283	262	240	223	207	195	182	163	148	134	114	099	082	070
260	240	222	206	193	182	170	153	138	125	107	094	079	067
238	220	204	190	178	168	158	144	130	118	101	090	076	065
217	202	187	175	166	156	147	135	123	112	097	086	073	063
198	183	172	162	153	145	137	125	115	106	092	082	069	060
181	168	158	149	140	135	127	118	108	098	088	078	066	057
165	155	146	137	130	125	118	110	101	093	083	075	064	055
150	143	135	126	120	117	111	103	095	088	079	072	062	053
138	132	124	117	112	108	104	095	089	084	075	069	060	051
128	120	115	109	104	100	096	089	084	079	072	066	057	049
117	112	106	101	097	094	089	083	080	074	068	062	054	047
108	102	098	094	091	087	083	078	074	070	064	059	052	045
091	087	083	081	078	076	074	068	065	062	057	053	047	041
079	075	072	069	066	065	064	061	058	055	051	048	043	038
069	065	062	060	059	058	057	055	052	049	046	043	039	035
060	057	055	053	052	051	050	048	046	044	040	038	035	032
052	051	050	049	048	047	046	044	042	040	037	035	032	029
047	045	044	043	042	041	041	039	038	037	035	033	030	027
042	041	040	040	039	039	038	037	036	036	034	032	029	026

2) Trị số φ_{lt} lấy không lớn hơn φ trong bảng II.1.

Bảng II.3. **Hệ số φ_{lt} để kiểm tra ổn định của thanh phẳng tác dụng của mômen,**

Độ mảnh qui ước $\overline{\lambda} = \lambda\sqrt{R/E}$	Hệ số φ_{lt} khi độ lệch tâm												
	0,1	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0,5	908	800	666	571	500	444	400	364	333	286	250	222	200
1,0	872	762	640	553	483	431	387	351	328	280	243	218	197
1,5	830	727	600	517	454	407	367	336	311	271	240	211	190
2,0	774	673	556	479	423	381	346	318	293	255	228	202	183
2,5	708	608	507	439	391	354	322	297	274	238	215	192	175
3,0	637	545	455	399	356	324	296	275	255	222	201	182	165
3,5	562	480	402	355	320	294	270	251	235	206	187	170	155
4,0	484	422	357	317	288	264	246	228	215	191	173	160	145
4,5	415	365	313	281	258	237	223	207	196	176	160	149	136
5,0	350	315	277	250	230	212	201	186	178	161	149	138	127
5,5	300	273	245	223	203	192	182	172	163	147	137	128	118
6,0	255	237	216	198	183	174	165	156	149	135	126	119	109
6,5	221	208	190	178	165	157	149	142	137	124	117	109	102
7,0	192	184	168	160	150	141	135	130	125	114	108	101	095
8,0	148	142	136	130	123	118	113	108	105	097	091	085	082
9,0	117	114	110	107	102	098	094	090	087	082	079	075	072
10,0	097	094	091	090	087	084	080	076	073	070	067	064	062
11,0	082	078	077	076	073	071	068	066	064	060	058	056	054
12,0	068	066	064	063	061	060	058	057	056	054	053	050	049
13,0	060	059	054	053	052	051	050	049	049	048	047	046	045
14,0	050	049	048	047	046	046	045	044	043	043	042	042	041

Chú thích: 1) Trị số φ_{lt} trong bảng đã tăng lên 1000 lần.

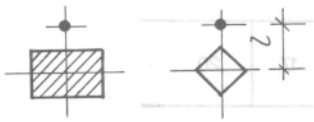
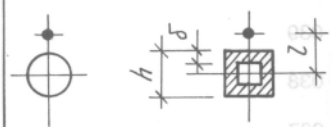
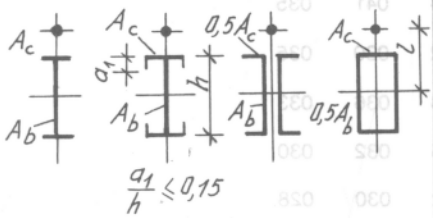
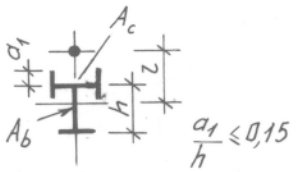
nén lệch tâm (nén-uốn) tiết diện rỗng trong mặt trùng với mặt phẳng đối xứng

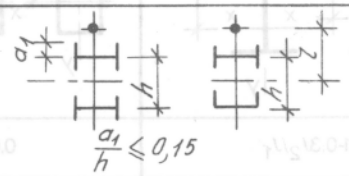
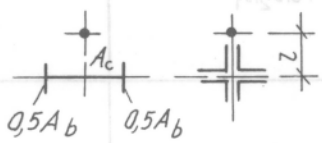
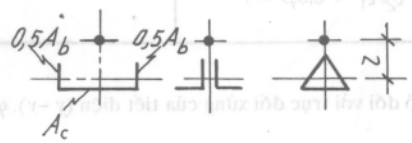
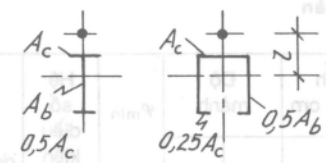
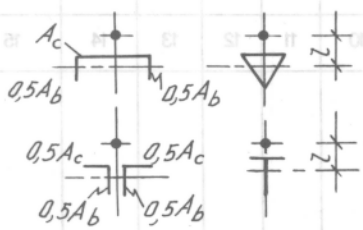
tương đối m

4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	8,0	9,0	10	12	14	17	20
182	167	154	143	133	125	111	100	091	077	067	056	048
180	165	151	142	131	121	109	098	090	077	066	055	046
178	163	149	137	128	119	108	096	088	077	065	053	045
170	156	143	132	125	117	106	095	086	076	064	052	045
162	148	136	127	120	113	103	093	083	074	062	051	044
153	138	130	121	116	110	100	091	081	071	061	051	043
143	130	123	115	110	106	096	088	078	069	059	050	042
133	124	118	110	105	100	093	084	076	067	057	049	041
124	116	110	105	100	096	089	079	073	065	055	048	040
117	108	104	100	095	092	086	076	071	062	054	047	039
110	102	098	095	091	087	081	074	068	059	052	046	039
103	097	093	090	085	083	077	070	065	056	051	045	038
097	092	088	085	080	077	072	066	061	054	050	044	037
091	087	083	079	076	074	068	063	058	051	047	043	036
079	077	073	070	067	065	060	055	052	048	044	041	035
069	067	064	062	059	056	053	050	048	045	042	039	035
060	058	056	054	052	050	047	045	043	041	038	036	033
053	052	050	048	046	044	043	042	041	038	035	032	030
048	047	045	043	042	040	039	038	037	034	032	030	028
044	042	042	041	040	038	037	036	035	032	030	028	026
041	040	039	039	038	037	036	035	034	031	029	027	025

2) Trị số φ_{lt} lấy không lớn hơn φ trong bảng II. 1.

Bảng II.4. **Hệ số ảnh hưởng của hình dạng tiết diện η**

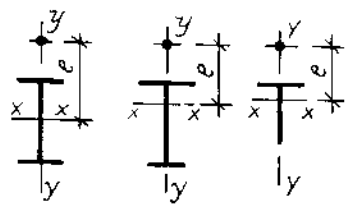
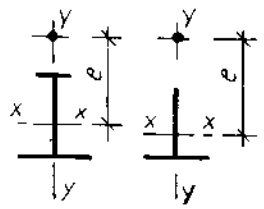
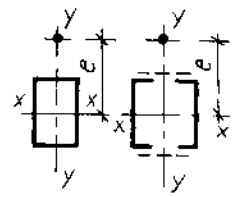
Loại tiết diện	Sơ đồ tiết diện	$\frac{A_c}{A_b}$	Giá trị η khi $0 \le \bar{\lambda} \le 5$		Giá trị η khi $\bar{\lambda} > 5$	
			$0,1 \le m \le 5$	$5 < m \le 20$	$0,1 \le m \le 5$	$5 < m \le 20$
1		–	1,0	1,0	1,0	
2		–	0,85	0,85	0,85	
3		–	$0,75 + 0,02\bar{\lambda}$	$0,75 + 0,02\bar{\lambda}$	0,85	
4		–	$(1,35-0,05m)-0,01(5-m)\bar{\lambda}$	1,1	1,1	
5		0,25	$(1,45-0,05m)-0,01(5-m)\bar{\lambda}$	1,2	1,2	
		0,5	$(1,75-0,1m)-0,02(5-m)\bar{\lambda}$	1,25	1,25	
		1,0	$(1,90-0,1m)-0,02(6-m)\bar{\lambda}$	$1,4-0,02\bar{\lambda}$	1,3	
6		–	$\eta_5[1-0,3(5-m)\frac{a_1}{h}]$	η_5	η_5	

Loại tiết diện	Sơ đồ tiết diện	$\frac{A_c}{A_b}$	Giá trị η khi $0 \le \bar{\lambda} \le 5$		Giá trị η khi $\bar{\lambda} > 5$	
			$0{,}1 \le m \le 5$	$5 < m \le 20$	$0{,}1 \le m \le 5$	$5 < m \le 20$
7	 $\frac{a_1}{h} \le 0{,}15$		$\eta_5(1\text{-}0{,}8\frac{a_1}{h})$	$\eta_5(1\text{-}0{,}8\frac{a_1}{h})$	$\eta_5(1\text{-}0{,}8\frac{a_1}{h})$	
8		0,25	$(0{,}75+0{,}05m)+0{,}01(5-m)\bar{\lambda}$	1,0	1,0	
		0,5	$(0{,}5+0{,}1m)+0{,}02(5-m)\bar{\lambda}$	1,0	1,0	
		≥1,0	$(0{,}25+0{,}15m)+0{,}03(5-m)\bar{\lambda}$	1,0	1,0	
9		0,5	$(1{,}25-0{,}05m)-0{,}01(5-m)\bar{\lambda}$	1,0	1,0	
		≥1,0	$(1{,}5-0{,}1m)-0{,}02(5-m)\bar{\lambda}$	1,0	1,0	
10		0,5	1,4	1,4	1,4	1,4
		1,0	$1{,}6-0{,}01(5-m)\bar{\lambda}$	1,6	1,35+0,05m	1,6
		2,0	$1{,}8-0{,}02(5-m)\bar{\lambda}$	1,8	1,3+0,1m	1,8
11		0,5	1,45+0,04m	1,65	1,45+0,04m	1,65
		1,0	1,8+0,12m	2,4	1,8+0,12m	2,4
		1,5	$2{,}0+0{,}25m+0{,}1\bar{\lambda}$	–	–	–
		2,0	$3{,}0+0{,}25m+0{,}1\bar{\lambda}$	–	–	–

Chú thích: 1) Với các loại tiết diện từ 5 đến 7 khi tính tỷ số A_c/A_b không tính đến phần cánh đặt thẳng đứng.

2) Đối với các loại tiết diện 6, 7 giá trị η_5 lấy bằng giá trị η của các loại tiết diện 5 với tỷ số A_c/A_b tương ứng.

Bảng II.5 **Hệ số α và β**

	Hệ số α, β khi	Tiết diện hở dạng chữ I và chữ T		Tiết diện kín
				
α	$m_x \le 1$	0,7	$1-0.3I_2/I_1$	0,6
	$1 < m_x \le 5$	$0,65+0.005m_x$	$1-(0.35-0.05m_x)I_2/I_1$	$0,55+0.05m_x$
	$m_x > 5$	0,9	$1-0.1I_2/I_1$	0,8
β	$\lambda_y \le \lambda_c$	1	1	1
	$\lambda_y > \lambda_c$	$\sqrt{\varphi_c/\varphi_y}$	$1-(1-\sqrt{\varphi_c/\varphi_y})(2I_2/I_1-1)$ khi $I_2/I_1 < 0.5\beta = 1$	$\sqrt{\varphi_c/\varphi_y}$

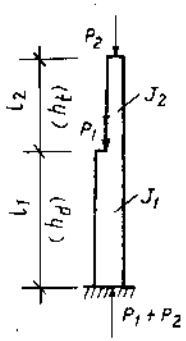
Chú thích: Các ký hiệu J_1, J_2 là các mômen quán tính của cánh lớn và nhỏ đối với trục đối xứng của tiết diện $(y-y)$. φ_c là giá trị của φ_y khi $\lambda_y = \lambda_c = 3.14\sqrt{E/R}$.

Các giá trị α, β của cột rỗng có các thanh bụng hoặc bản giằng được lấy như tiết diện kín nếu trên chiều dài cột có không ít hơn hai vách cứng trung gian. Trường hợp ngược lại dùng các hệ số qui định đối với tiết diện hở chữ I.

***Bảng II.5a.* Thống kê thanh dàn**

Tên thanh	Ký hiệu thanh	Nội lực tính toán daN, kN	Tiết diện, Qui cách	Diện tích tiết diện cm^2	Chiều dài, cm			Bán kính quán tính, cm		Độ mảnh		φ_{min}	Hệ số điều kiện làm việc γ	Ứng suất daN/cm^2 kN/cm^2
					l	l_x	l_y	r_x	r_y	λ_x	λ_y			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

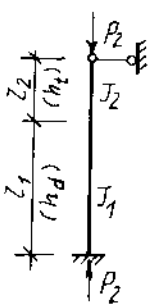
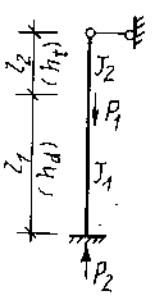
Bảng II.6a. **Hệ số μ_1 của cột một bậc, đỉnh cột tự do**

Sơ đồ tính	$\bar{c}_1$	Hệ số μ_1 khi i_2/l_1 bằng																				
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,5	5	10	20
	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	0,2	2	2,01	2,02	2,03	2,04	2,05	2,06	2,06	2,07	2,08	2,09	2,1	2,12	2,14	2,15	2,17	2,21	2,40	2,76	3,38
	0,4	2	2,04	2,08	2,11	2,03	2,18	2,21	2,25	2,28	2,32	2,35	2,42	2,48	2,54	2,60	2,66	2,80	-	-	-
	0,6	2	2,11	2,20	2,28	2,36	2,44	2,52	2,59	2,69	2,73	2,80	2,93	3,05	3,17	3,28	3,39	-	-	-	-
	0,8	2	2,25	2,42	2,58	2,70	2,83	2,96	3,07	3,17	3,27	3,36	3,55	3,74	-	-	-	-	-	-	-
	1,0	2	2,50	2,73	2,94	3,12	3,29	3,44	3,59	3,74	3,87	4,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,5	3	3,43	3,77	4,07	4,35	4,61	4,86	5,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	4	4,44	4,90	5,29	5,67	6,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2,5	5	5,55	6,08	6,56	7,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3,0	6	6,65	7,25	7,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

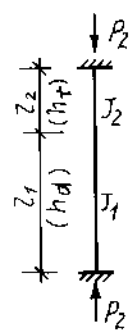
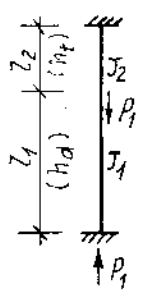
Bảng II.6b. **Hệ số chiều dài tính toán μ_1 đối với cột một bậc có đỉnh liên kết không quay được**

Sơ đồ tính	c_1	Hệ số μ_1 khi i_2/i_1 bằng																			
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2 ,0	2,5	5,0	10,0	20,0
	0	2,0	1,92	1,86	1,80	1,76	1,70	1,67	1,64	1,60	1,57	1,55	1,50	1,46	1,43	1,40	1,37	1,32	1,18	1. 10	1,05
	0,2	2,0	1,93	1,87	1,82	1,76	1,71	1,68	1,64	1,62	1,59	1,56	1,52	1,48	1,45	1,41	1,39	1,33	1,20	1 ,11	—
	0,4	2,0	1,94	1,88	1,83	1,77	1,75	1,72	1,69	1,66	1,62	1,61	1,57	1,53	1,50	1,48	1,45	1,40	—	—	—
	0,6	2,0	1,95	1,91	1,86	1,83	1,79	1,77	1,76	1,72	1,71	1,69	1,66	1,63	1,61	1,59	—	—	—	—	—
	0,8	2,0	1,97	1,94	1,92	1,90	1,88	1,87	1,86	1,85	1,83	1,82	1,80	1,79	—	—	—	—	—	—	—
	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1,5	2,0	2,12	2,25	2,33	2,38	2,43	2,48	2,52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2,0	2,0	2,45	2,66	2,81	2,91	3,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2,5	2,5	2,94	3,17	3,34	3,50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3,0	3,0	3,43	3,70	3,93	4,12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Bảng II.7a. **Các hệ số chiều dài tính toán μ_{12} và μ_{11} đối với cột bậc có liên kết khớp cố định ở đầu trên**

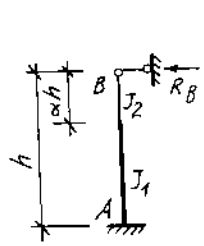
Sơ đồ tính	J_2/J_1	Các hệ số μ_{12} và μ_{11} khi J_1/J_2 bằng														
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
		Hệ số μ_{12}														
	0,04	1,02	1,84	2,25	2,59	2,85	3,08	3,24	3,42	3,70	4,00	4,55	5,25	5,80	6,55	7,20
	0,06	0,91	1,47	1,93	2,26	2,57	2,74	2,90	3,05	3,24	3,45	3,88	4,43	4,90	5,43	5,93
	0,08	0,86	1,31	1,73	2,05	2,31	2,49	2,68	2,85	3,00	3,14	3,53	3,93	4,37	4,85	5,28
	0,1	0,83	1,21	1,57	1,95	2,14	2,33	2,46	2,60	2,76	2,91	3,28	3,61	4,03	4,43	4,85
	0,2	0,79	0,98	1,23	1,46	1,67	1,85	2,02	2,15	2,28	2,40	2,67	2,88	3,11	3,42	3,71
	0,3	0,78	0,90	1,09	1,27	1,44	1,60	1,74	1,86	1,98	2,11	2,35	2,51	2,76	2,99	3,25
	0,4	0,78	0,88	1,02	1,17	1,32	1,45	1,58	1,69	1,81	1,92	2,14	2,31	2,51	2,68	2,88
	0,5	0,78	0,86	0,99	1,10	1,22	1,33	1,47	1,57	1,67	1,76	1,96	2,15	2,34	2,50	2,76
	1,0	0,78	0,85	0,92	0,99	1,06	1,13	1,20	1,27	1,34	1,41	1,54	1,68	1,82	1,97	2,10
		Hệ số μ_{11}														
	0,04	0,67	0,67	0,83	1,25	1,43	1,55	1,65	1,70	1,75	1,78	1,84	1,87	1,88	1,90	1,92
	0,06	0,67	0,67	0,81	1,07	1,27	1,41	1,51	1,60	1,64	1,70	1,78	1,82	1,84	1,87	1,88
	0,08	0,67	0,67	0,75	0,98	1,19	1,32	1,43	1,51	1,58	1,63	1,72	1,77	1,81	1,82	1,84
	0,1	0,67	0,67	0,73	0,93	1,11	1,25	1,36	1,45	1,52	1,57	1,66	1,72	1,77	1,80	1,82
	0,2	0,67	0,67	0,69	0,75	0,89	1,02	1,12	1,21	1,29	1,36	1,46	1,54	1,60	1,65	1,69
	0,3	0,67	0,67	0,67	0,71	0,80	0,90	0,99	1,08	1,15	1,22	1,33	1,41	1,48	1,54	1,59
	0,4	0,67	0,67	0,67	0,69	0,75	0,84	0,92	1,00	1,07	1,13	1,24	1,33	1,40	1,47	1,51
	0,5	0,67	0,67	0,67	0,69	0,73	0,84	0,87	0,94	1,01	1,07	1,17	1,26	1,33	1,39	1,44
	1,0	0,67	0,67	0,67	0,68	0,71	0,74	0,78	0,82	0,87	0,91	0,99	1,07	1,13	1,19	1,24

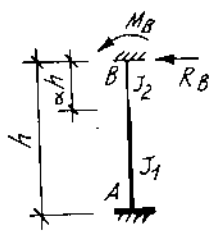
Bảng II.7b. **Các hệ số chiều dài tính toán μ_{12} và μ_{11} đối với cột bậc có đầu trên liên kết cố định và không quay được**

Sơ đồ tính	J_2/J_1	Hệ số μ_{12} và μ_{11} khi l_1/l_2 bằng														
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
		Hệ số μ_{12}														
	0,04	0,78	1,02	1,53	1,73	2,01	2,21	2,38	2,54	2,65	2,85	3,24	3,70	4,20	4,76	5,23
	0,06	0,70	0,86	1,23	1,77	1,73	1,93	2,08	2,23	2,38	2,59	2,81	3,17	3,40	3,92	4,30
	0,08	0,68	0,79	1,05	1,31	1,54	1,74	1,95	2,05	2,20	2,31	2,55	2,80	3,11	3,45	3,73
	0,1	0,67	0,76	1,00	1,20	1,42	1,61	1,78	1,92	2,04	2,20	2,40	2,60	2,86	3,18	3,41
	0,2	0,64	0,70	0,79	0,93	1,07	1,23	1,41	1,50	1,60	1,72	1,92	2,11	2,28	2,45	2,64
	0,3	0,62	0,68	0,74	0,85	0,95	1,06	1,11	1,28	1,39	1,48	1,67	1,82	1,96	2,12	2,20
	0,4	0,60	0,66	0,71	0,78	0,87	0,99	1,07	1,16	1,26	1,34	1,50	1,65	1,79	1,94	2,08
	0,5	0,59	0,65	0,70	0,77	0,82	0,93	0,99	1,08	1,17	1,23	1,39	1,53	1,66	1,79	1,92
	1,0	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50
		Hệ số μ_{11}														
	0,04	0,66	0,65	0,75	0,94	1,08	1,24	1,37	1,74	1,55	1,64	1,72	1,78	1,81	1,85	1,89
	0,06	0,65	0,67	0,68	0,76	0,94	1,10	1,25	1,75	1,44	1,50	1,61	1,69	1,74	1,79	1,82
	0,08	0,64	0,66	0,67	0,68	0,84	1,00	1,12	1,25	1,34	1,41	1,53	1 ,62	1,68	1,75	1,79
	0,1	0,64	0,65	0,65	0,65	0,78	0,92	1,05	1,15	1,25	1,33	1,45	1,55	1,62	1,68	1,71
	0,2	0,62	0,64	0,65	0,65	0,66	0,73	0,83	0,92	1,01	1,09	1,23	1,33	1,41	1,48	1,54
	0,3	0,60	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,73	0,81	0,89	0,94	1,09	1,20	1,28	1,35	1,41
	0,4	0,58	0,63	0,63	0,64	0,64	0,66	0,68	0,75	0,82	0,88	1,01	1,10	1,19	1,26	1,32
	0,5	0,57	0,61	0,63	0,64	0,64	0,65	0,68	0,72	0,77	0,83	0,94	1,04	1,12	1,19	1,25
	1,0	0,55	0,58	0,60	0,61	0,62	0,63	0,65	0,67	0,70	0,73	0,80	0,88	0,93	1,01	1,05

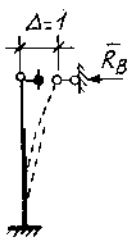
Phụ lục III. CÔNG THỨC TÍNH PHẢN LỰC GỐI TỰA CỦA CÁC THANH CƠ BẢN (DẠNG CỘT BẬC THANG)

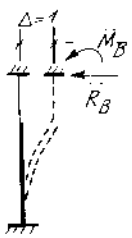
Bảng III. 1. Công thức để xác định phản lực $\overline{R}_B$ và $\overline{M}_B$ ở đỉnh cột do chuyển vị đơn vị





$$\overline{R}_B = -\frac{3EJ_1}{h^3C}$$



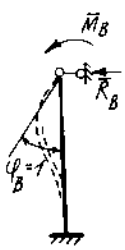


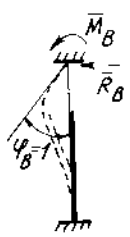
$$\overline{M}_B = \frac{6B}{K} \cdot \frac{EJ_1}{h^2}$$

$$\overline{R}_B = -\frac{12A}{K} \cdot \frac{EJ_1}{h^3}$$

$$\overline{M}_B = -\frac{4C}{K} \cdot \frac{EJ_1}{h}$$

$$\overline{R}_B = \frac{6B}{K} \cdot \frac{EJ_1}{h^2}$$





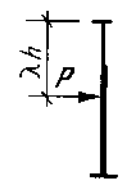
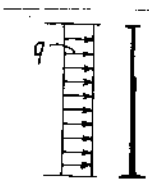
$$\overline{M}_B = -\frac{4C}{K} \cdot \frac{EJ_1}{h}$$

$$\overline{R}_B = \frac{6B}{K} \cdot \frac{EJ_1}{h^2}$$

Ghi chú: $\mu = J_1/J_2 - 1$; $A = 1 + \alpha\mu$; $B = 1 + \alpha^2\mu$; $C = 1 + \alpha^3\mu$; $K = 4AC - 3B^2$

Chiều dương của $\overline{R}_B$ và $\overline{M}_B$ theo hình vẽ.

Bảng III.2. Công thức để xác định phản lực R_B và M_B của cột

Sơ đồ tải trọng		R_B	M_B
1	2	3	4
	$\lambda < \alpha$	$R_B = \frac{3M}{2hC}\left[(1-\lambda^2)+\mu\left(\alpha^2-\lambda^2\right)\right]$	$M_B = -\frac{(1-\lambda)\left[3B(1+\lambda)-4C\right]}{K}M$ $-\frac{\mu(\alpha-\lambda)\left[3B(\alpha+\lambda)-4C\right]}{K}M$ $R_B = -\frac{6(1-\lambda)\left[B-A(1+\lambda)\right]}{K}\frac{M}{h}$ $-\frac{6\mu(\alpha-\lambda)\left[B-A(\alpha+\lambda)\right]}{K}\frac{M}{h}$
	$\lambda = \alpha$	$R_B = \frac{3M}{2hC}\left(1-\lambda^2\right)$	$M_B = -\frac{(1-\lambda)\left[3B(1+\alpha)-4C\right]}{K}M$ $R_B = -\frac{6(1-\lambda)\left[B-A(1+\alpha)\right]}{K}\frac{M}{h}$
	$\lambda > \alpha$	$R_B = \frac{3M}{2hC}\left(1-\lambda^2\right)$	$M_B = -\frac{(1-\lambda)\left[3B(1+\lambda)-4C\right]}{K}M$ $R_B = -\frac{6(1-\lambda)\left[B-A(1+\lambda)\right]}{K}\frac{M}{h}$
	$\lambda < \alpha$	$R_B = \frac{3M}{2hC}\left[(1-\lambda^2)+(2+\lambda)\right.$ $\left.+\mu\left(\alpha-\lambda^2\right)(2\alpha+\lambda)\right]$	$M_B = -\frac{(1-\lambda)^2\left[(2+\lambda)B-2C\right]}{K}$ $-\frac{\mu(\alpha-\lambda)^2\left[(2\alpha+\lambda)B-2C\right]}{K}Ph$ $R_B = -\frac{(1-\lambda)^2\left[3B-2A(2+\lambda)\right]}{K}$ $+\frac{\mu(\alpha-\lambda)^2\left[3B-2A(2\alpha+\lambda)\right]}{K}P$
	$\lambda = \alpha$	$R_B = \frac{3M}{2hC}\left(1-\lambda^2\right)+(2+\lambda)$	$M_B = -\frac{(1-\lambda)^2\left[(2+\lambda)B-2C\right]}{K}$ $R_B = -\frac{(1-\lambda)^2\left[3B-2A(2+\lambda)\right]}{K}$
	$\lambda > \alpha$	$R_B = \frac{3M}{2hC}\left(1-\lambda^2\right)+(2+\lambda)$	$M_B = -\frac{(1-\lambda)^2\left[(2+\lambda)B-2C\right]}{K}$ $R_B = -\frac{(1-\lambda)^2\left[3B-2A(2+\lambda)\right]}{K}$
		$R_B = \frac{3F}{8C}qh$	$M_B = -\frac{9BF-8C^2}{12K}qh^2$ $R_B = -\frac{2BC-3AF}{2K}qh$

Ghi chú. $\mu = J_1/J_2$; $A = 1+\alpha\mu$; $B = 1+\alpha^2\mu$; $C = 1-\alpha^3\mu$; $F = 1+\alpha^4\mu$; $K = 4AC - 3B^2$.

Chiều dương của tải trọng và của R_B và M_B theo hình vẽ.

Phụ lục IV. QUI CÁCH THÉP CÁN

Bảng IV. 1.a. **Thép cán dải rộng thông dụng theo ГОСТ 82 - 70**

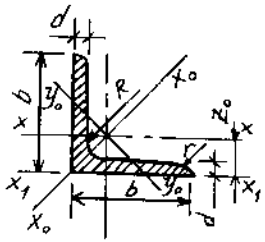
Bề rộng, mm	Bề dày, mm
160; 170;180; 190; 200; 210; 220; 240 ; 250; 260; 280; 300	từ 4 đến 12 mm cách nhau 1 mm, 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 30; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 60;
320; 340	từ 5 đến 12 mm cách nhau 1 mm, 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 30; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 60
360; 380; 400; 420; 450; 480; 500; 530; 560; 600; 630; 650; 670; 710; 750; 800; 850; 900; 950; 1000; 1050	từ 6 đến 12mm cách nhau 1mm, 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 30; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 60

Bảng IV. 1b. **Thép tấm cán dày (lấy theo ГОСТ 5681 - 57*)**
(Các kích thước tính theo mm)

Bề dày tấm	Bề rộng tấm	Chiều dài tấm
4; 4,5	600; 700; 1000; 1250; 1400; 1500; 1600	2000; 2500; 2800; 3500; 4500; 5000; 6000
5; 5,5	1250; 1400; 1500; 1600	2500; 2800; 3000; 3500; 4500; 5000; 5500; 6000
6; 7	1250; 1400; 1500; 1600; 1800	2800;3500;4500;5000; 5500; 6000; 7000
8; 9; 10; 11	1250; 1400; 1500; 1600; 1800; 2000; 2200; trừ loại bề dày 8mm)	Tương tự
12;14;16; 18; 20	1400; 1500; 1600; 1800; 2000; 2200; 2300	4500; 5000; 5500; 6000; 7000; 8000
22; 25; 28; 30; 32	1400; 1500; 1600; 1800; 2000; 2200;2400;	tương tự
36; 40	1500;1600;1800;2000;2200; 2500	tương tự

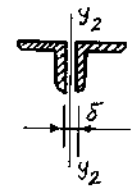
Bảng IV.2. Thép góc đều cạnh

Các ký hiệu:



b- bề rộng cánh
d- bề dày cánh
R - bán kính góc uốn tròn bên trong
r - bán kính góc uốn tròn ở mép

J- mô men quán tính
z_0-khoảng cách tính từ trọng tâm
$r_{x,y}$-bán kính quán tính



Theo TCVN 1656 - 75 và ГОСТ 8509 - 72

Số hiệu	Kích thước, mm				Diện tích tiết diện, cm^2	Trọng lượng 1m dài, kG	Trị số đối với các trục								Bán kính quán tính r_{y2} (cm) khi ở bằng		
							x - x		$x_0 - x_0$		$y_0 - y_0$		$x_1 - x_1$				
	b	*d*	*R*	*r*			J_x, cm^4	r_x, cm	J_{x_0}, cm^4	r_{x_0}, cm	J_{y_0}, cm^4	r_{y_0}, cm^4	J_{x_1}, cm^4	z_0, cm	10 mm	12mm	14mm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
4	40	3	5	1,7	2,35	1,85	3,55	1,23	5,63	1,55	1,47	0,79	6,35	1,09	-	-	-
		4			3,08	2,42	4,58	1,22	7,26	1,53	1,9	0,78	8,53	1,13	-		-
		5			3,79	2,97	5,53	1,20	8,75	1,54	2, 39	0,79	10,75	1,17	-		-
4,5	45	3	5	1,7	2,65	2,08	5,13	1,39	8,13	1,75	2,12	0,89	9,04	1,21	-	-	-
		4			3,48	2,73	6,63	1,38	10,5	1,71	2,74	0,89	12,1	1,26	-	-	-
		5			4,20	3,37	8,03	1,37	12,7	1,72	3,33	0,88	15,3	1,3	-	-	-
5	50	3	5,5	1,8	2,96	2,32	7,11	1,55	11,3	1,95	2,95	1,	12,4	1,33	-	-	-
		4			3,89	3,05	9,21	1,54	14,6	1,94	3,8	0,99	16,6	1,38	2,43	2,51	2,58
		5			4,8	3,77	11,2	1,53	17,8	1,92	4,63	0,98	20,9	1,42	2,45	2,53	2,61

Tiếp bảng IV. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
5,6	56	4	6	2	4,38	3,44	13,1	1,73	20,8	2,18	5,41	1,11	23,3	1,52	2,66	2,74	2,81
		5			5,41	4,25	16	1,72	25,4	2,16	6,59	1,1	29,2	1,57	2,69	2,77	2,85
6,3	63	4	7	2,3	4,96	3,9	18,9	1,95	29,9	2,45	7,81	1,25	33,1	1,69	2,93	3,01	3,09
		5			6,13	4,81	23,1	1,94	36,6	2,44	9,52	1,25	41,5	1,74	2,96	3,04	3,12
		6			7,28	5,72	27,1	1,93	42,9	2,43	11,2	1,24	50	1,78	2,99	3,06	3,14
7	70	4,5	8	2,7	6,2	4,87	29	2,16	46	2,72	12	1,39	51	1,88	3,22	3,29	3,36
		5			6,86	5,38	31,9	2,16	50,7	2,72	13,2	1,39	56,7	1,9	3,23	3,3	3,38
		6			8,15	6,39	37,6	2,15	59,6	2,71	15,5	1,38	68,4	1,94	3,25	3,33	3,4
		7			9,42	7,39	43	2,14	68,2	2,69	17,8	1,37	80,1	1,99	3,28	3,36	3,43
		8			10,7	8,37	48,2	2,13	76,4	2,68	20	1,37	91,9	2,02	3,29	3,37	3,45
7,5	75	5	9	3	7,39	5,8	39,5	2,31	62,6	2,91	16,4	1,49	69,6	2,02	3,42	3,49	3,57
		6			8,78	6,89	46,6	2,3	73,9	2,91	19,3	1,48	83,9	2,06	3,44	3,52	3,60
		7			10,1	7,96	53,3	2,29	84,6	2,89	22,1	1,48	98,3	2,1	3,47	3,55	3,61
		8			11,5	9,02	59,8	2,28	94,9	2,87	24,8	1,47	113	2,15	3,5	3,54	3,65
		9			12,8	10,1	66,1	2,27	105	2,86	27,5	1,46	127	2,18	3,51	3,59	3,67
8	80	5,5	9	3	8,63	6,78	52,7	2,47	83,6	3,11	21,8	1,59	93,2	2,17	3,64	3,71	3,78
		6			9,38	7,36	57	2,47	90,4	3,11	23,5	1,58	102	2,19	3,65	3,72	3,8
		7			10,8	8,51	65,3	2,45	104	3,09	27	1,58	119	2,23	3,67	3,75	3,82
		8			12,8	9,65	73,4	2,44	116	3,08	30,3	1,57	137	2,27	3,69	3,77	3,84
9	90	6	10	3,3	10,6	8,33	82,1	2,78	130	3,5	34	1,79	145	2,43	4,04	4,11	4,18
		7			12,3	9,64	94,3	2,77	150	3,49	38,9	1,78	169	2,47	4,06	4,13	4,21
		8			13,9	10,9	106	2,76	168	3,48	43,8	1,77	194	2,51	4,08	4,15	4,23
		9			15,6	12,2	118	2,75	186	3,46	48,6	1,77	219	2,55	4,11	4,18	4,25

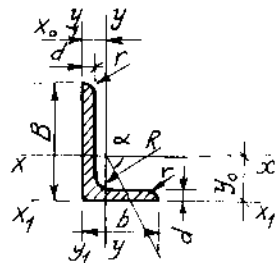
Tiếp bảng IV. 2

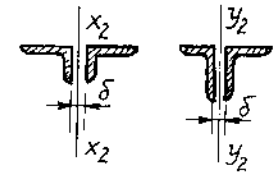
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
10	100	6,5	12	4	12,8	10,1	122	3,09	193	3,88	50,1	1,99	214	2,68	4,43	4,5	4,58
		7			13,8	10,8	131	3,08	207	3,88	54,2	1,98	231	2,71	4,45	4,52	4,60
		8			15,6	12,2	147	3,07	233	3,87	60,9	1,98	265	2,75	4,47	4,54	4,62
		10			19,2	15,1	179	3,05	284	3,84	74,1	1,96	333	2,83	4,52	4,59	4,67
		12			22,8	17,9	209	3,03	331	3,81	86,9	1,95	402	2,91	4,56	4,64	4,71
		14			26,3	20,6	237	3	375	3,78	99,3	1,94	472	2,99	4,6	4,68	4,75
		16			29,7	23,3	264	2,98	416	3,74	112	1,94	542	3,06	4,64	4,72	4,79
11	110	7	12	4	15,2	11,9	176	3,4	279	4,29	72,7	2,19	308	2,96	4,85	4,92	4,99
		8			17,2	13,5	198	3,39	315	4,28	81,8	2,18	353	3	4,87	4,95	4,01
12,5	125	8	14	4,6	19,7	15,5	294	3,87	467	4,87	122	2,49	516	3,36	5,46	5,53	5,6
		9			22	17,3	327	3,86	520	4,86	135	2,48	582	3,4	5,48	5,56	5,63
		10			24,3	19,1	360	3,85	571	4,84	149	2,47	649	3,45	5,52	5,59	5,66
		12			28,9	22,7	422	3,82	670	4,82	174	2,46	782	3,53	5,55	5,63	5,7
		14			33,4	26,2	482	3,8	764	4,78	200	2,45	916	3,61	5,6	5,67	5,71
		16			37,8	29,6	539	3,78	853	4,75	224	2,44	1051	3,68	5,63	5,71	5,78
14	140	9	14	4,6	24,7	19,4	466	4,34	739	5,47	192	2,79	818	3,78	6,1	6,17	6,24
		10			27,3	21,5	512	4,33	813	5,46	211	2,78	911	3,82	6,12	6,19	6,25
		12			32,5	25,5	602	4,31	957	5,43	248	2,76	1097	3,9	6,15	6,23	6,3
16	160	10	16	5,3	31,4	24,7	744	4,96	1229	6,25	319	3,19	1356	4,3	6,91	6,97	7,05
		11			34,4	27	844	4,95	1341	6,24	348	3,18	1494	4,35	6,93	7	7,07
		12			37,4	29,4	913	4,94	1450	6,23	376	3,17	1633	4,39	6,95	7,02	7,09
		14			43,3	34	1046	4,92	1662	6,2	431	3,16	1911	4,47	6,99	7,06	7,13
		16			49,1	38,5	1175	4,89	1866	6,17	485	3,14	2191	4,55	7,03	7,1	7,17
		18			54,8	43	1299	4,87	2061	6,13	537	3,13	2472	4,63	7,07	7,15	7,22
		20			60,4	47,4	1419	4,85	2248	6,1	589	3,12	2756	4,7	7,11	7,18	7,25

Tiếp bảng IV. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
18	180	11	16	5,3	38,8	30,5	1216	5,6	1933	7,06	500	3,59	2128	4,85	7,74	7,81	7,88
		12			42,2	33,1	1217	5,59	2090	7,04	540	3,58	2324	4,89	7,76	7,83	7,9
20	200	12	18	6	47,1	37	1823	6,22	2896	7,84	749	3,99	3182	5,37	8,55	8,62	8,69
		13			50,9	39,9	1961	6,21	3116	7,83	805	3,98	3452	5,42	8,58	8,64	8,71
		14			54,6	42,8	2097	6,2	3333	7,81	861	3,97	3722	5,46	8,6	8,67	8,73
		16			62	48,7	2363	6,17	3755	7,78	970	3,96	4264	5,54	8,64	8,70	8,77
		20			76,5	60,1	2871	6,12	4560	7,72	1182	3,93	5355	5,7	8,72	8,79	8,86
		25			94,3	74	3466	6,06	5494	7,63	1438	3,91	6733	5,89	8,81	8,88	8,95
		30			111,5	87,6	4020	6	6351	7,55	1688	3,89	8130	6,07	8,9	8,97	9,05
22	220	14	21	7	60,4	47,4	2814	6,83	4470	8,6	1159	4,38	4941	5,93	9,38	9,45	9,51
		16			68,6	53,8	3175	6,81	5045	8,58	1306	4,36	5661	6,02	9,42	9,49	9,56
25	250	16	24	8	78,4	61,5	4717	7,76	7492	9,78	1942	4,98	8286	6,75	10,62	10,69	10,75
		18			87,7	68,9	5217	7,73	8337	9,75	2158	4,96	9342	6,83	10,65	10,73	10,79
		20			97	76,1	5765	7,11	9160	9,72	2370	4,94	10401	6,91	10,69	10,76	10,83
		22			106,1	83,3	6270	7,69	9961	9,69	2519	4,93	11464	7	10,74	10,81	10,88
		25			119,7	94	7006	7,65	11125	9,64	2887	4,91	13064	7,11	10,79	10,86	10,93
		28			133,1	104,5	7718	7,61	12244	9,59	3190	4,89	14674	7,23	10,52	10,92	10,99
		30			142	111,4	8177	7,59	12965	9,56	3389	4,89	15753	7,31	10,89	10,96	11,03

Bảng IV.3. Thép góc cán không đều cạnh





Các ký hiệu:

B- bề rộng cánh lớn
b- bề rộng cánh nhỏ
d- bề dày cánh
R - bán kính góc tròn trong
r - bán kính góc tròn bên mép
J - mô men quán tính
r_x, r_y - bán kính quán tính
x_o, y_o - khoảng cách tính từ trọng tâm

Theo TCVN 1657 - 75 và ГОСТ 8510 - 72

Số hiệu	Kích thước, mm					Diện tích tiết diện, cm^2	Trọng lượng 1m, kG	Trị số đối với các trục										Bán kính quán tính khi δ, mm					
								x – x		y – y		x_1 – x_1		y_1 – y_1		u – u		r_{x2}, cm			r_{y2}, cm		
	B	b	d	R	r			J_x, cm^4	r_x, cm	J_y, cm^4	r_y, cm	J_{x1}, cm^4	y_o, cm	J_{y1}, cm^4	x_o, cm	$J_{u min}$, cm^4	$r_{u min}$, cm	10 mm	12 mm	14 mm	10 mm	12 mm	14 mm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
5,6 /3,6	56	36	4	6	2	3,58	2,81	11,4	1,78	3,70	1,02	23,2	1,82	6,25	0,84	2,19	0,78	2,93	3,01	3,09	1,68	1,76	1,84
			5			4,11	3,46	13,8	1,77	4,48	1,01	29,2	1,86	7,91	0,88	2,66	0,78	2,95	3,03	3,11	1,71	1,79	1,78
6,3/4	63	40	4	7	2,3	4,04	3,17	16,3	2,01	5,16	1,13	33,0	2,03	8,51	0,91	3,07	0,87	3,23	3,31	3,39	1,8	1,88	1,96
			5			4,98	3,91	19,9	2	6,26	1,12	41,4	2,03	10,8	0,95	3,73	0,86	3,26	3,34	3,42	1,83	1,91	1,99
			6			5,9	4,63	23,3	1,99	7,28	1,11	49,9	2,12	13,1	0,99	4,36	0,86	3,29	3,37	3,45	1,86	1,94	2,02
			8			7,68	6,03	29,6	1,96	9,15	1,09	66,9	2,2	17,9	1,07	5,58	0,85	3,34	3,42	3,5	1,91	2,	2,08
7/4,5	70	45	5	7,5	2,5	5,59	4,39	27,8	2,23	9,05	1,27	56,7	2,28	15,2	1,05	5,34	0,98	3,56	3,64	3,72	2,01	2,08	2,16
7,5/5	75	50	5	8	2,7	6,11	4,79	34,8	2,39	12,5	1,43	69,8	2,39	20,8	1,17	7,24	1,09	3,75	3,83	3,9	2,2	2,28	2,35
			6			7,25	5,69	40,9	2,38	14,6	1,42	83,9	2,44	25,2	1,21	8,48	1,08	3,78	3,86	3,94	2,22	2,3	2,38
			8			9,47	7,43	52,4	2,35	18,5	1,4	112	2,52	34,2	1,29	10,90	1,07	3,83	3,91	3,98	2,27	2,35	2,43
8/5	80	50	5	8	2,7	6,36	4,99	41,6	2,56	12,7	1,41	84,6	2,6	20,8	1,13	7,58	1,09	1,02	4,1	4,17	2,16	2,23	2,30
			6			7,55	5,92	49	2,55	14,8	1,4	102	2,95	25,2	1,17	8,88	1,08	1,05	4,13	4,21	2,18	2,33	2,33
9/5,6	90	56	5,5	9	3	7,86	6,17	65,3	2,88	19,7	1,58	132	2,92	32,2	1,26	11,8	1,22	4,47	4,55	4,62	2,37	2,44	2,51
			6			8,54	6,7	70,6	2,88	21,2	1,58	145	2,95	35,2	1,28	12,7	1,22	4,49	4,57	4,65	2,38	2,45	2,53
			8			11,18	8,77	90,9	2,85	27,1	1,56	194	3,04	47,8	1,36	16,3	1,21	4,55	4,62	4,7	2,43	2,5	2,58

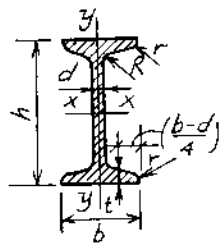
Tiếp bảng IV.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
10/6,3	100	63	6	10	3,3	9,59	7,53	98,3	3,2	30,6	1,79	198	3,23	49,9	1,42	18,2	1,38	4,92	4,99	5,07	2,62	2,7	2,77
			7			11,1	8,7	113	3,19	35	1,78	232	3,28	58,7	1,46	20,8	1,37	4,95	5,02	5,1	2,64	2,72	2,78
			8			12,6	9,87	127	3,18	39,2	1,77	266	3,32	67,6	1,5	23,4	1,36	4,97	5,04	5,12	2,67	2,74	2,82
			10			15,5	12,1	154	3,15	47,1	1,75	333	3,4	85,8	1,58	28,3	1,35	5,01	5,09	5,17	2,71	2,79	2,87
11/7	110	70	6,5	10	3,3	11,4	8,98	142	3,53	45,6	2	286	3,55	74,3	1,58	26,9	1,53	5,38	5,45	5,53	2,89	2,97	3,04
			8			13,9	10,9	172	3,54	54,6	1,98	353	3,61	92,3	1,64	32,3	1,52	5,41	5,49	5,55	2,92	2,99	3,06
12,5/8	125	90	7	11	3,7	14,1	11	227	4,01	73,7	2,29	452	4,01	119	1,8	43,4	1,76	6,04	6,11	6,18	3,24	3,31	3,39
			8			16	12,5	256	4	83,0	2,28	518	4,05	137	1,84	48,8	1,75	6,06	6,13	6,21	3,27	3,34	3,41
			10			19,7	15,5	312	3,98	100	2,26	649	4,14	173	1,92	59,3	1,74	6,11	6,19	6,27	3,31	3,38	3,46
			12			23,4	18,3	365	3,95	117	2,24	784	4,22	210	2	69,5	1,42	6,15	6,23	6,3	3,35	3,43	3,5
14/9	140	90	8	12	4	18	14,1	364	4,49	120	2,58	727	4,49	194	2,03	70,3	1,98	6,72	6,79	6,86	3,61	3,69	3,76
			10			22,2	17,5	444	4,47	146	2,56	911	4,58	245	2,12	85,5	1,96	6,77	6,84	6,92	3,67	3,74	3,8

Tiếp bảng IV.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
16/10	160	90	9	13	4,3	22,9	18	606	5,15	186	2,85	1221	5,19	300	2,23	110	2,2	7,67	7,75	7,82	3,95	4,02	4,09
			10			25,3	19,8	667	5,13	204	2,84	1359	5,23	335	2,28	121	2,19	7,69	7,77	7,84	3,97	4,04	4,12
			12			30,0	23,6	784	5,11	239	2,82	1631	5,32	405	2,56	142	2,18	7,74	7,82	7,90	4,02	4,09	4,16
			14			34,7	27,3	897	5,08	272	2,8	1910	5,4	477	2,43	162	2,16	7,70	7,85	7,93	4,05	4,13	4,2
18/11	180	110	10	14	4,7	28,3	22,2	952	5,8	276	3,12	1933	5,88	444	2,44	165	2,42	8,62	8,7	8,77	4,29	4,36	4,48
			12			33,7	26,4	1123	5,77	324	3,1	2324	5,97	537	2,52	194	2,4	8,67	8,75	8,82	4,33	4,4	4,47
20/12,5	200	125	11	14	4,7	34,9	27,4	1449	6,45	446	3,58	2920	6,5	718	2,79	264	2,75	9,51	9,59	9,66	4,86	4,93	5
			12			37,9	29,7	1568	6,43	482	3,57	3189	6,54	786	2,83	285	2,74	9,54	9,62	9,68	4,88	4,95	5,02
			14			43,9	34,4	1801	6,41	551	3,54	3726	6,62	922	2,91	327	2,73	9,58	9,65	9,73	4,92	4,99	5,06
			16			49,8	39,1	2026	6,38	617	2,52	4264	6,71	1061	2,99	367	2,72	9,63	9,7	9,78	4,95	5,03	5,1
25/16	250	160	12	18	6	48,3	37,9	3147	8,07	1031	4,62	6212	7,97	1634	3,53	604	3,54	11,7	11,77	11,84	6,13	6,2	6,26
			16			63,6	49,9	4091	8,02	1331	4,58	8308	8,14	2200	3,69	781	3,5	11,78	11,86	11,93	6,21	6,27	6,34
			18			71,1	55,8	4545	7,99	1475	4,55	9358	8,23	2487	3,77	866	3,49	11,84	11,91	11,98	6,24	6,3	6,38
			28			78,5	61,7	4987	7,97	1613	4,53	10410	8,31	2776	3,85	949	3,48	12,88	11,95	12,02	6,28	6,35	6,42

Bảng IV.4 Thép cán dạng chữ I



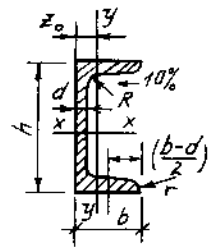
Các ký hiệu:

h - Chiều cao dầm
b - Bề rộng dầm
d - Bề dày bản bụng
t - Bề dày trung bình của cánh
r - Bán kính góc uốn tròn trong
R - Bán kính góc tròn ở mép.
J - Mô men quán tính
W - Mô men chống uốn
S - Mô men tĩnh của nửa tiết diện
$r_{x;y}$ - Bán kính quán tính

Theo TCVN 1655 - 75 và ГОСТ 8239 - 72

Số hiệu thép hình	Kích thước, mm						Diện tích tiết diện, cm^2	Trọng lượng 1m, kG	Đặc trưng tiết diện theo các trục						
									x - x				y - y		
	h	*b*	*d*	*t*	*R*	*r*			J_x, cm^4	W_x, cm^3	r_x, cm	S_x, cm^3	J_y, cm^4	W_y, cm^3	r_y, cm
10	100	55	4,5	7,2	7,0	2,5	12,0	9,46	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22
12	120	64	4,8	7,3	7,5	3,0	14,7	11,50	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38
14	140	73	4,9	7,5	8,0	3,0	17,4	13,70	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,50	1,55
16	160	81	5,0	7,8	8,5	3,5	20,2	15,90	873	109,0	6,57	62,3	58,6	14,50	1,70
18	180	90	5,1	8,1	9,0	3,5	23,4	18,40	1290	143,0	7,42	81,4	82,6	18,40	1,88
18a	180	100	5,1	8,3	9,0	3,5	25,4	19,90	1430	159,0	7,51	89,8	114,0	22,80	2,12
20	200	100	5,2	8,4	9,5	4,0	26,8	21,00	1840	184,0	8,28	104,0	114,0	23,10	2,07
20a	200	110	5,2	8,6	9,5	4,0	28,9	22,70	2030	203,0	8,37	114,0	155,0	28,20	2,32
22	220	110	5,4	8,7	10,0	4,0	30,6	24,00	2550	232,0	9,13	131,0	157,0	28,60	2,27
22a	220	120	5,4	8,9	10,0	4,0	32,8	25,80	2790	254,0	9,22	143,0	206,0	34,30	2,50
24	240	115	5,6	9,5	10,5	4,0	34,8	27,30	3460	289,0	9,97	163,0	198,0	34,50	2,37
24a	240	125	5,6	9,8	10,5	4,0	37,5	29,4	3800	317,0	10,10	178,0	260,0	41,60	2,63
27	270	125	6,0	9,8	11,0	4,5	40,2	31,50	5010	371,9	11,2	210,0	260,0	41,6	2,54
27a	270	135	6,0	10,2	11,0	4,5	43,2	33,90	5500	407,0	11,30	229,0	337,0	50,00	2,80
30	300	135	6,5	10,2	12,0	5,0	46,5	36,50	7080	472,0	12,30	260,0	337,0	49,90	2,69
30a	300	145	6,5	10,7	12,0	5,0	49,9	39,20	7780	518,0	12,50	292,0	436,0	60,10	2,95
33	330	140	7,0	11,2	13,0	5,0	53,8	42,20	9840	597,0	13,50	339,0	419,0	59,90	2,79
36	360	145	7,5	12,3	14,0	6,0	61,4	48,60	13380	743,0	14,70	423,0	516,0	71,10	2,89
40	400	155	8,3	13,0	15,0	6,0	72,60	57,00	19062	953,0	16,20	545,0	667,0	86,10	3,03
45	450	160	9,0	14,2	16,0	7,0	84,7	66,50	27696	1231,0	18,10	708,0	808,0	101,00	3,09
50	500	170	10,0	15,2	17,0	7,0	100,0	78,50	39727	1589,0	19,90	919,0	1043,0	123,00	3,23
55	550	180	11,0	16,5	18,0	7,0	118,0	92,60	55962	2035,0	21,80	1181,0	1356,0	151,00	3,39
60	600	190	12,0	17,8	20,0	8,0	138,0	108,00	75806	2560,0	23,60	1491,0	1725,0	182,00	3,54

Bảng IV.5. Thép cán chữ [có góc nghiêng ở mép trong



Các kí hiệu:

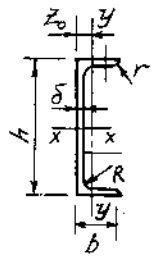
h - bề cao
b- bề rộng cánh
d- bề dày bản bụng
t - bề dày trung bình của cánh
R - bán kính góc tròn trong
r - bán kính góc tròn ở mép

J-mô men quán tính
W-mô men chống uốn
$r_{x,y}$-bán kính quán tính
S-mô men tĩnh nửa tiết diện
z_0-khoảng cách từ trục *y - y* đến mặt ngoài bụng

Theo TCVN - 1654 - 75 và ГОСТ 8240 - 72

Số hiệu	Trọng lượng 1m dài, kG	Kích thước, mm						Diện tích tiết diện, cm^2	Các trị số đối với các trục							
									x - x				*y - y*			z_0 cm
		h	*b*	*d*	*t*	*R*	*r*		J_x, cm^4	W_x, cm^3	r_x, cm	S_x, cm^3	J_y, cm^4	W_y, cm^3	r_y, cm	
5	4,84	50	32	4,4	7	6	2,5	6,16	22,8	9,1	1,92	5,59	5,61	2,75	0,954	1,16
6,5	5,9	65	36	4,4	7,2	6,5	2,5	7,51	48,6	15	2,54	9	8,7	3,68	1,08	1,24
8	7,05	80	40	4,5	7,4	6,5	2,5	8,98	89,4	22,4	3,16	13,3	12,8	4,75	1,19	1,31
10	8,59	100	46	4,5	7,6	7	3	10,9	174	34,8	3,99	20,4	20,4	6,46	1,37	1,44
12	10,4	120	52	4,8	7,8	7,5	3	13,3	304	50,6	4,78	29,6	31,2	8,52	1,53	1,54
14	12,3	140	58	4,9	8,1	8	3	15,6	491	70,2	5,6	40,8	45. 5	11	1,7	1,67
14a	13,3	140	62	4,9	8,7	8	3	17	515	77,8	5,66	45,1	57,5	13,3	1,84	1,87
16	14,2	160	64	5	8,4	8,5	3,5	18,1	747	93,4	6,42	54,1	63,3	13,8	1,87	1,8
16a	15,3	160	68	5	9	8,5	3,5	19,5	823	103	6,49	59,4	78,8	16.4	2,01	2
18	16,3	180	70	5,1	8,7	9	3,5	20,7	1090	121	7,24	69,8	86	17	2,04	1,94
18a	17,4	180	74	5,1	9,3	9,7	3,5	22,2	1190	132	7,32	76,1	105	20,7	2,18	2,13
20	18,4	200	76	5,2	9	9,5	4	23,4	1520	152	8,07	87,8	113	20,5	2,2	2,07
20a	19,8	200	80	5,2	9,7	9,5	4	25,2	1670	167	8,15	95,9	139	24,2	2,35	2,28
22	21	220	82	5,4	9,5	10	4	26,7	2110	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21
22a	22,6	220	87	5,4	10,2	10	4	28,8	2330	212	8,99	121	187	30	2,55	2,46
24	24	240	90	5,6	10	10,5	4	30,6	2900	242	9,73	139	208	31,6	2,6	2,67
24a	25,8	240	95	5,6	10,7	10,5	4	32,9	3180	265	9,84	151	254	37,2	2,78	2,67
27	27,7	270	95	6	10,5	11	4,5	35,2	4160	308	10,9	178	262	37,3	2,73	2,47
30	31,8	300	100	6,5	11	12	5	40,5	5810	387	12	224	327	43,6	2,84	2,52
33	36,5	330	105	7	11,7	13	5	46,5	7980	484	13,1	281	410	51,8	2,97	2,59
36	41,9	360	110	7,5	12,6	14	6	53,4	10820	601	14,2	350	513	61,7	3,1	2,68
40	48,3	400	115	8	13,5	15	6	61,5	15220	761	15,7	444	642	73,4	3,23	2,75

Bảng IV.6. Thép cán chữ [các biên cánh song song



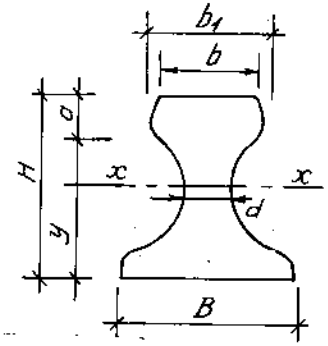
Các kí hiệu:

h - bề cao
b- bề rộng cánh
s- bề dày bản bụng
t - bề dày trung bình của cánh
R - bán kính góc tròn trong
r - bán kính góc tròn ở mép

J-mô men quán tính
W-mô men chống uốn
$r_{x,y}$-bán kính quán tính
S-mô men tĩnh nửa tiết diện
z_0-khoảng cách từ trọng tâm

ГОСТ 8240 - 72

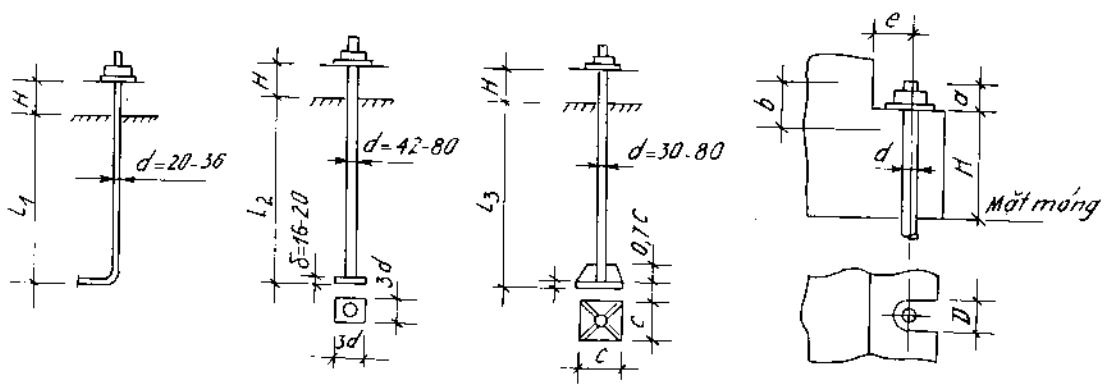
Số hiệu thép cán	Kích thước, mm						Diện tích tiết diện, cm^2	Trọng lượng 1m dài, kG	Các trị số đối với các trục							z_0, cm
									x – x				y – y			
	h	*b*	*s*	*t*	*R*	*r*			J_x, cm^4	W_x, cm^3	r_x, cm	S_x, cm^3	J_y, cm^4	W_y, cm^3	r_y, cm	
5	50	32	4,4	7,0	6,0	3,5	6,16	4,84	22,8	9,14	1,92	5,61	5,95	2,99	0,983	1,21
6,5	65	32	4,4	7,2	6,0	3,5	6,51	5,90	48,8	15,00	2,55	9,02	9,35	4,06	1,120	1,29
8	80	40	4,5	7,4	6,5	3,5	8,98	7,05	89,8	22,50	3,16	13,30	13,90	5,31	1,240	1,38
10	100	46	4,5	7,6	7,0	4,0	10,90	8,59	175,0	34,90	3,99	20,50	22,60	7,37	1,440	1,53
12	120	52	4,8	7,8	7,5	4,5	13,30	10,40	305,0	50,80	4,79	29,70	34,90	9,84	1,620	1,66
14	140	58	4,9	8,1	8,0	4,5	15,60	12,30	493,0	70,40	5,61	40,90	51,50	12,90	1,810	1,82
14a	140	62	4,9	8,7	8,0	4,5	17,00	13,30	547,0	78,20	5,68	45,20	65,20	15,70	1,960	2,04
16	160	64	5,0	8,4	8,5	5,0	18,10	14,20	750,0	93,80	6,44	54,30	72,80	16,40	2,000	1,97
16a	160	68	5,0	9,0	8,5	5,0	19,50	15,30	827,0	103,00	6,51	59,50	90,50	19,60	1,150	2,19
18	180	70	5,1	8,7	9,0	5,0	20,70	16,30	1090,0	121,00	7,26	70,00	100,00	20,60	2,200	2,14
18a	180	74	5,1	9,3	9,0	5,0	22,20	17,40	1200,0	133,00	7,34	76,30	123,00	24,30	2,350	2,36
20	200	76	5,2	9,0	9,5	5,5	23,40	18,40	1530,0	153,00	8,08	88,00	134,00	25,20	2,390	2,30
20a	200	80	5,2	9,7	9,5	5,5	25,20	19,80	1680,0	168,00	8,17	96,20	162,00	29,70	2,540	2,50
22	220	82	5,4	9,5	10,0	6,0	26,70	21,00	2120,0	193,00	8,90	111,00	178,00	31,00	2,580	2,47
22a	220	87	5,4	10,2	10,0	6,0	28,80	22,60	2340,0	212,00	9,01	211,00	220,00	37,00	2,770	2,75
24	240	90	5,6	10,0	10,5	6,0	30,60	24,00	2910,0	243,00	9,75	139,00	248,00	39,50	2,850	2,72
24a	240	95	5,6	10,7	10,5	6,0	32,90	25,80	3200,0	266,00	9,86	152,00	302,00	46,50	3,030	3,01
27	270	95	6,0	10,5	11,0	6,5	35,20	27,70	4180,0	310,00	10,90	178,00	314,00	46,70	2,990	2,78
30	300	100	6,5	11,0	12,0	7,0	40,50	31,80	5830,0	389,00	12,00	224,00	393,00	54,80	3,120	2,83
33	330	105	7,0	11,7	13,0	7,5	46,50	36,50	8010,0	486,00	13.10	281,00	491,00	64,60	3,250	2,90
36	360	110	7,5	12,6	14,0	8,5	53,40	41,90	10850,0	603,00	14,30	350,00	611,00	76,30	3,380	2,99
40	400	115	8,0	13,5	15,0	9,0	61,50	48,30	15260,0	763,00	15,80	445,00	760,00	89,90	3,510	3,05



Bảng IV.7 **Ray cầu trục**

Loại ray	Khối lượng 1m dài, kG	Kích thước, mm						Diện tích tiết diện, cm^2	Mômen quán tính		Khoảng cách trọng tâm y_y, cm
		H	B	b	b_1	a	d		J_x, cm^4	J_y, cm^4	
KP50	29,85	90	90	50	55	25	20	38,02	357,54	111,42	4,32
KP60	40,03	105	105	60	65,5	27,5	24	50,99	654,6	195,88	4,83
KP70	52,83	120	120	70	76,5	32,5	28	67,3	1081,99	327,16	5,93
KP80	63,69	130	130	80	87	35	32	81,13	1517,4	482,39	6,43
KP100	88,96	150	150	100	108	40	38	113,32	2864,73	910,98	7,6
KP120	118,1	170	170	120	129	45	44	150,44	4923,79	1694,83	8,13
KP140	153,49	190	190	150	150	50	50	195,53	7427,23	2483,4	9,84

Bảng IV.8. **Kích thước của bulông neo bằng thép BCT3KП2 trong bê tông móng số hiệu 100 ÷ 150**



Đường kính, mm		Diện tích tiết diện thu hẹp A, cm^2	Chiều dài chôn sâu, mm			Chiều dài phần đầu a, mm	Chiều dài ren b, mm	Khoảng cách dầm đế e, mm	Lỗ cho bulông D, mm	Kích thước tấm đệm mm
ngoài	trong		tiêu chuẩn		nhỏ nhất					
			l_1	l_2	l_3 khi d = 30,60					
20	16,93	2,25	700	-	-	35	60	30	30	-
22	18,93	2,81	800	-	-	40	65	30	35	-
24	20,32	3,24	850	-	-	45	70	30	35	-
27	23,32	4,27	1000	-	-	50	75	35	40	-
30	25,71	5,19	1050	-	500	55	80	40	50	140x20
36	31,09	7,58	1300	-	600	65	90	45	60	200x20
42	36,48	10,45	-	1500	700	70	100	50	70	200x20
48	41,86	13,75	-	1700	800	80	110	60	80	240x25
56	49,23	19,02	-	2000	1000	100	120	70	90	240x25
64	56,64	25,2	-	2300	1100	110	130	80	100	280x30
72	64,64	32,8	-	2600	1300	120	145	90	110	280x30
80	72,64	41,4	-	2800	1400	140	155	100	120	350x40

Phụ lục V. TẢI TRỌNG GIÓ THEO TCVN 2737 - 90

V.1 Tải trọng gió tác dụng lên nhà và công trình phải xác định bằng tổng các thành phần tĩnh và động.

Thành phần tĩnh phải kể đến trong mọi trường hợp.

Thành phần động phải kể đến khi tính toán các công trình có chu kỳ dao động riêng lớn hơn 0,25 giây. Đối với nhà công nghiệp một tầng, một nhịp, thành phần động được kể đến khi độ cao nhà trên 36 m và tỷ số độ cao trên nhịp lớn hơn 1,5.

V.2. Giá trị tiêu chuẩn thành phần tĩnh của tải trọng gió q_{tc}^{t} tính bằng daN/m^2, xác định theo công thức :

$$q_{tc}^{t} = q_0 . K . C$$

Trong đó: q_0 - áp lực động, lấy theo chỉ dẫn ở phần V.3.;

K - hệ số kể đến sự thay đổi của áp lực động theo chiều cao, lấy theo chỉ dẫn ở phần V.4.

C - hệ số khí động, theo các chỉ dẫn ở phần V.5., phụ thuộc hình dạng công trình.

V.3. Áp lực động q_0 của gió ở độ cao 10m so với mặt đất (nếu chênh lệch độ cao của mặt đất xung quanh so với điểm đặt công trình là nhỏ) hoặc so với mốc chuẩn qui ước (nếu chênh lệch độ cao của điểm đặt công trình và mặt đất xung quanh là lớn). Áp lực q_0 phụ thuộc vào bản đồ phân vùng gió nhà nước; ở những vùng có ảnh hưởng mạnh của gió bão, q_0 được tăng thêm 10 daN/m^2.

Giá trị q_0 tính bằng daN/ m^2 lấy theo bảng sau:

Vùng áp lực gió	q_0, daN/m^2	Ảnh hưởng gió bão		q_0 (dùng để thiết kế), daN/m^2	Một số địa điểm tương ứng
		mức độ	áp lực phụ thêm		
I	50	yếu	0	50	Vùng núi phía bắc: Lạng Sơn, Hòa Bình... Cao nguyên Trung bộ: Plây cu, Buôn Mê Thuột... Đồng bằng Nam Bộ: Rạch giá, Cà Mâu...
IIa	70	yếu	0	70	Thành phố Hồ Chí Minh, Cần Thơ, Sóc Trăng...
IIb	70	mạnh	10	80	Hà Nội, Đồng Hới, Huế, Đà Nẵng, Quảng Ngãi...
III	90	mạnh	10	100	Kiến An, Nho Quan, Nam Định, Thanh Hóa. Vinh, Qui Nhơn...
IV	110	mạnh	10	120	Vùng ven vịnh Bắc Bộ: Quảng Ninh, Hải Phòng, Thái Bình, Hà Nam Ninh...

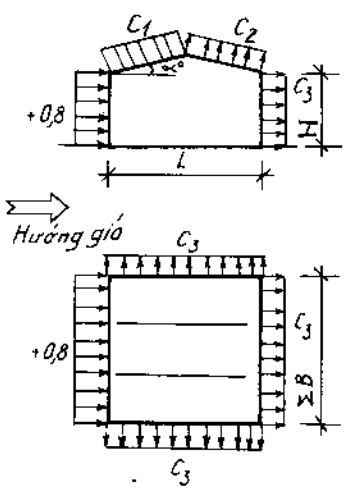
V.4. Giá trị của hệ số K phụ thuộc độ cao điểm tính gió so với mặt đất (hoặc mốc chuẩn) và dạng địa hình xung quanh, xác định theo số liệu bảng sau:

Độ cao, m \ Dạng địa hình	A	B	C
3	0,92	0,84	0,61
5	1,03	0,84	0,61
10	1,19	1,00	0,61
15	1,30	1,11	0,71
20	1,38	1,19	0,78
30	1,51	1,32	0,91
40	1,60	1,42	1,02
50	1,68	1,51	1,10
60	1,75	1,58	1,18
80	1,86	1,69	1,31
100	1,95	1,79	1,42

- Địa hình *A* ứng với địa hình trống trải, không có hoặc có rất ít các vật cản cao không quá 1,5m: bờ biển, mặt hồ, đồng trống...
- Địa hình *B* ứng với địa hình tương đối trống trải, có thưa thớt một số vật cản cao không quá 10 m: ngoại ô, thị trấn lẻ, rừng thưa, rừng non...
- Địa hình *C* ứng với địa hình bị che chắn mạnh, có nhiều vật cản sát nhau cao từ 10 m trở lên: thành phố, rừng rậm ...
- Cho phép xác định các giá trị trung gian của *K* bằng cách nội suy tuyến tính các giá trị cho trong bảng trên.

V.5. Hệ số khí động C phụ thuộc vào loại công trình, bề mặt đón gió. Với một số công trình thông dụng của nhà công nghiệp, hệ số C lấy theo bảng sau:

1.



Sơ đồ dùng cho mái dốc 2 phía

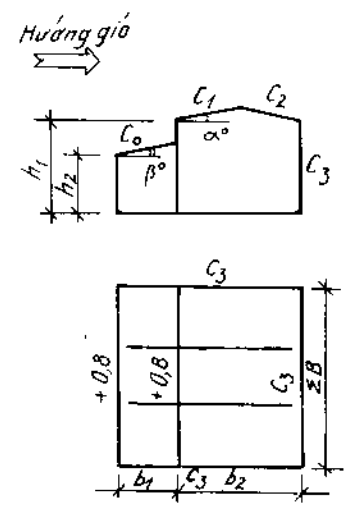
Giá trị C_1, C_2

Hệ số	α, °	Tỉ số H/L			
		0	0, 5	1	≥ 2
C_1	0	0	-0.6	-0,7	-0,8
	20	+0,2	-0,4	-0,7	-0,8
	40	+0,4	+0,3	-0,2	-0,4
	60	+0,8	+ 0,8	+ 0,8	+0,8
C_2	-	-0,4	-0,4	-0,5	-0,8

Giá trị C_3

$\sum B/L$	H/L		
	≤ 0,5	1	2
≤ 1	-0,4	-0,5	-0,6
≥2	-0,5	-0,6	-0,6

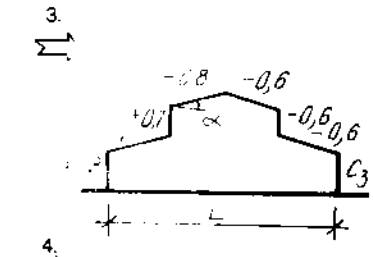
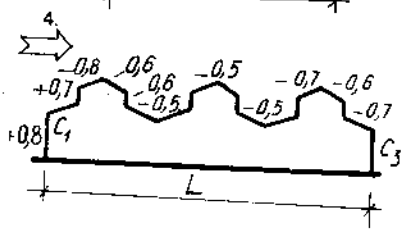
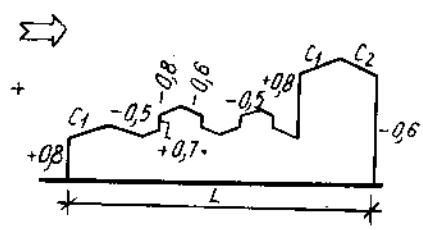
2.



Sơ đồ dùng cho các loại nhà kín có phần bán mái

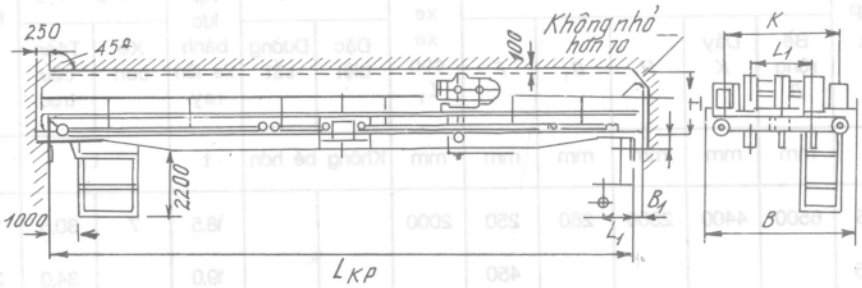
h_1/h_2	C_0	Ghi chú
1,1	-0,5	
1,2	-0,3	+ Khi $b_1 \leq b_2$
1,6	-0,1	và $0 \leq \beta \leq 30^0$
1,8	0	C_0 lấy theo bảng này
2	+0,2	+ Khi $b_1 > b_2$
2,5	+0,4	C_0 lấy theo mục 1.
3	+0,6	
≥ 4	+ 0,8	

Tiếp bảng hệ số khí động C

3.  4.  	Sơ đồ dùng cho nhà có cửa trời dọc theo chiều dài nhà. Các giá trị C_1, C_2 lấy theo mục 1. Hệ số áp lực đối với các mặt đầu hồi của cửa trời, lấy bằng âm 0,6. Hệ số áp lực đối với mặt đón gió của cửa trời khi góc nghiêng dưới 20°, lấy bằng âm 0,8.
5.  	

Phụ lục VI. CÁC SỐ LIỆU VỀ CẦU TRỤC

Bảng VI.1. Cầu trục điện thông dụng, sức trục từ 5 đến 50 t



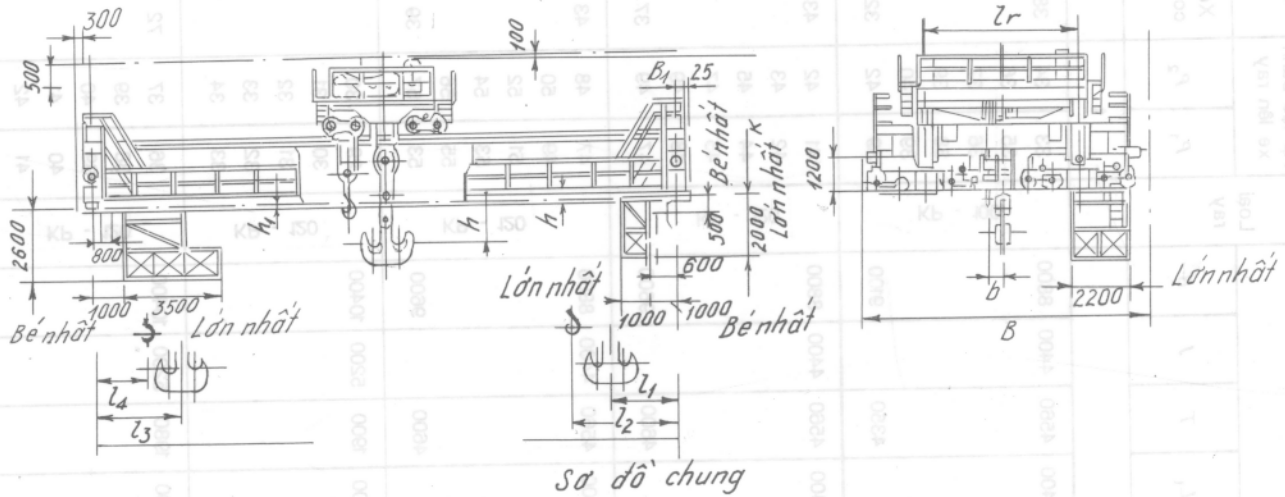
Cầu trục một móc, chế độ làm việc trung bình

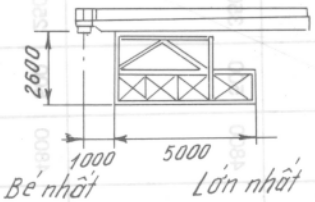
Sức trục	Nhịp L_k	Kích thước gabarit chính, mm						Loại ray		Áp lực bánh xe lên ray	Trọng lượng		Nhịp L_k
		Bề rộng B	Đáy K	H	B_1	F	Bánh xe xe con L_1	Đặc biệt	Đường sắt		Xe con	Toàn cầu trục	
t	m	mm	mm	mm			mm	không bé hơn		t	t		m
5	19,5	5000	3500	1650	230	350	1400	KP-70	P-38	8,9	2,2	20,6	19,5
	22,5	6500	5000			450				10,1		25,0	22,5
	25,5					550				10,7		26,0	25,5
	28,5					600				11,5		31,2	28,5
	31,5					750				12,2		33,3	31,5
10	19,5	6300	4400	1900	260	300	2000	KP-70	P-38	13,5	4,0	24,0	19,5
	22,5					600				14,5		27,0	22,5
	25,5					600				15,5		30,0	25,5
	28,5		5000			900				17,0		34,8	28,5
	31,5					900				18,0		40,0	31,5
15	19,5	6300	4400	2500	260	250			P-43	17,5	5,3	28,0	19,5
	22,5					450				18,5		31,0	22,5
	25,5		5000			450				19,5		34,0	25,5
	28,5					250				21,0		41,0	28,5
	31,5					750				22,0		45,0	31,5

Tiếp bảng VI.1. **Cầu trục hai móc, chế độ làm việc trung bình**

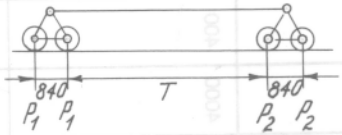
Sức lực		Nhịp L_K	Kích thước gabarit chính					Bánh xe xe con L_t	Loại ray		Áp lực bánh xe lên ray	Trọng lượng		Nhịp L_K
Móc chính	Móc phụ		Bề rộng B	Đáy K	H	B_1	F		Đặc biệt	Đường sắt		Xe con	Toàn cầu trục	
t		m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Không bé hơn		t	t		m
15	8	19,5	6500	4400	2300	260	250	2000	KP - 70	P - 43	18,5	7	30,5	19,5
		22,5					450				19,0		34,0	22,5
		25,5					450				20,0		36,5	25,5
		28,5		$\overline{5000}$			750				22,0		43,5	28,5
		31,5					750				23,0		47,5	31,5
20	5	19,5	6300	4400	2400	260	250	2000	KP - 70	P - 43	21,0	8,5	32,5	19,5
		22,5					450				22,0		36,0	22,5
		25,5					450				23,5		41,0	25,5
		28,5		$\overline{5000}$			750				25,5		46,5	28,5
		31,5					850				26,5		50,0	31,5
30	5	19,5	6300	5100	2750	300	250	2500		-	30,0	12	47,5	19,5
		22,5					500				31,5		52,0	22,5
		25,5					500				33,0		56,5	25,5
		28,5					850				34,5		62,0	28,5
		31,5					850				36,0		67,5	31,5
50	10	19,5	6650	5250	3150	300	250	2500	KP - 80	-	45,0	18,0	61,5	19,5
		22,5					500				46,5		66,5	22,5
		25,5					500				48,0		72,0	25,5
		28,5					650				49,0		77,0	28,5
		31,5					650				51,5		84,0	31,5
		34,5	6860	5600	4000	350	650				45,5	13,5	73,1	34,5

HÌNH VẼ CỦA BẢNG VI-2 PHỤ LỤC VI

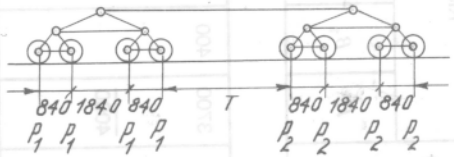




Kích thước cabin của cầu trục 150/30t; 200/30t; 250/30t



Cầu trục 75; 100; 125t và cầu trục 150t nhịp dưới 16 m



Cầu trục 150t nhịp lớn hơn 16m và cầu trục 200; 250t

Bảng VI.2. **Cầu trục hai móc, chế độ làm việc trung bình**

Sức lực		Nhịp L_K	Kích thước gabarit chính							Loại ray	Áp lực bánh xe lên ray		Trọng lượng		Nhịp L_K
Móc chính	Móc phụ		H	B_1	F	L_1	T	J	B		P_1	P_2	Xe con	Cầu trục	
t		m									t		t		m
75	20	19,5	3700	400	250	4400	4560	4400	8800	KP - 100	33	34	38	105	19,5
		22,5									35	36		115	22,5
		25,5									36	37		125	25,5
		28,5	4000								38	39		135	28,5
		31,5									39	40		140	31,5
		34					4350		9100		39	42	32	129	34
100	20	19	3700	400	250	4400	4560	4400	8800	KP - 120	41	42	43	115	15
		22									42	43		125	22
		25	4000								44	45		135	25
		28									45	47		145	28
		31									48	49		155	31
		34					4600		9600		47	49	37	143	34
125	20	19	4000	400	250	4400	4560	4400	8800	KP - 120	47	48	43	125	19
		22									49	50		135	22
		25									51	52		145	25
		28									53	54		155	28
		31									55	56		165	31
		34					4600		9600		53	57	39	153	34
150	30	19	4800	500	250	5500	1900	5200	10400	KP - 120	29	30		165	19
		22									30	31		175	22
		25									31	32		185	25
		28									32	33		195	28
		31									33	34		210	31
200	30	19	4800	500	350	5500	1980	5200	10400	KP - 120	36	37	72	180	19
		22									38	39		190	22
		25									39	40		205	25
		28									40	41		220	28
		31									41	42		235	31
250	30	22	4800	500	250	5500	1980	5200	10400	KP - 120	46	47	75	230	22
		25									47	48		240	26
		28									48	49		255	28
		31	5200								50	51		270	31

MỤC LỤC

	Trang
Lời nói đầu	3
Chương 1. Các bộ phận của kết cấu thép nhà công nghiệp	
§ 1.1. Đại cương về kết cấu thép nhà công nghiệp	5
§ 1.2. Khung ngang	6
§ 1.3. Hệ giằng	10
Chương 2. Tính toán khung ngang	
§ 2.1. Tải trọng tác dụng lên khung ngang	13
§ 2.2. Tính nội lực khung	19
§ 2.3. Xác định nội lực tính toán	27
Chương 3. Thiết kế cột	
§ 3.1. Xác định chiều dài tính toán của cột	32
§ 3.2. Thiết kế tiết diện cột	34
§ 3.3. Thiết kế các chi tiết cột	54
Chương 4. Thiết kế dàn vì kèo	
§ 4.1. Sơ đồ và các kích thước chính của dàn vì kèo	70
§ 4.2. Tải trọng và nội lực của dàn vì kèo	71
§ 4.3. Xác định tiết diện thanh dàn	79
§ 4.4. Tính toán các chi tiết của dàn	88
Phụ lục	
Phụ lục I. Những tiêu chuẩn để tính toán kết cấu thep	100
Phụ lục II. Những số liệu để tính toán ổn định	105
Phụ lục III. Công thức tính phản lực gối tựa của các thanh cơ bản	117
Phụ lục IV. Qui cách thép cán	119
Phụ lục V. Tải trọng gió theo TCVN 2737- 90	132
Phụ lục VI. Các số liệu về cầu trục	135

Gs. ĐOÀN ĐỊNH KIẾN *(chủ biên)*
PHẠM VĂN TƯ, NGUYỄN QUANG VIÊN

THIẾT KẾ KẾT CẤU THÉP NHÀ CÔNG NGHIỆP

Chịu trách nhiệm xuất bản : Pgs, Ts. TÔ ĐĂNG HẢI
Biên tập : LÊ THANH ĐỊNH
Trình bày kỹ thuật : MINH TÙNG
Sửa bản in : TRẦN KHÁNH THỊNH
:

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
70 TRẦN HƯNG ĐẠO, HÀ NỘI

In 1000 cuốn, khổ 19 x 27cm, tại Xí nghiệp in 19-8.
Giấy phép xuất bản số: 150 - 427 cấp ngày 4-2 - 2005
In xong và nộp lưu chiểu tháng 3 năm 2005.

205064

Giá: 20.000đ