

Phần 1

THIẾT KẾ KHUNG NGANG

1. XÁC ĐỊNH KÍCH THƯỚC KHUNG NGANG

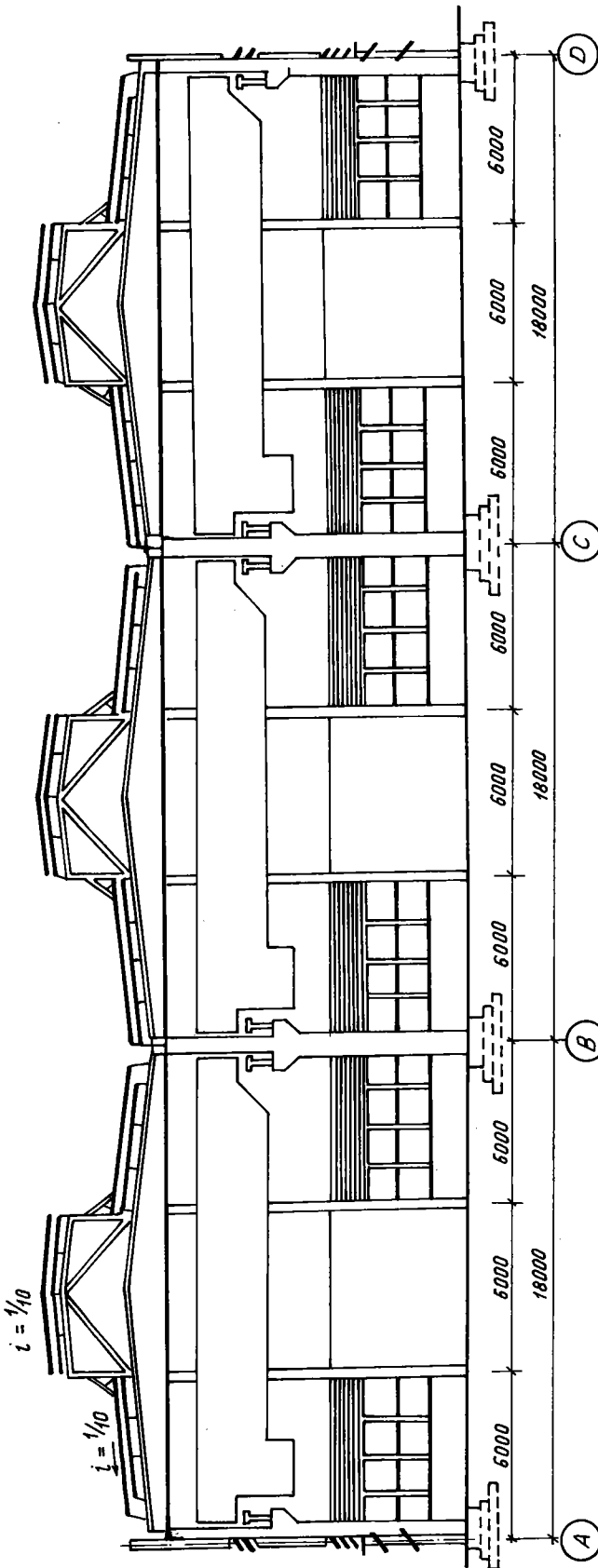
1. Sơ đồ khung ngang

Kết cấu mái, cột, móng tạo thành khung ngang nhà. Phần trên cùng của nhà là mái bao gồm panen mái và các lớp phủ. Kết cấu chịu lực chính của mái là dầm mái, dàn mái hoặc vòm mái, chúng tựa lên cột hoặc lên tường dọc của nhà. Nếu dùng tấm mái cỡ lớn đủ chiều dài gác từ kết cấu chịu lực mái này sang kết cấu chịu lực kia thì không cần xà gồ. Nếu dùng các tấm mái cỡ nhỏ thì phải dùng xà gồ. Xà gồ gác lên kết cấu chịu lực mái, còn tấm mái thì tựa lên xà gồ. Để lấy ánh sáng và thông gió trên mái có thể bố trí cửa mái. Khi kết cấu mái kê trực tiếp lên cột thì tường dọc chỉ đóng vai trò bao che, tường tựa lên móng tường hoặc dầm móng. Cột tựa lên móng (thường là móng đơn hoặc móng cọc). Trong nhà có cầu trục, cột phải có vai để đỡ dầm cầu trục. Trên hình 1.1.1 thể hiện mặt cắt ngang nhà một tầng ba nhịp có cầu trục.

2. Kết cấu mái

Việc chọn hình thức kết cấu mái tùy thuộc chủ yếu vào nhịp nhà. Khi nhịp nhà L từ 18 m trở xuống nên chọn kết cấu mái là dầm. Khi nhịp nhà từ 18 m trở lên nên dùng dàn hoặc vòm. Nếu chọn phương án dầm thì sơ bộ lấy chiều cao giữa dầm bằng $(1/10 \div 1/15) L$. Chiều cao đầu dầm có thể lấy bằng $(1/20 \div 1/35) L$. Tuy vậy để tiện cho định hình hóa tấm panen úp vào mảng tường đầu dầm, thường lấy chiều cao đầu dầm là 800 mm. Độ dốc của dầm phụ thuộc độ dốc thoát nước của mái, thường lấy bằng $1/10 - 1/12$. Nếu chọn phương án dàn, chiều cao giữa dàn thường lấy bằng $(1/7 \div 1/9) L$. Khoảng cách giữa các mắt dàn ở thanh cánh thượng thường lấy bằng 3 m. Khoảng cách giữa các mắt dàn ở thanh cánh hạ thường lấy là 6 m.

Căn cứ vào yêu cầu kiến trúc và yêu cầu sử dụng để quyết định hình dáng kích thước và cấu tạo cửa mái. Cửa mái được bố trí chạy dọc theo nhà. Chiều rộng cửa mái thường lấy bằng 6 m khi nhịp nhà nhỏ hơn hoặc bằng 18 m, lấy bằng 12 m khi nhịp nhà lớn hơn 18 m. Chiều cao cửa mái lấy theo yêu cầu về chiếu sáng.



Hình 1.1.1. Mặt cắt ngang nhà ba nhịp có cấu trúc

3. Dầm cầu trục

Trong nhà công nghiệp khi bước cột của nhà từ 12 m trở xuống và sức trục không quá 30 t thì thường dùng dầm cầu trục bằng bê tông cốt thép lắp ghép. Dầm cầu trục gác lên vai cột theo phương dọc nhà. Nhịp dầm cầu trục chính bằng bước cột. Căn cứ vào sức trục và nhịp của dầm để quyết định hình thức và kích thước tiết diện dầm. Thông thường tiết diện ngang của dầm cầu trục là tiết diện chữ T. Cánh của tiết diện chữ T có tác dụng tăng độ cứng theo phương ngang khi chịu lực hãm của xe trục, đồng thời tạo thuận tiện cho việc lắp đường ray và sử dụng cầu trục. Kích thước tiết diện lấy theo yêu cầu về độ cứng và yêu cầu để liên kết với ray. Các dầm cầu trục nhịp 6 m định hình thường có kích thước như sau : chiều cao tiết diện $H_c = (600 \div 1000)$ mm, bề rộng sườn $b = (200 \div 300)$ mm, bề rộng cánh $b_c = (570 \div 700)$ mm. Với sức trục từ 5 đến 30 tấn có thể tham khảo số liệu ở bảng 1.1.1. Dầm cầu trục nhịp 12 m bằng bê tông cốt thép, sức trục đến 30 tấn, tiết diện chữ I được thiết kế định hình cùng một loại kích thước : $H_c = 1400$ mm, $b = 140$ mm, $b_c = 650$ mm, bề rộng cánh dưới 340 mm, chiều cao cánh trên 180 mm, chiều cao cánh dưới 300 mm, trọng lượng một dầm 11,3 t.

Bảng 1.1.1 Số liệu về dầm cầu trục nhịp 6 m

Sức trục Q, t	Nhịp nhà L, m	Kích thước dầm cầu trục, mm				Trọng lượng một dầm, t
		Chiều cao H_c	Bề rộng sườn b	Bề rộng cánh b_c	Chiều cao cán h_c	
5 - 10	12 - 30	800	200	570	120	3,3
15 - 30	12 - 30	1000	200	570	120	4,2

4. Xác định chiều cao nhà

Trong nhà công nghiệp có cầu trục, chiều cao nhà được quyết định bởi cao trình đỉnh ray (ký hiệu là R), là chiều cao tính từ mặt nền đến đỉnh ray. Chiều cao này phụ thuộc vào chiều cao các thiết bị cố định đặt trong nhà máy, vào chiều cao của sản phẩm, vào vị trí cao nhất của móc cầu, v.v... và được quy định bởi nhiệm vụ thiết kế. Các kích thước chính của khung ngang được thể hiện trên hình 1.1.2, trong đó chiều cao cầu trục H_{ct} phụ thuộc vào sức trục tra trong bảng chỉ tiêu về cầu trục (phụ lục I). Các kích thước và ký hiệu ở hình 1.1.2 xác định như sau

H_c - chiều cao dầm cầu trục ;

H_r - chiều cao ray và các lớp đệm ;

a_1 - khe hở giữa mặt trên cầu trục và mặt dưới kết cấu mang lực mái ;

a_2 - khoảng cách từ mặt nền đến mặt trên móng.

Cao trình mặt nền 0.00

Cao trình vai cột V

$$V = R - (H_r + H_c). \quad (1)$$

Cao trình đỉnh cột D

$$D = R + H_{ct} + a_1.$$

Chiều dài phần cột trên H_t

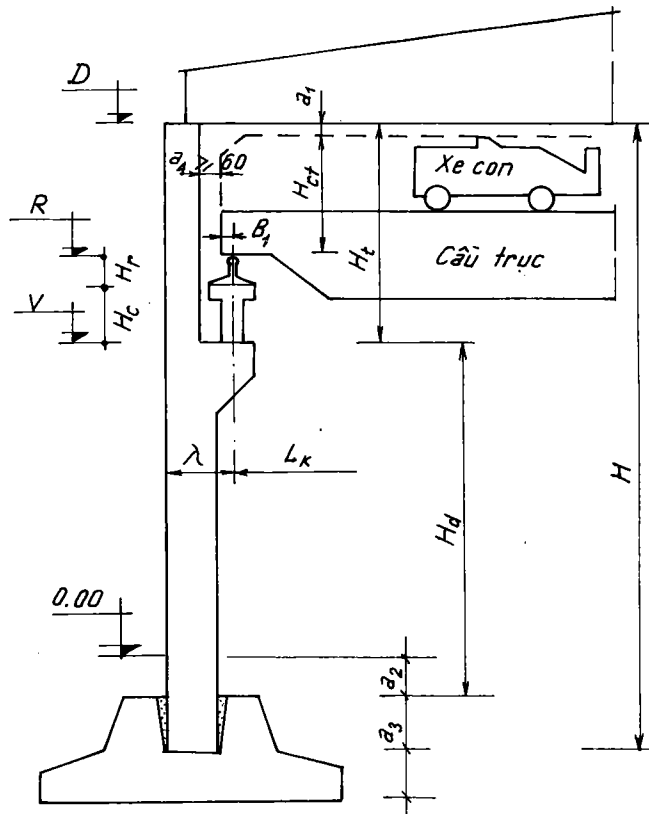
$$H_t = D - V = H_{ct} + a_1 + H_r + H_c.$$

Chiều dài phần cột dưới H_d

$$H_d = V + a_2.$$

Chiều dài toàn bộ cột H

$$H = H_t + H_d + a_3.$$



Hình 1.1.2. Các kích thước chính của khung ngang

Các số liệu kích thước chọn như sau :

Trị số a_2 chọn dựa theo tình hình địa chất, thường lấy $a_2 = 40 \div 80$ cm.

Trị số a_3 không được bé hơn chiều cao tiết diện phần cột dưới. Để xác định a_3 có thể giả thiết trước kích thước tiết diện cột, có thể chọn $a_3 = 60 \div 80$ cm.

Trị số a_1 quy định không bé hơn 10 cm, thường chọn $a_1 = 10 \div 15$ cm.

Chiều cao ray và các lớp đệm H_r , lấy phụ thuộc vào loại ray định dùng, có thể lấy $H_r = 15$ cm.

Khi nhà có nhiều nhịp có cầu trục với sức trục khác nhau thì nên chọn kích thước chiều cao cột theo nhịp có sức trục lớn hơn.

Cao trình đỉnh mái M dùng để xác định áp lực gió vào khung ngang (h.1.1.3), xác định như sau :

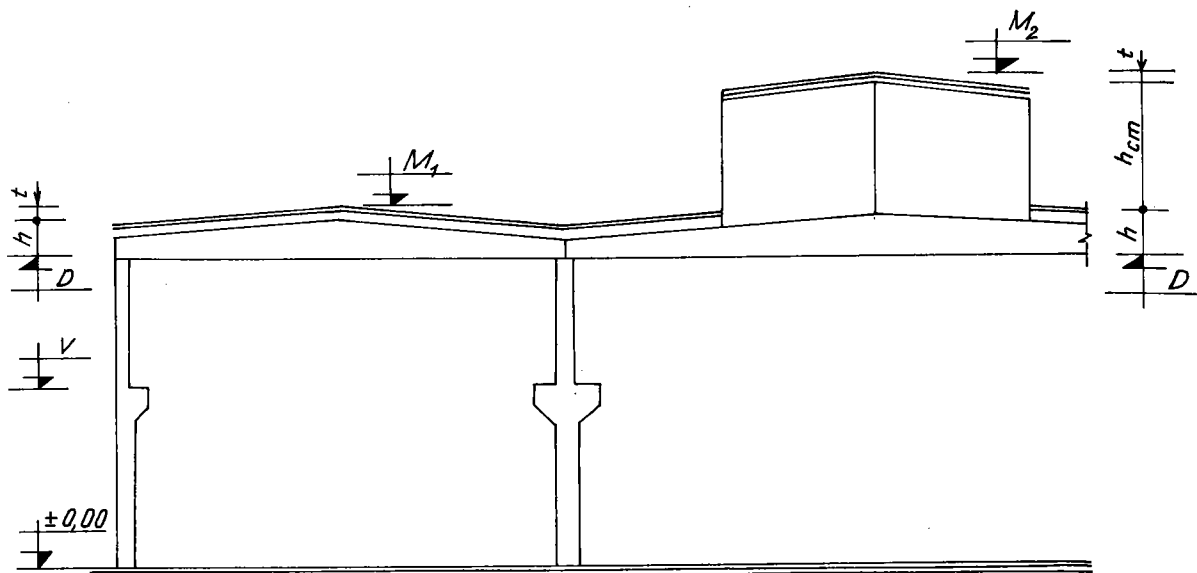
• Khi không có cửa mái

$$M_1 = D + h + t,$$

trong đó D - cao trình đỉnh cột ;

h - chiều cao kết cấu mang lực mái kể từ đỉnh cột ;

t - chiều dày các lớp mái.



Hình 1.1.3. Sơ đồ xác định cao trình mái

Trị số h lấy theo cấu tạo kích thước kết cấu mái. Trị số t lấy theo cấu tạo các lớp mái. Cấu tạo các lớp mái chọn theo yêu cầu kiến trúc và yêu cầu sử dụng. Đối với các nhà công nghiệp không có yêu cầu gì đặc biệt có thể chọn các lớp mái như sau :

hai lớp gạch lá nem kể cả vữa dày 5 - 6 cm, trọng lượng riêng $\gamma = 1800$ kG/ m³;

lớp bê tông nhẹ cách nhiệt dày 12 - 15 cm, trọng lượng riêng $\gamma = 1200$ kG/ m³ ;

lớp bê tông chống thấm dày 4 - 5 cm, trọng lượng riêng $\gamma = 2500 \text{ kG/ m}^3$;

lớp panen chịu lực.

Khi không có những số liệu cụ thể về cấu tạo các lớp mái thì có thể chọn :

$$t = 40 \div 50 \text{ cm.}$$

$$h = 80 + 1/20 L \quad \text{khi dùng dầm mái, cm;}$$

$$h = 220 + 1/20 L \quad \text{khi dùng dàn mái, cm;}$$

với L là nhịp của nhà tính bằng cm.

• **Khi có cửa mái**

Với nhà có cửa mái thì phải xác định cao trình đỉnh mái M_2 tại đỉnh cửa mái.

Trường hợp nhà có cao trình các nhịp cao thấp khác nhau cần xác định cao trình của từng nhịp chênh lệch để xác định áp lực gió cho chính xác.

5. Kích thước tiết diện cột và vai cột

Trong nhà không có cầu trục, cột thường có tiết diện không đổi. Khi chiều cao nhà (tính từ mặt nền đến mép dưới của kết cấu mái) không quá 7 m thì cột thường có tiết diện chữ nhật. Khi chiều cao nhà vượt quá 7 m thì dùng cột tiết diện chữ I để giảm nhẹ trọng lượng cột. Ở vị trí đầu cột có thể mở rộng để đủ diện tích gối tựa cho dầm hoặc dàn. Trên hình 1.1.4 giới thiệu một số loại cột nhà một tầng.

Trong nhà có cầu trục, cột phải có vai để đỡ dầm cầu trục, như vậy cột chia thành hai đoạn : *đoạn cột trên* và *đoạn cột dưới* vai cột. Với nhà có cầu trục dưới 30t thường chọn loại cột đặc (cột một nhánh), loại này có tiết diện chữ nhật hoặc chữ I. Tiết diện chữ I tuy có làm giảm trọng lượng cột nhưng chế tạo phức tạp cho nên trong thực tế thường dùng tiết diện chữ nhật. Khi sức trục vượt quá 30t, cao trình đỉnh ray vượt quá 10 m hoặc nhịp nhà từ 30 m trở lên thì dùng loại cột rỗng (cột hai nhánh) sẽ kinh tế hơn (h.1.1.4c). Loại cột này gồm có hai nhánh dọc và nhiều nhánh ngang.

Kích thước tiết diện cột trong mọi trường hợp phải đảm bảo về độ mảnh theo cả hai phương.

Đối với tiết diện bất kỳ

$$\lambda_r = l_o / r \leq 139.$$

Đối với tiết diện chữ nhật

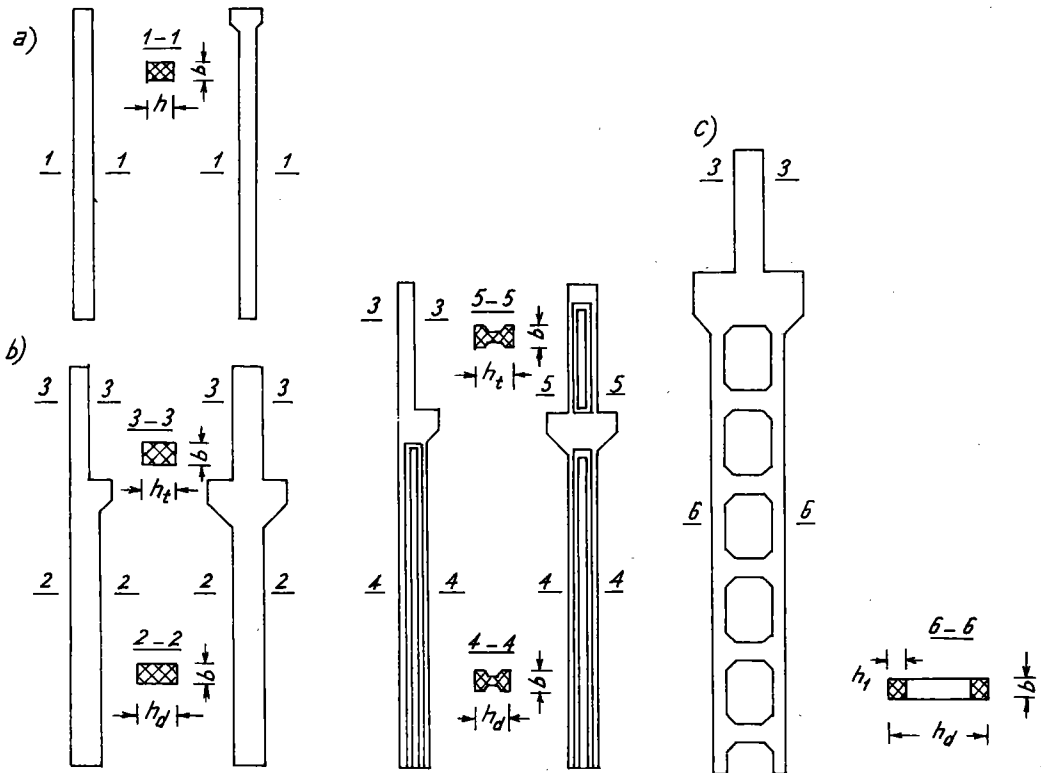
$$\lambda_b = l_o / b \leq 30,$$

trong đó r - bán kính quán tính nhỏ nhất ;

b - cạnh nhỏ của tiết diện.

Chiều rộng b của cột thường lấy $b = (\frac{1}{20} \div \frac{1}{25})H_d$. Khi thiết kế có thể tham khảo các số liệu thiết kế định hình sau :

Khi bước cột là 6m thì $b = 40\text{cm}$ nếu sức trục $Q \leq 30\text{t}$; $b = 50\text{cm}$ nếu sức trục $Q > 30\text{t}$. Khi bước cột là 12m thì $b = 50\text{cm}$.



Hình 1.1.4. Các loại cột nhà một tầng

a) cột nhà không có cầu trục ; b) cột một nhánh ; c) cột hai nhánh.

Chiều cao tiết diện phân cột trên h_t chọn theo yêu cầu về chịu lực đồng thời phải đủ diện tích tựa cho kết cấu mái mà không cần mở rộng đầu cột. Ngoài ra, khi chọn h_t phải chú ý đảm bảo khe hở cần thiết giữa mép cột và mép cầu trục. Khe hở a_4 giữa mép cột và mép cầu trục phải lớn hơn 60mm và được lấy như sau:

với cột biên khi trục phân chia đi qua mép ngoài cột (khi $Q \leq 30\text{t}$),

$$a_4 = \lambda - B_1 - h_t$$

với cột giữa, $a_4 = \lambda - B_1 - 0,5h_t$,

trong đó λ - khoảng cách từ dầm cầu trục đến trục phân chia,

khi sức trục $Q \leq 30\text{t}$ thường lấy $\lambda = 750\text{mm}$;

B_1 - khoảng cách từ trục dầm cầu trục đến mép ngoài của cầu trục,

B_1 lấy theo phụ lục I.

Theo thiết kế định hình, khi nhà có bước cột 6m thường chọn $h_t = 40\text{cm}$ đối với cột biên, $h_t = 60\text{cm}$ đối với cột giữa.

Chiều cao tiết diện phần cột dưới h_d chọn chủ yếu theo điều kiện chịu lực, đồng thời phải đảm bảo cột đủ độ cứng để biến dạng của khung ngang không ảnh hưởng tới sự làm việc của cầu trục. Theo kinh nghiệm thường lấy :

$$h_d \geq \frac{1}{16} H_d \quad \text{khi sức trục } Q \leq 10t ;$$

$$h_d \geq \frac{1}{14} H_d \quad \text{khi sức trục } Q > 10t.$$

theo thiết kế định hình thường chọn $h_d = 60\text{cm}$ hoặc 80cm khi dùng cột đặc đối với nhà có bước cột 6m.

Trong cột hai nhánh (h.1.1.4c), khoảng cách giữa trục hai nhánh phụ thuộc vào sức trục của cầu trục, thường lấy trong khoảng 70 - 150 cm. Kích thước tiết diện có thể tham khảo những số liệu định hình sau :

với sức trục từ 10t đến 30t thì $h_d = 100\text{cm}$ khi bước cột là 6 m ;

$$h_d = 140 \text{ cm khi bước cột là 12m.}$$

với sức trục $\geq 30t$ thì $h_d = 120 \text{ cm}$ khi bước cột là 6m;

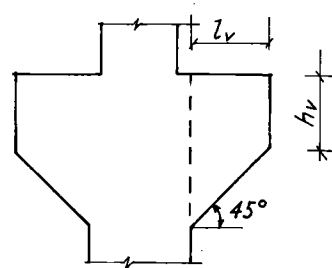
$$h_d = 160\text{cm khi bước cột là 12m.}$$

Gọi h_1 là chiều cao tiết diện nhánh ($h_1 = 20 \div 30 \text{ cm}$) thì khoảng cách giữa các thanh ngang lấy bằng $(8 \div 10)h_1$, chiều cao tiết diện thanh ngang lấy bằng $(1,5 \div 2)h_1$. Chiều rộng tiết diện thanh ngang nên lấy bằng chiều rộng tiết diện nhánh dọc.

Vai cột thuộc loại côngxon ngắn (h1.1.5), các kích thước chính của nó được quy định như sau :

Độ vưon của vai ra ngoài mép cột dưới l_v không nhỏ hơn 200mm và là bội số của 50mm khi độ vưon nhỏ hơn 400mm ; là bội số của 100mm khi độ vưon từ 400mm trở lên.

Chiều cao mép ngoài của vai cột h_v không nhỏ hơn 200mm và là bội số của 100mm .



Hình 1.1.5. Quy định kích thước vai cột

Đồng thời h_v không được nhỏ hơn 1/3 chiều cao tiết diện tại chỗ tiếp giáp với cột, thường chọn :

$$h_v \geq 300\text{mm} \quad \text{khi sức trục } Q \leq 5 t ;$$

$$h_v \geq 400\text{mm} \quad \text{khi sức trục } Q \text{ từ 5 đến 10 t ;}$$

$$h_v \geq 500\text{mm} \quad \text{khi sức trục } Q \geq 15 t.$$

Góc nghiêng dưới vai cột so với phương ngang không được vượt quá 45°. Bề rộng vai cột lấy bằng bề rộng cột.

Đối với các vai cột trong nhà có cầu trục đặc biệt chế độ làm việc nặng thì mép dưới vai cột nên làm lượn tròn hoặc làm thêm nách.

§2. XÁC ĐỊNH TẢI TRỌNG

Khung ngang nhà công nghiệp một tầng chịu các loại tải trọng sau : các tải trọng tĩnh (trọng lượng kết cấu mái, trọng lượng các lớp mái, cửa mái, trọng lượng tường, cửa, dầm giằng, v.v...) ; hoạt tải mái do người và các thiết bị sửa chữa ; tải trọng gió và tải trọng do cầu trục.

1. Tĩnh tải mái

Tĩnh tải mái do một kết cấu mái truyền vào đỉnh cột, ký hiệu là G_m

Khi trong nhịp không có cửa mái

$$G_m = 0,5 (G_1 + g a L). \quad (1.2.1)$$

Khi trong nhịp có cửa mái

$$G_m = 0,5 (G_1 + g a L + G_2 + 2 g_k a), \quad (1.2.2)$$

trong đó G_1 - trọng lượng một kết cấu mái (dầm hoặc dàn mái) ;

g - trọng lượng một mét vuông các lớp mái ;

a - bước cột ;

L - nhịp nhà ;

G_2 - trọng lượng khung cửa mái ;

g_k - trọng lượng kính, khung cửa lắp ở mặt bên cửa mái tính trên mỗi mét dọc nhà.

Trị số G_1 tính theo số liệu thực tế của kết cấu mái đã chọn, có thể tham khảo bảng 1.2.1

Bảng 1.2.1. Trọng lượng kết cấu mái

Loại kết cấu mái	Dầm mái			Dàn mái		
	Nhịp, m	12	15	18	18	24
Trọng lượng, t	4,1	5,9	7,7	6,6	9,6	

Để xác định trị số g phải căn cứ vào cấu tạo các lớp mái.

$$g = g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + \dots \text{ (tính trên } 1\text{m}^2 \text{),}$$

trong đó g_1 - trọng lượng tấm mái kể cả bê tông chèn tính ra trên 1 m^2 mái.

Khi dùng panen kích thước $6 \times 1,5\text{m}$ thì tải trọng tiêu chuẩn $g_1 = 189\text{ kG/m}^2$, panen $3 \times 6\text{ m}$ thì $g_1 = 145\text{ kG/m}^2$;

g_2, g_3, g_4, \dots - trọng lượng các lớp gạch lá nem, bê tông cách nhiệt, bê tông chống thấm v.v... tính toán theo cấu tạo thực tế.

Trị số G_2 lấy theo cấu tạo khung cửa mái, khi chưa có số liệu thực tế có thể lấy

$$G_2 = (1,2 \div 1,5)t \text{ với}$$

cửa mái rộng 6 m,

$$G_2 = (2,2 \div 2,8)t \text{ với}$$

cửa mái rộng 12 m.

Trị số g_k tính theo số liệu thực tế.

Khi chưa có số liệu thực tế có thể lấy

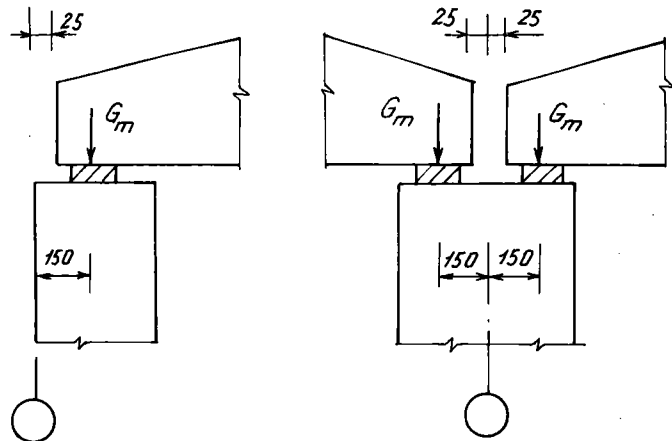
$$g_k = (400 \div 500)\text{ kG/m.}$$

Khi xác định tải trọng tính toán cần nhân tính tải với hệ số vượt tải n (hệ số độ tin cậy γ theo TCVN 2737 -1995).

Đối với trọng lượng bản thân kết cấu mái, panen, lớp bê tông chống thấm, $n = 1,1$; đối với các lớp gạch lá nem kể cả vữa, lớp cách âm, cách nhiệt... $n = 1,3$.

Khi tính toán cần xác định chính xác điểm đặt của G_m . Tùy theo cách liên kết mà xác định điểm đặt của nó. Điểm đặt của G_m tại trung tâm bản thép ở đầu kết cấu mái (thường trùng với trục đi qua bulông liên kết đầu cột).

Theo thiết kế định hình, trung tâm tấm thép cách trục phân chia một đoạn 150 mm (h.1.2.1). Khi tính toán cần phải xác định G_m ở nhịp biên và ở nhịp giữa, nếu các nhịp đó khác nhau hoặc có cấu tạo mái khác nhau.



Hình 1.2.1. Sơ đồ xác định điểm đặt tải trọng mái

2. Tính tải dầm cầu trục

Tính tải do trọng lượng bản thân dầm cầu trục, trọng lượng của ray và các bản đệm hợp thành lực tập trung đặt lên vai cột ký hiệu là G_d

$$G_d = G_1 + ag_r. \tag{1.2.3}$$

trong đó G_1 - trọng lượng một dầm cầu trục (xem bảng 1.1.1) ;

g_r - trọng lượng của ray, đem tính trên mỗi mét dài và được lấy theo số liệu cấu tạo cụ thể, khi chưa có số liệu cụ thể lấy $g_r = (150 \div 200)$ kG/m ;

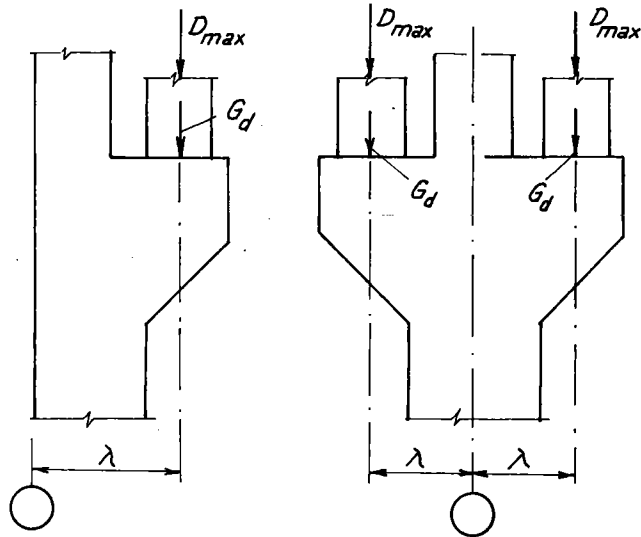
a - bước cột, tức là nhịp của dầm cầu trục.

Khi tính G_d lấy hệ số vượt tải $n = 1,1$.

Điểm đặt của G_d trùng với tâm tiết diện dầm cầu trục và cách trục phân chia một đoạn λ (h.1.2.2)

3. Trọng lượng bản thân cột

Trọng lượng bản thân cột được tính toán theo kích thước cột đã chọn. Lấy thể tích các đoạn cột nhân với trọng lượng riêng γ của bê tông cốt thép (lấy $\gamma = 2500$ kG/m³). Khi tính toán cần tính riêng ra hai phần, phần cột trên G_{ct} , phần cột dưới G_{cd} . Trọng lượng phần cột dưới phải kể cả trọng lượng vại cột.



Hình 1.2.2. Điểm đặt của tải trọng cầu trục

4. Hoạt tải mái

Hoạt tải mái truyền qua kết cấu mái vào đỉnh cột thành lực tập trung P_m . Điểm đặt của P_m trùng với điểm đặt của G_m . Khi trên mái không có người đi lại mà chỉ có người sửa chữa, hoạt tải lấy bằng 75 kG / m² với hệ số vượt tải $n = 1,3$

$$P_m = 1,3 \times 75 \times a \times L / 2, \quad (1.2.4)$$

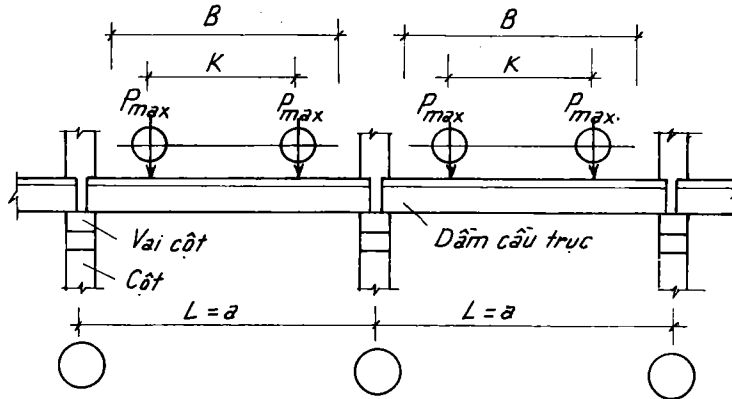
trong đó a - bước cột ;

L - nhịp của khung.

5. Hoạt tải do cầu trục

Khi cầu trục hoạt động, mỗi bánh xe của cầu trục đè lên ray một lực tập trung. Lúc cầu trục chở đủ nặng và xe con đi sát về phía dầm đang xét thì áp lực mỗi bánh xe đè lên ray ở phía ấy là lớn nhất, ký hiệu là P_{max} và ở phía đường ray bên kia ký hiệu là P_{min} .

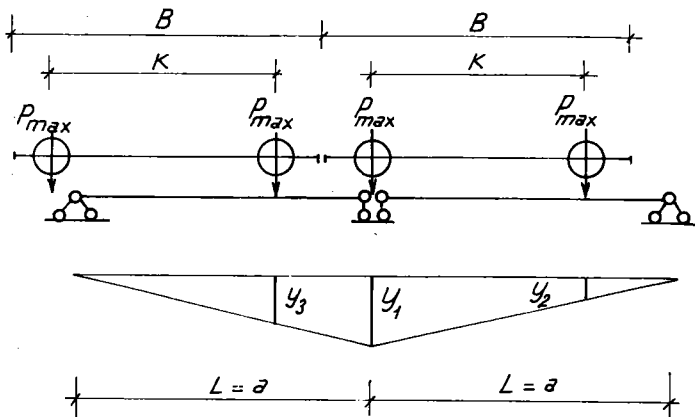
Hoạt tải do áp lực của cầu trục P_{max} , P_{min} truyền lên vai cột là các lực tập trung ký hiệu là D_{max} và D_{min} .



Hình 1.2.3. Sơ đồ cầu trục

Thân cầu trục thường có bốn bánh xe lên ray, mỗi bên hai bánh. Khoảng cách giữa hai bánh xe ký hiệu là K , bề rộng thân cầu trục ký hiệu là B . Các trị số P_{max} , P_{min} , K , B cho trong bảng chỉ tiêu về cầu trục (phụ lục I).

Trong mỗi nhịp nhà có một số cầu trục hoạt động tùy theo yêu cầu của công nghệ. Nếu mỗi nhịp có từ hai cầu trục trở lên thì khi tính toán cần xét trường hợp hai cầu trục làm việc cạnh nhau như trên hình 1.2.3 nếu chỉ có một cầu trục hoạt động thì chỉ tính với một cầu trục đó.



Hình 1.2.4. Đường ảnh hưởng phản lực gối tựa và cách xếp tải

Lực D_{max} tính bằng tổng phản lực ở gối tựa đặt lên vai cột do các lực P_{max} gây ra. Vì P_{max} là lực di động cho nên để tìm D_{max} phải dùng đường ảnh hưởng phản lực gối tựa của dầm. Đường ảnh hưởng này có dạng đường thẳng, có tung độ bằng một ở

gối đang tính và bằng không ở gối kia. Để có D_{max} phải xếp một lực P_{max} nằm ngay trên đỉnh của đường ảnh hưởng (h.1.2.4)

$$D_{max} = P_{max} (y_1 + y_2 + y_3 + y_4), \quad (1.2.5)$$

trong đó $y_1 = 1$ - tung độ tại gối tựa đang tính ;

y_2, y_3, y_4 - tung độ của đường ảnh hưởng phản lực gối tựa tại các tiết diện có đặt lực P_{max} .

Nếu khi xếp các lực P_{max} mà có những lực đặt ra ngoài phạm vi đường ảnh hưởng thì lấy tung độ ứng với nó bằng không (thường $y_4 = 0$). Tính toán các giá trị y_i theo tam giác đồng dạng.

Điểm đặt của D_{max} ở vai cột trùng với điểm đặt của G_d (h.1.2.2)

Cũng tương tự ta tính được áp lực D_{min}

$$D_{min} = P_{min} (y_1 + y_2 + y_3 + y_4), \quad (1.2.6)$$

Khi tính toán với D_{max} và D_{min} , lấy hệ số vượt tải $n = 1.1$, như vậy áp lực tính toán của cầu trục lên vai cột sẽ là :

$$D_{max} = 1,1P_{max} (y_1 + y_2 + y_3 + y_4); \quad (1.2.7)$$

$$D_{min} = 1,1P_{min} (y_1 + y_2 + y_3 + y_4). \quad (1.2.8)$$

6. Lực hãm của cầu trục

Xe con chở vật nặng chạy trên cầu trục theo phương ngang nhà. Vật nặng được treo bằng móc mềm hoặc móc cứng. Khi xe con hãm, do quán tính sẽ sinh ra lực xô ngang gọi là lực hãm ngang. Thông qua ma sát giữa bánh xe cầu trục và ray mà lực hãm này truyền từ ray qua dầm cầu trục và truyền vào cột thông qua liên kết giữa cánh dầm cầu trục với cột.

Với móc mềm lực hãm ngang tính theo công thức

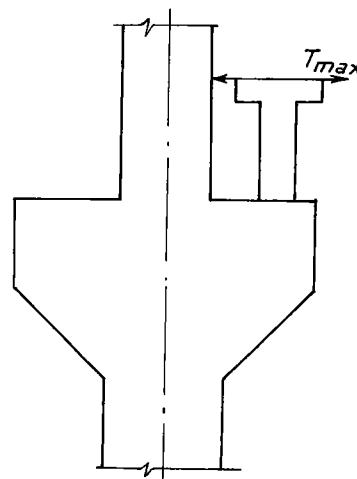
$$T = \frac{Q + G}{20}. \quad (1.2.9)$$

Với móc cứng

$$T = \frac{Q + G}{10}. \quad (1.2.10)$$

Lực hãm này coi như truyền tất cả sang một phía đường ray và chia đều cho hai bánh xe cầu trục, mỗi bánh truyền một lực

$$T_1 = 0,5 T. \quad (1.2.11)$$



Hình 1.2.5. Điểm đặt của T_{max}

Cũng tương tự như khi tính D_{\max} , lực hãm ngang lớn nhất T_{\max} do hai cầu trục cùng làm việc cạnh nhau truyền vào cột xác định theo nguyên tắc dùng đường ảnh hưởng của phản lực gối tựa của dầm cầu trục

$$T_{\max} = T_1 (y_1 + y_2 + y_3 + y_4), \quad (1.1.12)$$

Khi tính toán với T_{\max} cũng lấy hệ số vượt tải $n = 1,1$, như vậy lực hãm tính toán sẽ là

$$T_{\max} = 1,1T_1 (y_1 + y_2 + y_3 + y_4), \quad (1.1.13)$$

Lực hãm T_{\max} có thể hướng vào cột hoặc hướng ra khỏi cột. Điểm đặt của lực T_{\max} lấy ngang với mặt trên dầm cầu trục (ở vị trí đó có thép liên kết dầm cầu trục với cột) (h.1.2.5).

7. Tải trọng gió

Tải trọng gió gồm hai thành phần, tĩnh và động.

Khi xác định tải trọng gió cho công trình nhà công nghiệp một tầng cao dưới 36m với tỷ số chiều cao trên nhịp nhỏ hơn 1,5 thì không cần tính đến thành phần động của tải trọng gió.

Giá trị tính toán của thành phần tĩnh của tải trọng gió W ở độ cao Z so với mốc chuẩn, tác dụng lên một mét vuông bề mặt thẳng đứng của công trình xác định theo công thức

$$W = nW_0 k C, \quad (1.2.14)$$

trong đó W_0 - giá trị của áp lực gió ở độ cao 10 m so với cốt chuẩn của mặt đất lấy theo bản đồ phân vùng gió của TCVN 2737 - 1995 ;

k - hệ số tính đến sự thay đổi của áp lực gió theo độ cao và dạng địa hình;

C - hệ số khí động lấy phụ thuộc vào hình dáng của công trình, vào phía gió đẩy hoặc phía gió hút.

Các trị số W_0 , k , C lấy theo các số liệu của phụ lục II.

Hệ số vượt tải n của tải trọng gió lấy bằng 1,2 tương ứng với nhà và công trình có thời gian sử dụng giả định là 50 năm. Khi thời gian sử dụng giả định khác đi thì giá trị tính toán của tải trọng gió phải thay đổi bằng cách nhân với hệ số điều chỉnh (bảng 3, phụ lục II).

Áp lực gió lên tường dọc sẽ truyền vào cột của khung ngang thành tải trọng phân bố trên suốt chiều dài đoạn cột nằm trên mặt đất với cường độ tải trọng gió là p

$$p = W a, \quad (1.2.15)$$

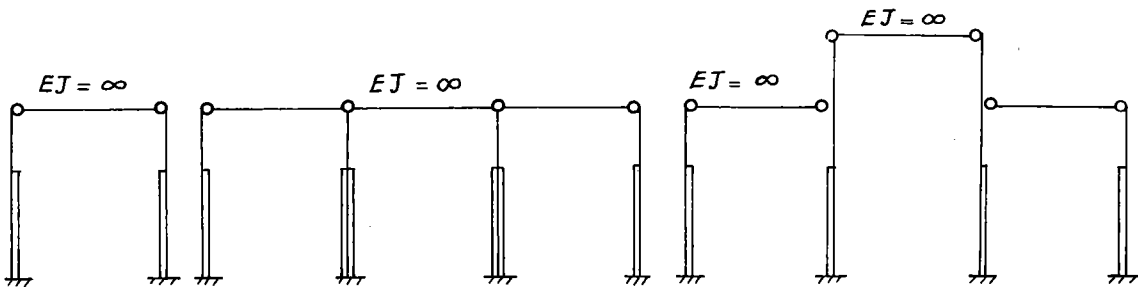
trong đó W - áp lực gió lên một mét vuông bề mặt đứng.

§3. XÁC ĐỊNH NỘI LỰC TRONG CỘT

Mỗi một nhà công nghiệp bao gồm một hay nhiều khối, phân cách nhau bằng các khe nhiệt độ. Trong mỗi khối nhiệt độ các khung ngang được liên kết với nhau nhờ hệ mái, hệ giằng, dầm cầu trục,... tạo thành hệ không gian. Việc tính toán nội lực hệ không gian khá phức tạp nên trong thực tế thường đưa về tính các hệ phẳng là các khung ngang độc lập. Trong những trường hợp cần thiết cần xét đến sự làm việc không gian thì phải tính hệ không gian đó hoặc đơn giản hơn là điều chỉnh nội lực hoặc chuyển vị trong hệ phẳng độc lập cho phù hợp với hệ thực bằng các hệ số.

Khi tách ra từng khung phẳng độc lập để tính toán nội lực trong cột thì sơ đồ tính của khung ngang có dạng như trên hình 1.3.1

- Xà ngang được coi là thẳng, tuyệt đối cứng, liên kết khớp với cột ở mức đỉnh cột.
- Cột ngầm vào móng ở mức mặt trên của móng hoặc đài của móng cọc.



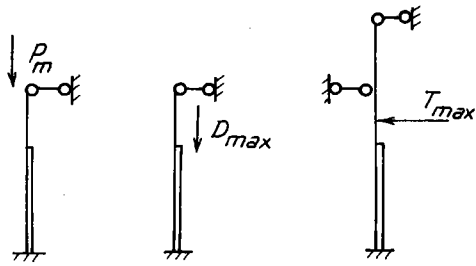
Hình 1.3.1. Sơ đồ tính toán khung ngang

Dưới tác dụng của tải trọng đứng, các công trình nói chung đều có chuyển vị ngang bé và khi công trình càng nhiều nhịp thì chuyển vị ngang này càng nhỏ. Vì vậy để đơn giản cho tính toán nội lực, cho phép bỏ qua chuyển vị ngang đầu cột khi nhà có cùng cao trình, có số nhịp từ ba trở lên dưới tác dụng của tải trọng đứng và lực hãm ngang.

A. Xác định nội lực khi nhà có từ ba nhịp trở lên, cùng cao trình chịu tải trọng đứng và lực hãm ngang

1. Nguyên tắc chung

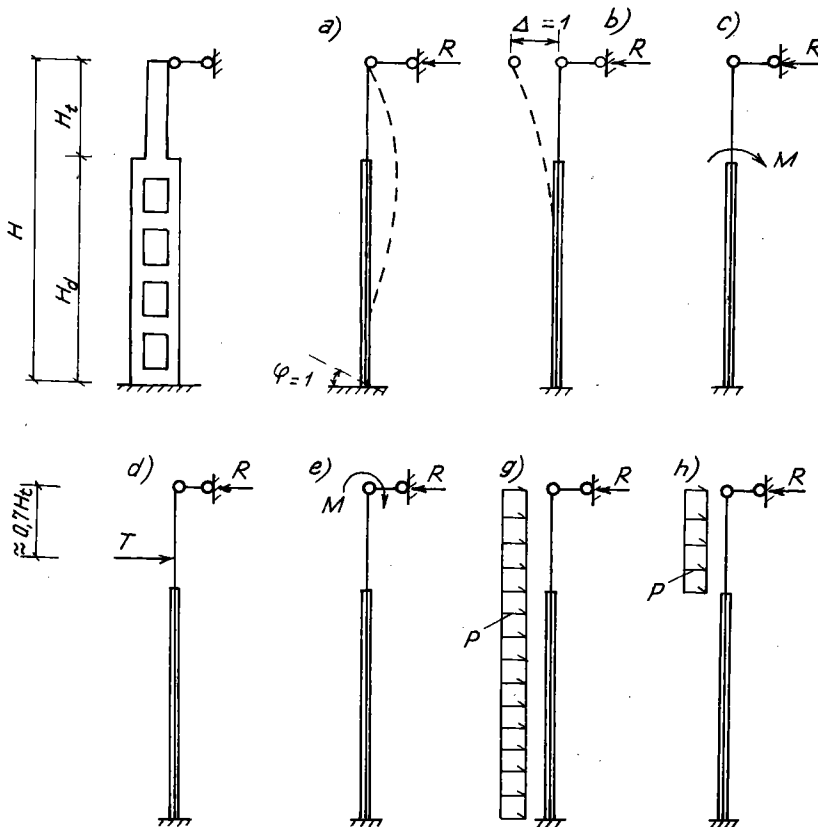
Trong trường hợp này được phép bỏ qua chuyển vị ngang đầu cột, như vậy các cột làm việc hoàn toàn độc lập và được đưa về tính từng loại cột riêng theo sơ đồ như trên hình 1.3.2.



Hình 1.3.2. Sơ đồ tính toán cột khi bỏ qua chuyển vị ngang đầu cột

Đây là kết cấu siêu tĩnh, có thể giải bằng phương pháp lực hoặc phương pháp chuyển vị. Cũng có thể dùng các bảng lập sẵn để tính toán. Với mỗi loại tải trọng tra bảng ứng với các hệ số cần thiết $n = J_t/J_d$; $\lambda = H_t / H_d$ rồi dùng công thức tính ra trị số phản lực đầu cột R và sau đó vẽ biểu đồ nội lực trong cột một cách bình thường. Trong các sổ tay thiết kế có cho đầy đủ các bảng tính toán.

Dưới đây trình bày cách áp dụng các công thức lập sẵn để tìm phản lực R trong các liên kết ngang của cột khi chịu các trường hợp tải trọng khác nhau (h.1.3.3). Các công thức này thiết lập cho trường hợp cột hai nhánh và cũng có thể áp dụng cho cột đặc và cột có tiết diện không đổi.



Hình 1.3.3. Các sơ đồ tính toán phản lực đầu cột

Trường hợp a : khi chân cột xoay một góc $\varphi = 1$

$$R = \frac{3EJ_d}{H^2(1 + K + K_1)} \quad (1.3.1)$$

Trường hợp b : khi đỉnh cột có chuyển vị ngang $\Delta = 1$

$$R = \frac{3EJ_d}{H^3(1 + K + K_1)} \quad (1.3.2)$$

Trường hợp c : khi có mômen $M = De_d$ đặt ở vai cột do lực tập trung D đặt cách trục cột dưới một đoạn e_d gây ra

$$R = \frac{3M(1-t^2)}{2H(1 + K + K_1)} \quad (1.3.3)$$

Trường hợp d : khi có lực xô ngang T đặt cách đỉnh cột một đoạn xấp xỉ $0,7H_t$

$$R = \frac{T(1-t + K_1)}{1 + K + K_1} \quad (1.3.4)$$

Trường hợp e : khi có mômen $M = Pe_t$ đặt ở đỉnh cột do lực tập trung P đặt cách trục cột trên một đoạn e_t gây ra

$$R = \frac{3M(1 + \frac{K}{t})}{2H(1 + K + K_1)} \quad (1.3.5)$$

Công thức (1.3.5) chỉ đúng cho trường hợp trục phần cột trên và trục phần cột dưới trùng nhau. Khi cột có trục phần cột trên và trục phần cột dưới lệch nhau một đoạn a thì :

$$R = R_1 \pm R_2 \quad (1.3.6)$$

trong đó R_1 - tính theo công thức (1.3.5) với $M = Pe_t$;

R_2 - tính theo công thức (1.3.3) với $M = Pa$.

Lấy dấu cộng hay trừ trước R_2 tùy theo biểu đồ mômen do lực P gây ra trong hệ cơ bản (đã cắt bỏ liên kết khớp ở đỉnh) là tăng hay giảm khi từ phần cột trên xuống phần cột dưới. Nếu lấy trục phần cột trên làm chuẩn thì lấy dấu cộng khi e_t và a ngược dấu nhau.

Trường hợp g : khi có tải trọng p phân bố đều toàn bộ cột

$$R = \frac{3pH[1 + tK + 1,33(1+t)K_1]}{8(1 + K + K_1)} \quad (1.3.7)$$

Trường hợp h: khi có tải trọng p phân bố đều ở đoạn cột trên

$$R = \frac{pH[3(1+tK) - (3+t)(1-t)^3 + K_1]}{8(1 + K + K_1)} \quad (1.3.8)$$

Trong các công thức trên :

$$t = \frac{H_t}{H} ; \quad K = t^3 \left(\frac{J_d}{J_t} - 1 \right) ; \quad K_1 = \frac{(1-t)^3 J_d}{8J_o n^2} , \quad (1.3.9)$$

ở đây J_o - mômen quán tính của tiết diện một nhánh ;

J_t - mômen quán tính của tiết diện phần cột trên ;

$J_d = \frac{F_o c^2}{2}$ - mômen quán tính tương đương của tiết diện phần cột dưới hai nhánh ;

F_o - diện tích một nhánh ;

c - khoảng cách giữa hai trục nhánh ;

n - số lượng các ô khung trong phần cột dưới hai nhánh ;

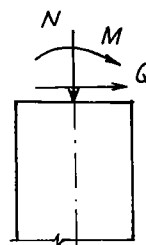
H_t - chiều dài đoạn cột trên.

Các công thức (1.3.1) đến (1.3.5) thiết lập cho trường hợp cột hai nhánh cũng có thể dùng để tính phản lực của cột một nhánh (cột đặc) khi đó $K_1 = 0$, còn với cột đặc tiết diện không đổi thì $K = K_1 = 0$.

Biết phản lực ở đầu cột, việc tính toán nội lực trong các tiết diện cột được tiến hành như đối với côngxon thẳng đứng.

Đối với nhà không có cầu trục, cần phải xác định nội lực tại các tiết diện đỉnh cột và chân cột (sát với mặt móng).

Đối với nhà có cầu trục, cột được chia thành hai phần : phần trên và phần dưới vai cột. Cần phải xác định nội lực tại các tiết diện sau : tiết diện I-I sát đỉnh cột, tiết diện II-II ngang với vai cột nhưng thuộc phần cột trên, tiết diện III-III ngang với vai cột nhưng thuộc phần cột dưới, tiết diện IV-IV sát chân cột. Khi tính toán nội lực cần tính riêng đối với từng loại tải trọng. Đối với các tiết diện I-I, II-II, III-III chỉ cần tính mômen M và lực dọc N . Riêng tiết diện IV-IV cần phải xác định cả mômen M , lực dọc N và lực cắt Q để có số liệu tính móng sau này.



Hình 1.3.4. Quy định chiều của nội lực

Khi tính toán cần phải quy định chiều dương của nội lực để tránh nhầm lẫn khi tổ hợp. Ví dụ chiều dương của M , N , Q có thể chọn như trên hình 1.3.4.

2. Nội lực do tải mái

Sơ đồ tác dụng của tải mái G_m cho trên hình 1.3.5, với cột giữa nếu $G_{m1} = G_{m2}$ và $e_1 = e_2$ thì tổng hợp lực của chúng đặt đúng vào trục cột do đó không gây ra mômen uốn trong cột mà chỉ gây ra lực nén bằng chính hợp lực đó. Nếu G_{m1} khác G_{m2} hoặc e_1 khác e_2 thì phải tìm tổng hợp lực $G_m = G_{m1} + G_{m2}$ và vị trí điểm đặt của chúng

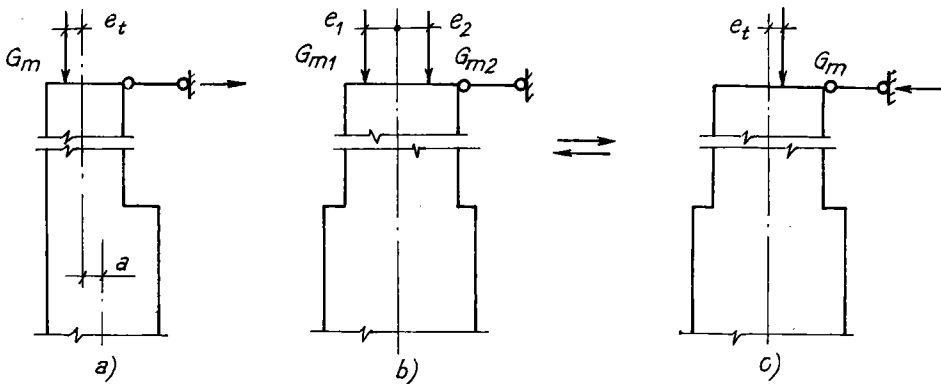
$$e_t = \frac{e_1 G_{m1} + e_2 G_{m2}}{H_m} \quad (1.3.10)$$

Trong công thức (1.3.10) lấy e_1, e_2 ngược dấu nhau nếu G_{m1}, G_{m2} ở hai phía so với trục cột.

Với cột biên cần phải xác định độ lệch tâm giữa trục phần cột trên và trục phần cột dưới

$$a = \frac{h_d - h_t}{2} \quad (1.3.11)$$

Đối với cột giữa $a = 0$.



Hình 1.3.5. Sơ đồ tác dụng của tĩnh tải mái

Trước hết cần phải xác định phản lực R ở liên kết đầu cột. Ở cột biên, nếu G_m đặt sang bên trái trục cột như hình 1.3.5a, khi áp dụng công thức (1.3.6) lấy dấu cộng trước R_2 và chiều của R như trên hình là chiều thật của phản lực.

Sau khi có R dùng phương pháp mặt cắt để xác định nội lực M, N, Q trong các tiết diện cột.

3. Nội lực do tĩnh tải dầm cầu trục

Sơ đồ tính toán nội lực do tĩnh tải dầm cầu trục như trên hình 1.3.6. Đối với cột biên chỉ áp dụng các công thức (1.3.3) để tìm phản lực R . Cột giữa chịu lực do dầm cầu trục đặt hai bên vai cột là G_{d1} và G_{d2} . Nếu $G_{d1} = G_{d2}$ và $e_1 = e_2$ thì hợp lực của chúng đặt đúng trục cột, lúc đó trong cột không có mômen, phản lực tại liên kết đầu cột $R = 0$. Nếu G_{d1} khác G_{d2} hoặc e_1 khác e_2 thì phải tính hợp lực $G_d = G_{d1} + G_{d2}$ và vị trí điểm đặt của chúng

$$e_d = \frac{e_1 G_{d1} + e_2 G_{d2}}{G_d} \quad (1.3.12)$$

Lấy e_1 và e_2 ngược dấu nhau khi G_{d1} và G_{d2} ở hai phía của trục cột dưới.

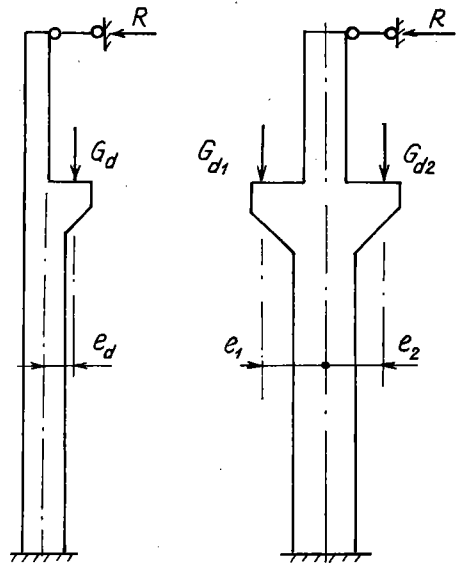
4. Tổng nội lực do tĩnh tải

Sau khi tính được nội lực trong trong cột do tĩnh tải mái G_m và nội lực do tĩnh tải dầm cầu trục G_d gây ra, ta tiến hành cộng hai biểu đồ để tìm tổng nội lực do tĩnh tải gây ra. Cần chú ý là khi tính tổng lực dọc N phải cộng thêm trọng lượng bản thân cột (thực ra trọng lượng bản thân phần trên cột biên có gây ra mômen trong cột do trục cột trên và trục cột dưới lệch nhau nhưng mômen này thường là nhỏ nên có thể bỏ qua).

5. Nội lực do hoạt tải mái

Ở cột biên, nội lực do hoạt tải mái có thể suy ra được bằng cách nhân giá trị nội lực do tĩnh tải G_m gây ra với tỷ số P_m/G_m vì hoạt tải P_m có điểm đặt và chiều tác dụng giống như của G_m .

Ở cột giữa, nội lực do hoạt tải mái được tính toán với P_{m1} và P_{m2} do hoạt tải mái ở nhịp biên và hoạt tải ở mái nhịp giữa gây ra. Nếu điểm đặt của P_{m1} và P_{m2} đối xứng với trục giữa ($e_1 = e_2$) thì chỉ cần tính toán nội lực do P_{m1} , còn nội lực do P_{m2} gây ra xác định bằng cách nhân nội lực do P_{m1} gây ra với tỷ số P_{m2} / P_{m1} và lấy dấu ngược lại.



Hình 1.3.6. Sơ đồ tác dụng của tĩnh tải dầm cầu trục

6. Nội lực do hoạt tải đứng của cầu trục

Nội lực do hoạt tải cầu trục D_{max} gây ra cho cột biên xác định bằng cách nhân nội lực do tĩnh tải dầm cầu trục G_d gây ra với tỷ số D_{max} / G_d .

Nội lực do hoạt tải cầu trục gây ra cho cột giữa được tính riêng với D_{max1} và D_{max2} đặt ở hai bên vai cột gây ra. Nếu khoảng cách từ điểm đặt lực D_{max1} và D_{max2} đến trục cột là bằng nhau ($e_1 = e_2$) thì chỉ cần tính nội lực do D_{max1} gây ra, còn nội lực do D_{max2} được suy ra bằng cách nhân nội lực do D_{max1} gây ra với tỷ số D_{max2}/D_{max1} và lấy dấu ngược lại. Cách tính nội lực do D_{max1} gây ra cũng giống như tính với tĩnh tải dầm cầu trục G_d .

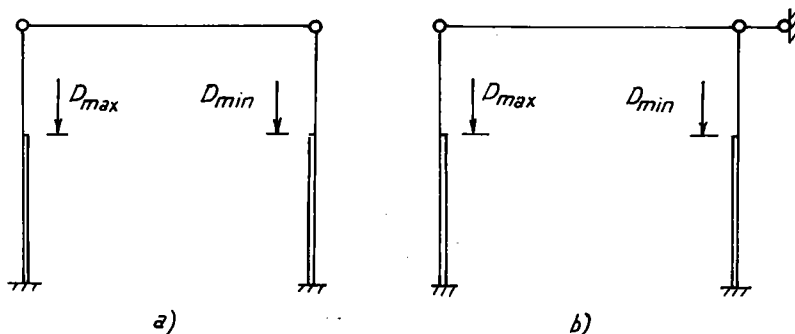
7. Nội lực do lực hãm ngang của cầu trục

Lực hãm T_{max} có thể hướng vào hoặc hướng ra khỏi cột. Vì vậy cần phải tính nội lực cho cả hai trường hợp ấy. Cột giữa có thể chịu tác dụng của T_{max} ở cả hai bên cột, do đó cần phải xét cả bốn trường hợp. Nếu T_{max} ở hai bên cột cùng đặt vào một cao trình thì khi đó chỉ cần tính nội lực cho một trường hợp rồi dùng kết quả đó suy ra cho các trường hợp còn lại.

Để xác định nội lực trong cột do T_{max} gây ra trước tiên cần phải xác định phản lực R tại liên kết đầu cột bằng cách sử dụng công thức (1.3.4) và sơ đồ tính ở hình 1.3.3d. Khi đã có phản lực R tiến hành xác định nội lực trong cột theo phương pháp mặt cắt.

B. Xác định nội lực khi nhà có một, hai nhịp cùng cao trình

Đối với những khung nhà có một hoặc hai nhịp cùng cao trình, dưới tác dụng của các loại tải trọng thẳng đứng và lực hãm ngang của cầu trục, khi tính toán nội lực không được bỏ qua chuyển vị ngang ở đầu cột. Để tìm nội lực trong hệ nên dùng phương pháp chuyển vị để giải, hệ cơ bản như trên hình 1.3.7, ẩn số là chuyển vị ngang ở đầu cột Δ .



Hình 1.3.7. Sơ đồ tính khung một nhịp theo phương pháp chuyển vị

a) sơ đồ tính ; b) hệ cơ bản.

Phương trình chính tắc là :

$$r \Delta + R_p = 0 . \quad (1.3.13)$$

Trong trường hợp tải trọng tác dụng cục bộ như tải trọng cầu trục thì các khung bên cạnh khung chịu tải trọng trực tiếp cũng tham gia chịu lực và làm giảm chuyển vị ngang của nó, đó là sự làm việc không gian của khối khung. Để kể đến điều này người ta đưa vào trong phương trình (1.3.13) hệ số không gian ký hiệu là C_{kg}

$$r C_{kg} \Delta + R_p = 0 , \quad (1.3.13a)$$

trong đó C_{kg} - hệ số xét đến sự làm việc không gian,

khi chiều dài mỗi khối nhiệt độ bằng 60 m với bước cột $a = 12$ m lấy

$C_{kg} = 3,4$; với bước cột $a = 6$ m lấy $C_{kg} = 4,0$.

r - phản lực tại liên kết ngang thêm vào do liên kết này chuyển vị một đoạn $\Delta = 1$ gây ra trong hệ cơ bản ;

$r = \sum r_i$, với r_i là phản lực trong liên kết thêm vào của các cột khung do liên kết chuyển vị ngang một đoạn bằng 1, xác định theo công thức (1.3.2).

R_p - phản lực tại liên kết do tải trọng gây ra trong hệ cơ bản;

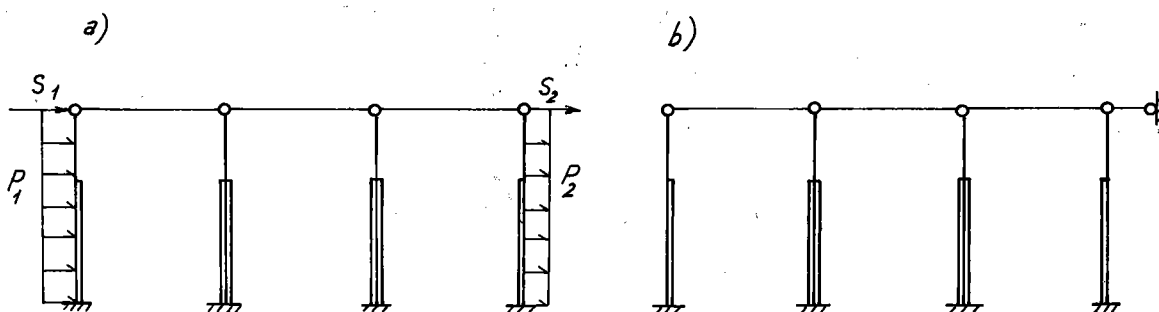
$R_p = \sum R_{ip}$, với R_{ip} là phản lực trong liên kết thêm vào của các cột khung do tải trọng gây ra, các phản lực R_{ip} tính theo công thức (1.3.4)-(1.3.8) hoặc theo bảng tính sẵn trong các sổ tay thiết kế.

Sau khi xác định được Δ từ (1.3.13) hoặc (1.3.13a) tiến hành xác định phản lực từng đầu cột khung trong hệ thực theo công thức $R_i = R_{ip} + r_i \Delta$ và tính toán nội lực trong từng mặt cắt của các cột như bình thường.

Do không được phép bỏ qua chuyển vị ngang đầu cột nên khi tính với một loại hoạt tải phải xét nhiều trường hợp tác dụng của loại hoạt tải đó, bạn đọc có thể tham khảo chi tiết thêm trong phần ví dụ tính toán (ví dụ 2).

C. Nội lực do tải trọng gió khi nhà có cùng cao trình

Dưới tác dụng của tải trọng gió, khi tính toán không được bỏ qua chuyển vị ngang ở đầu cột. Đối với khung có xà ngang cùng một cao trình, vì các xà ngang được coi là cứng vô cùng cho nên chuyển vị các đầu cột là bằng nhau. Dùng phương pháp chuyển vị để tính toán. Chọn hệ cơ bản bằng cách thêm vào đầu cột một liên kết. Đối với nhà ba nhịp, sơ đồ tải trọng và hệ cơ bản như trên hình 1.3.8.



Hình 1.3.8. Sơ đồ tải trọng gió và hệ cơ bản

a) sơ đồ tải trọng ; b) hệ cơ bản.

Phương trình chính tắc của hệ

$$r \Delta + R_g = 0, \quad (1.3.14)$$

trong đó r - phản lực trong liên kết do chuyển vị cưỡng bức $\Delta = 1$ gây ra trong hệ cơ bản. Đối với khung ba nhịp :

$$r = r_1 + r_2 + r_3 + r_4, \quad (1.3.15)$$

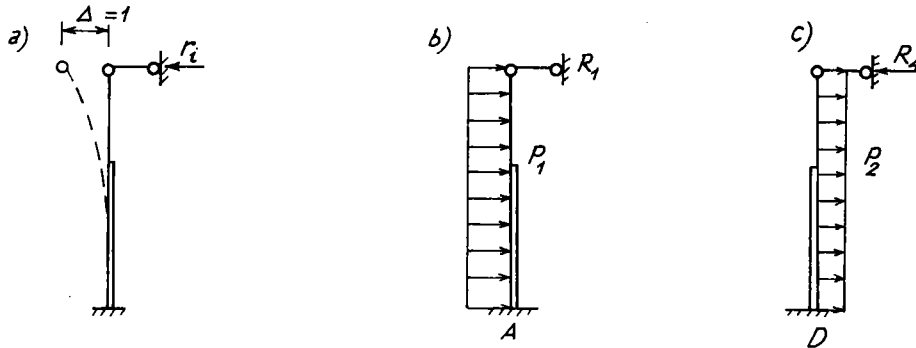
ở đây r_1, r_2, r_3, r_4 là phản lực tại các đầu cột do chuyển vị cưỡng bức $\Delta = 1$ gây ra.

Xác định các r_1, r_2, r_3, r_4 theo công thức (1.3.2) với sơ đồ trên hình 1.3.9a.

R_g - phản lực trong các liên kết do tải trọng gây ra trong hệ cơ bản

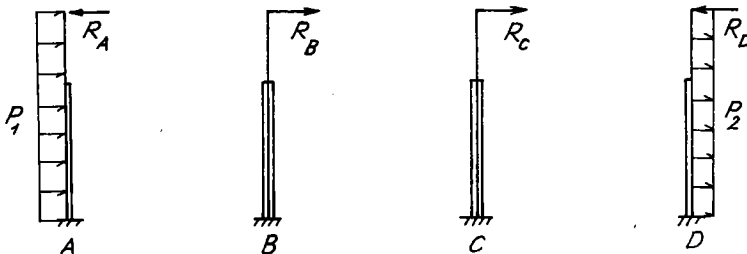
$$R_g = S_1 + S_2 + R_1 + R_4 \quad (1.3.16)$$

R_1 và R_4 là phản lực ở đầu cột thứ nhất và cột thứ tư (đối với khung ba nhịp) do tải trọng gió phân bố gây ra. Xác định R_1 và R_4 theo công thức (1.3.7) với chú ý là khi tính R_1 thì tải trọng là p_1 còn khi tính R_4 thì tải trọng là p_2 như trên hình 1.3.9b,c.



Hình 1.3.9. Sơ đồ tính phản lực gối trong hệ cơ bản

Từ (1.3.14) rút ra $\Delta = -\frac{R_g}{r}$.



Hình 1.3.10. Sơ đồ xác định nội lực trong cột

Sau khi tính được chuyển vị Δ và phản lực trong liên kết, sơ đồ tính nội lực của các cột như trên hình 1.3.10, trong đó :

$$R_A = R_1 + r_1 \Delta ;$$

$$R_B = r_2 \Delta ;$$

$$R_C = r_3 \Delta ;$$

$$R_D = R_4 + r_4 \Delta .$$

Chú ý rằng chiều của các phản lực trên hình 1.3.10 được lấy phù hợp với dấu của các công thức tính sẵn. Nếu kết quả tính ra được trị số âm thì phải lấy chiều ngược lại. Từ các sơ đồ như trên hình 1.3.10 dễ dàng tính ra mômen và lực cắt trong các tiết diện của từng cột.

Khi tính toán với trường hợp gió thổi theo chiều ngược lại, nếu hai cột biên có kích thước giống nhau thì chỉ việc đổi lật ngược biểu đồ mômen của hai cột biên cho nhau, còn đối với cột giữa thì chỉ cần đổi dấu chính ngay biểu đồ mômen của trường hợp đã giải. Khi hai cột biên không giống nhau thì nội lực của cột biên khi chịu gió theo chiều ngược lại sẽ không suy được trực tiếp như ở trên.

Cần chú ý rằng đối với tải trọng gió không được xét đến sự làm việc không gian giữa các khung ($C_{kg} = 1$).

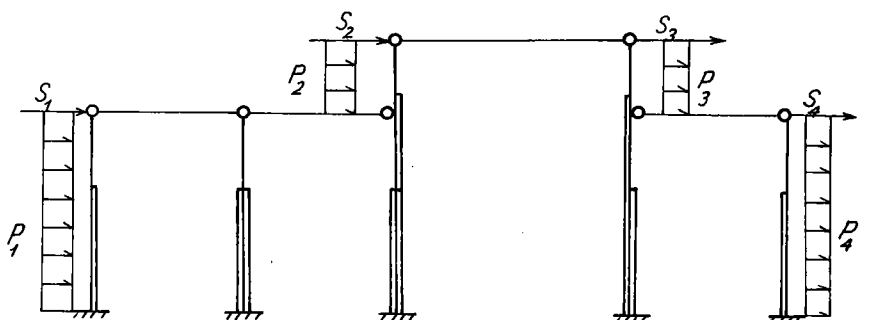
Nhà có số nhịp ít hoặc nhiều hơn cũng được tính toán tương tự với số cột giữa phù hợp.

D. Xác định nội lực khi nhà lệch cao trình

Khi nhà có cao trình đỉnh cột lệch nhau (h.1.3.11) thì xà ngang mái không nằm trên cùng một mức, do đó chuyển vị ngang ở các cao trình đỉnh cột khác nhau sẽ không giống nhau. Việc giải nội lực trong trường hợp này sẽ phức tạp hơn do số ẩn số nhiều hơn.

Để tận dụng các công thức từ (1.3.1) đến (1.3.8) với các phần tử mẫu tương ứng đã biết nên dùng hỗn hợp cả phương pháp lực và phương pháp chuyển vị để giải.

Trong một số trường hợp cụ thể có thể chấp nhận giả thiết gần đúng hoặc tính toán gần đúng theo hệ chính phụ.



Hình 1.3.11. Sơ đồ tính nhà lệch cao trình với tải trọng gió

Ngày nay các chương trình tính toán nội lực của hệ dàn hồi đã phát triển rất mạnh mẽ, việc giải nội lực của khung ngang nhà công nghiệp bất kỳ không mấy khó khăn. Trong ví dụ 3 của cuốn sách này trình bày cách mô hình hóa và tính toán nội lực của khung ngang nhà công nghiệp một tầng, ba nhịp, lệch cao trình.

E. Xác định nội lực cho cột hai nhánh

Đối với cột hai nhánh, nội lực trong các tiết diện được xác định theo hai giai đoạn :

Giai đoạn thứ nhất : tính toán nội lực tổng thể cho cột đặc có độ cứng tương đương một cách bình thường giống như đối với cột một nhánh để xác định nội lực M , N , Q tại các tiết diện.

Giai đoạn thứ hai : xác định nội lực M_{nh} , N_{nh} , Q_{nh} trong từng nhánh và nội lực M_t , Q_t từ các giá trị M , N , Q đã xác định được ở giai đoạn trên.

Lực dọc trong mỗi nhánh xác định theo công thức

$$N_{nh} = \frac{N}{2} \pm \eta \frac{M}{C}, \quad (1.3.17)$$

trong đó η - hệ số uốn dọc xác định theo (1.4.2) với N_{th} tính theo công thức (1.4.3) và phải kể đến ảnh hưởng của độ mảnh trong mỗi nhánh bằng cách thay giá trị J_b bằng biểu thức sau

$$J_b = 2 F_o r^2, \quad (1.3.18)$$

ở đây F_o - diện tích một nhánh ;

r - bán kính quán tính của tiết diện tương đương tính theo công thức

$$r^2 = \frac{C^2}{4(1 + \frac{3C^2}{n_o^2 h_1^2})}; \quad (1.3.19)$$

h_1 - chiều cao tiết diện nhánh ;

C - khoảng cách giữa hai trục nhánh;

n_o - số lượng các ô khung của cột hai nhánh.

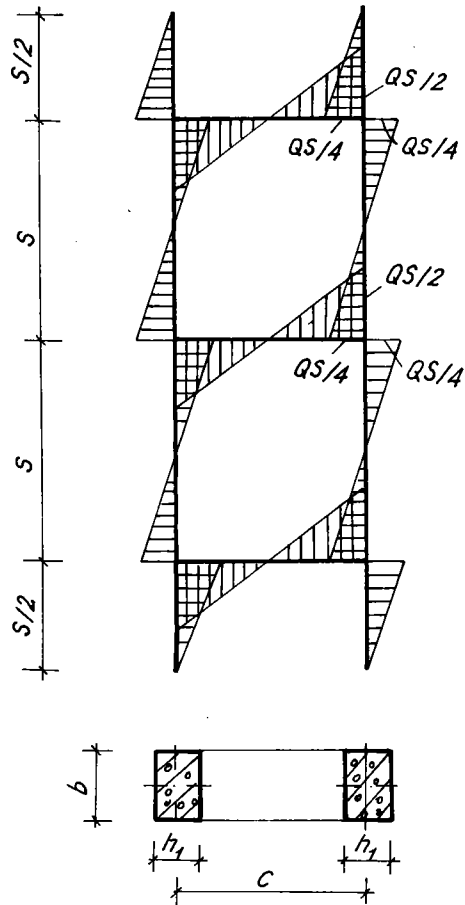
Mômen uốn trong các nhánh và trong thanh ngang của cột hai nhánh được xác định theo phương pháp điểm không khi coi cột là khung một nhịp nhiều tầng.

- Khi cả hai nhánh cùng chịu nén lực cắt trong cột phân đều cho hai nhánh

$$Q_{nh} = 0,5 Q.$$

Mômen uốn trong mỗi nhánh ở vị trí thanh ngang là

<http://vietnam12h.com>



Hình 1.3.12. Biểu đồ mômen trong nhánh và thanh ngang

$$M_{nh} = 0,5 Q_{nh} S = 0,25 Q S . \quad (1.3.20)$$

Mômen uốn trong thanh ngang bằng tổng mômen uốn ở tiết diện trên và tiết diện dưới của nhánh kề với thanh ngang

$$M_t = 2 M_{nh} = 0,5 Q S . \quad (1.3.21)$$

Lực cắt trong thanh ngang

$$Q_t = Q S / C . \quad (1.3.22)$$

- Khi có một nhánh chịu nén và một nhánh chịu kéo thì nhánh chịu nén sẽ chịu lực cắt nhiều hơn. Để thiên về an toàn coi nhánh chịu nén chịu 80% lực cắt Q và nhánh chịu kéo chịu 30% Q . Từ đó có :

- Trong nhánh chịu nén

$$Q_{nh} = 0,8 Q$$

$$M_{nh} = 0,5 Q_{nh} S = 0,4 Q S \quad (1.3.20a)$$

- Trong nhánh chịu kéo

$$Q_{nh} = 0,3 Q ;$$

$$M_{nh} = 0,5 Q_{nh} S = 0,15 Q S . \quad (1.3.20b)$$

- Trong thanh ngang

$$M_t = 0,8 Q S \text{ và } M_t = 0,3 Q S ;$$

$$Q_t = Q S / C .$$

f. Tổ hợp nội lực

Ở trên ta đã tính toán và thu được nội lực trong các tiết diện do từng loại tải trọng gây ra. Cần phải tổ hợp tất cả các loại nội lực đó lại để tìm ra nội lực nguy hiểm nhất có thể xuất hiện trong từng tiết diện của mỗi cột. Theo tiêu chuẩn về tải trọng TCVN 2737 - 95 phân ra hai loại tổ hợp : *tổ hợp cơ bản* và *tổ hợp đặc biệt*. Để tổ hợp nên lập thành bảng. Có nhiều cách lập bảng, ở đây giới thiệu một cách lập bảng (xem bảng 5 ở ví dụ 1) áp dụng đối với khung nhà ba nhịp, bảng gồm 18 cột .

Cột 1 ghi tên cột (phần trên ghi cột biên, phần dưới ghi cột giữa) .

Cột 2 ghi tiết diện cần tính toán (tiết diện I,II, III,IV) của cột biên và cột giữa.

Cột 3 ghi nội lực M , N , Q kèm theo đơn vị tính toán.

Cột 4 ghi nội lực do tĩnh tải.

Cột 5, 6 ghi nội lực do hoạt tải trên mái (đặt ở bên trái và bên phải trục cột) .

Cột 7,8,9, 10 ghi nội lực do hoạt tải cầu trục, trong đó cột 7, 8 là nội lực do D_{max} và T_{max} tác dụng bên trái cột, cột 9, 10 là nội lực do D_{max} và T_{max} tác dụng bên phải cột.

Cột 11,12 ghi nội lực do tải trọng gió tác dụng từ trái qua phải và ngược lại.

Cột 13, 14, 15 ghi nội lực của tổ hợp cơ bản I.

Cột 16, 17, 18 ghi nội lực của tổ hợp cơ bản II.

Tổ hợp cơ bản I gồm nội lực do tĩnh tải và nội lực của một trong các hoạt tải.

Tổ hợp cơ bản II gồm nội lực do tĩnh tải và nội lực của mọi hoạt tải (hoạt tải mái, hoạt tải cầu trục và hoạt tải gió).

Trong mỗi tổ hợp cần xét ba cặp nội lực nguy hiểm .

- Cặp mômen dương lớn nhất và lực dọc tương ứng (M_{max} và $N_{tđ}$).
- Cặp mômen âm nhỏ nhất và lực dọc tương ứng (M_{min} và $N_{tđ}$).
- Cặp lực dọc lớn nhất và mômen tương ứng (N_{max} và $M_{tđ}$).

Ở các tiết diện I,II,III nói chung chỉ cần tìm mômen M và lực dọc N . Riêng ở tiết diện IV (tiết diện chân cột) cần phải xác định cả mômen M , lực dọc N và lực cắt Q để có số liệu tính toán móng sau này.

Đối với tổ hợp cơ bản I

Để xác định cặp thứ nhất, lấy nội lực do tĩnh tải cộng với nội lực do một hoạt tải có giá trị mômen dương lớn nhất trong số các mômen do hoạt tải.

Để xác định cặp thứ hai, lấy nội lực do tĩnh tải cộng với nội lực do một hoạt tải có giá trị mômen âm với giá trị tuyệt đối lớn nhất.

Để xác định cặp thứ ba, lấy nội lực do tĩnh tải cộng với nội lực do một hoạt tải có giá trị lực dọc lớn nhất.

Đối với tổ hợp cơ bản II

Để xác định cặp thứ nhất, lấy nội lực do tĩnh tải cộng với mọi nội lực do hoạt tải có giá trị mômen là dương.

Để xác định cặp thứ hai, lấy nội lực do tĩnh tải cộng với mọi nội lực do hoạt tải có giá trị mômen là âm ;

Để xác định cặp thứ ba, lấy nội lực do tĩnh tải cộng với mọi nội lực do hoạt tải có gây ra lực dọc. Ngoài ra còn lấy thêm nội lực của hoạt tải dù không gây ra lực dọc nhưng gây ra mômen cùng chiều với mômen tổng cộng đã lấy tương ứng với N_{max} .

Chữ "tương ứng" trong các cặp nội lực có nghĩa là : đối với cặp thứ nhất và cặp thứ hai khi đã lấy mômen do tải trọng nào gây ra thì cũng phải lấy lực dọc tương

ứng với tải trọng ấy, đối với cặp thứ ba khi đã lấy lực dọc ở cột nào của bảng thì cũng phải lấy mômen ở cột ấy của bảng.

Khi tổ hợp cần chú ý các điểm sau đây :

- Dù cho tính với hoạt tải ở một bên cột (đối với cột biên) hoặc cả hai bên cột thì vẫn xem là một hoạt tải.

- Khi đã lấy gió theo chiều này thì không được lấy gió theo chiều kia.

- Khi tính toán tổ hợp cơ bản II, chỉ trừ nội lực do tĩnh tải ra còn mọi nội lực do hoạt tải đều phải nhân với hệ số 0,9.

- Khi kể nội lực do cầu trục vào các tổ hợp thì có thể xét đồng thời cả D_{max} và T_{max} hoặc có thể chỉ xét D_{max} mà không kể T_{max} nhưng không được chỉ kể T_{max} mà bỏ qua D_{max} vì trong thực tế chỉ xảy ra lực hãm T_{max} tác dụng vào dầm cầu trục khi trên đó có D_{max} . Vì T_{max} gây ra nội lực cả hai dấu cho nên khi xét nội lực do cầu trục, trước tiên ta chú ý đến nội lực do D_{max} , sau đó lấy nội lực do T_{max} cho phù hợp dấu với cặp nội lực của tổ hợp cần tìm.

Khi tổ hợp, nếu xét nội lực của cả bốn cầu trục, tức là lấy nội lực của D_{max} và T_{max} cả bên trái và bên phải cột thì phải nhân với hệ số tổ hợp $n_{th} = 0,7$ đối với cầu trục có chế độ làm việc nhẹ và trung bình, $n_{th} = 0,8$ đối với cầu trục có chế độ làm việc nặng. Nếu xét tác dụng của hai cầu trục thì phải nhân với hệ số tổ hợp $n_{th} = 0,85$ đối với cầu trục có chế độ làm việc nhẹ và trung bình, $n_{th} = 0,95$ đối với cầu trục có chế độ làm việc nặng.

Tổ hợp nội lực là công việc phức tạp dễ bị nhầm lẫn cần phải hiểu rõ mục đích, cách làm và tiến hành một cách thận trọng, chính xác. Trong mỗi ô ghi kết quả tổ hợp cần ghi số thứ tự các cột đã được lấy nội lực để đưa vào tổ hợp. Làm như vậy giúp cho việc kiểm tra được dễ dàng (tham khảo bảng 2.1.2, ví dụ 1).

§4. TÍNH TOÁN CỐT THÉP

Tính toán cốt thép cho cột khung nhà một tầng bao gồm tính toán cốt thép cho cột biên, cốt thép cho cột giữa, cốt thép cho vai cột, ngoài ra còn phải kiểm tra khả năng chịu lực của cột theo phương ngoài mặt phẳng khung, kiểm tra cột khi vận chuyển, cầu lắp.

Cốt thép trong cột được tính toán như cấu kiện chịu nén lệch tâm với các cặp nội lực M và N nguy hiểm nhất lấy trong bảng tổ hợp. Đối với nhà không có cầu trục thường tính toán cốt thép cho tiết diện chân cột. Đối với nhà có cầu trục, ở mỗi cột cần tính riêng cốt thép cho phần cột trên và phần cột dưới vai cột.

Chiều dài tính toán của cột l_0 lấy theo bảng 1.4.1.

Bảng 1.4.1. Chiều dài tính toán l_0 của cột nhà một tầng lắp ghép

Loại cột đặc (trừ các loại cột rỗng)	Chiều dài tính toán l_0 của cột	
	Khi tính trong mặt phẳng khung	Khi tính theo phương ngoài mặt phẳng khung
<i>Nhà có cấu trúc</i>		
- Phần cột dưới	$1,5 H_d$	$1,2 H_d$
- Phần cột trên	$2,5 H_t$	$2,0 H_t$
<i>Nhà không có cấu trúc</i>		
- Nhà một nhịp	$1,5 H$	$1,2 H$
- Nhà hai nhịp trở lên	$1,2 H$	$1,2 H$

trong bảng 1.4.1 H - chiều dài toàn bộ cột ;
 H_d - chiều dài đoạn cột dưới ;
 H_t - chiều dài đoạn cột trên.

Nếu khi tính toán nhà có cấu trúc mà không xét đến tải trọng cấu trúc thì chiều dài tính toán phải lấy như đối với nhà không có cấu trúc.

Cột biên có hình dáng bên ngoài không đối xứng, chịu các cặp nội lực có mômen tác dụng theo hai chiều khác nhau do đó nên tính toán cốt thép không đối xứng. Để bố trí cốt thép hợp lý, tiết kiệm, có thể áp dụng phương pháp tính vòng.

Cột giữa nếu hình dáng bề ngoài đối xứng, cần bố trí cốt thép đối xứng để không bị nhầm lẫn khi thi công. Đồng thời cột giữa chịu nội lực có M_{max} và M_{min} khác nhau ít nên tính cốt thép đối xứng là hợp lý.

1. Chọn cặp nội lực để tính toán

Mỗi tiết diện chịu nhiều cặp nội lực khác nhau, trong tính toán cần chọn ra một số cặp nguy hiểm. Trong những cặp này sẽ dùng một số cặp để tính toán và chọn ra cốt thép, sau đó dùng các cốt thép đã chọn để kiểm tra khả năng chịu lực đối với các cặp nội lực còn lại. Như vậy nội dung phần tính toán bao gồm cả việc tính toán cốt thép và kiểm tra. Đối với cột bố trí cốt thép đối xứng thì nên dùng bài toán tính cốt thép đối xứng để tính cho tất cả các cặp nguy hiểm sau đó chọn giá trị diện tích cốt thép lớn nhất trong đó để bố trí.

Trước hết căn cứ vào bảng tổ hợp, chọn ra các cặp nội lực nguy hiểm (ít nhất là ba cặp). Đó là các cặp nội lực có trị tuyệt đối của mômen lớn nhất, có độ lệch tâm lớn nhất và có giá trị lực dọc lớn nhất. Những cặp có độ lệch tâm lớn thường gây nguy hiểm cho vùng kéo, còn những cặp có lực dọc lớn thường gây nguy hiểm cho vùng nén, cặp có mômen lớn gây nguy hiểm cho cả vùng kéo và vùng nén. Khi có

nghe ngờ giữa các cặp nội lực, không biết rõ cặp nào nguy hiểm hơn thì phải tính toán với tất cả các cặp đó.

2. Tóm tắt công thức tính toán tiết diện chịu nén lệch tâm

Chọn từ bảng tổ hợp ra các cặp nội lực nguy hiểm trong đó tách riêng nội lực do tải trọng dài hạn gây ra. Tính độ lệch tâm ban đầu của lực dọc $e_{o1} = M/N$, lấy trị số độ lệch tâm ngẫu nhiên e'_o theo số liệu thực tế (với cột chịu lực nén đặt trực tiếp lên nó, e'_o lấy không nhỏ hơn các trị số sau : 1/600 chiều dài cấu kiện, 1/30 chiều cao tiết diện và 1cm).

Độ lệch tâm của lực dọc trong tính toán sẽ là : $e_o = e_{o1} + e'_o$.

Tra các số liệu (trong các bảng phụ lục) để tính toán gồm : cường độ chịu nén R_n ; cường độ chịu kéo R_k của bê tông ; hệ số uốn dọc φ ; hệ số điều kiện hạn chế A_o , α_o ; cường độ chịu kéo R_a , chịu nén R'_a của cốt thép.

Ghi các kích thước tiết diện b, h, h_o, a, a' .

Xác định chiều dài tính toán l_o của đoạn cột theo bảng 1.4.1.

Tính độ lệch tâm giới hạn

$$e_{ogh} = 0,4 (1,25 h - \alpha_o h_o). \quad (1.4.1)$$

Khi $l_o / r > 14$ hoặc $l_o / h > 4$ đối với tiết diện chữ nhật cần phải tính đến ảnh hưởng của uốn dọc làm tăng độ lệch tâm

$$\eta = \frac{1}{1 - (N / N_{th})}, \quad (1.4.2)$$

trong đó N_{th} - lực dọc tới hạn xác định theo công thức

$$N_{th} = \frac{6,4}{l_o^2} (\frac{S}{K_{dh}} J_b E_b + J_a E_a), \quad (1.4.3)$$

ở đây J_b - mômen quán tính của tiết diện bê tông ;

J_a - mômen quán tính của tiết diện cốt thép lấy đối với trục đi qua trọng tâm tiết diện.

$$J_a = (F_a + F'_a) (0,5 h - a)^2. \quad (1.4.4)$$

Khi chưa biết F_a và F'_a thì có thể giả thiết trước hàm lượng cốt thép $\mu_t = 0,01 \div 0,02$ và tính

$$J_a = \mu_t b h_o (0,5 h - a)^2; \quad (1.4.5)$$

K_{dh} - hệ số xét đến ảnh hưởng của tải trọng tác dụng dài hạn

$$K_{dh} = 1 + \frac{M_{dh} + N_{dh} (0,5h - a)}{M + N (0,5h - a)}. \quad (1.4.6)$$

Khi M_{dh} có chiều tác dụng ngược với M thì nó được mang dấu âm và nếu tính ra $K_{dh} < 1$ thì lấy $K_{dh} = 1$;

S - hệ số xét đến ảnh hưởng độ lệch tâm, tính theo công thức

$$S = \frac{0,11}{0,1 + \frac{e_o}{h}} + 0,1 . \quad (1.4.7)$$

Khi $e_o / h < 0,05$ lấy $S = 0,85$ và khi $e_o / h > 5$ lấy $S = 0,122$.

Khoảng cách từ điểm đặt lực N đến trọng tâm cốt thép F_a là $e = \eta e_o + 0,5 h - a$.

Cần dựa vào dấu của mômen mà quy định cốt thép phía chịu kéo là F_a , phía chịu nén là F_a' , sau đó tiến hành tính toán cốt thép theo trường hợp lệch tâm lớn hoặc lệch tâm bé. Trong các bài toán (trừ bài toán tính cả F_a và F_a' không đối xứng) trước tiên cần xác định chiều cao vùng chịu nén x . Nếu $x \leq \alpha_o h_o$ tính theo lệch tâm lớn. Nếu $x > \alpha_o h_o$ tính theo lệch tâm bé.

Đối với bài toán tính cả F_a và F_a' không đối xứng thì không thể tính ngay ra được x . Lúc này phải tính độ lệch tâm giới hạn e_{ogh} theo (1.4.1) và so sánh. Nếu $\eta e_o \geq e_{ogh}$ thì tính cốt thép theo trường hợp lệch tâm lớn. Nếu $\eta e_o < e_{ogh}$ thì tính theo trường hợp lệch tâm bé.

Sau khi chọn cốt thép cần kiểm tra lại các giá trị giả thiết ban đầu như a , a' , h_o , điều kiện μ , $\mu' \geq \mu_{min}$ và tổng hàm lượng thép

$$\mu_t = \mu + \mu' = \frac{F_a + F_a'}{bh_o} 100\% .$$

Nếu $\mu_t > 3\%$ chứng tỏ tiết diện cột chọn bé, cần tăng kích thước tiết diện, tăng số hiệu bê tông hoặc chọn cốt thép có cường độ lớn hơn.

Nếu $\mu_t < 0,5\%$ chứng tỏ tiết diện chọn quá lớn, nên rút bớt kích thước xuống nếu có thể.

Tổng hàm lượng cốt thép μ_t bằng 1% đến 2% là vừa phải.

Tính toán cốt thép cho cột thường gặp các bài toán sau

Bài toán 1. Tính cốt thép không đối xứng F_a và F_a' .

Trước tiên tính e_{ogh} theo (1.4.1) rồi so sánh.

Nếu $\eta e_o \geq e_{ogh}$, tính theo lệch tâm lớn. Trước tiên tính F_a'

$$F_a' = \frac{Ne - A_o R_n bh_o^2}{R_a' (h_o - a')} . \quad (1.4.8)$$

Tính $\mu' = F_a' / bh_o$, nếu $\mu' > \mu_{min}$ thì tính tiếp F_a

$$F_a = \frac{\alpha_o R_n bh_o + R_a' F_a' - N}{R_a} . \quad (1.4.9)$$

μ_{\min} lấy như sau :

$$\mu_{\min} = 0,0005 \text{ khi } \lambda_b \leq 5 ;$$

$$\mu_{\min} = 0,001 \text{ khi } \lambda_b \leq 10 ;$$

$$\mu_{\min} = 0,002 \text{ khi } \lambda_b \leq 24 .$$

Nếu $\mu' < \mu_{\min}$ (kể cả trường hợp $F_a' < 0$) thì lấy $F_a' = \mu_{\min} b h_0$ và tính F_a theo bài toán đã biết trước F_a' tìm F_a (bài toán 2).

Nếu $\eta e_0 < e_{ogh}$, tính theo lệch tâm bé. Lúc này cần xác định x theo các công thức thực nghiệm sau

Khi $e_0 \leq 0,2 h_0$

$$x = h - \left(\frac{0,5h}{h_0} + 1,8 - 1,4\alpha_o \right) e_0 \quad (1.4.10)$$

Khi $0,2 h_0 \leq e_{ogh}$

$$x = 1,8 (e_{ogh} - e_0) + \alpha_o h_0 . \quad (1.4.11)$$

Tính F_a' theo công thức

$$F_a' = \frac{Ne - R_n bx(h_0 - 0,5x)}{R_a' (h_0 - a')} \quad (1.4.12)$$

Tính F_a

Nếu x tính theo (1.4.10), (1.4.11) nhỏ hơn $0,9 h_0$ thì F_a lấy theo cấu tạo bằng $\mu_{\min} b h_0$.

Nếu x lớn hơn hoặc bằng $0,9 h_0$ thì lấy $\sigma_a = 0,8 R_a'$ và tính F_a theo (1.4.13) :

$$F_a = \frac{N - R_n bx - R_a' F_a'}{0,8 R_a'} \quad (1.4.13)$$

Bài toán 2. Tính cốt thép F_a khi đã biết cốt thép F_a' (chỉ dùng trong trường hợp nén lệch tâm lớn).

Từ các công thức của nén lệch tâm lớn, tính A :

$$A = \frac{Ne - R_a' F_a' (h_0 - a')}{R_n b h_0^2} \quad (1.4.14)$$

Từ A tra bảng phụ lục VIII ra α , tính $x = \alpha h_0$.

Nếu $x \leq \alpha_o h_0$ và $x \geq 2a'$ tính tiếp F_a theo công thức sau

$$F_a = \frac{R_n bx + R_a' F_a' - N}{R_a} \quad (1.4.15)$$

Nếu $x > \alpha_o h_0$ lúc đó F_a' đã cho là chưa đủ, cần phải tính lại F_a' rồi mới tính F_a như bài toán 1.

Nếu $x < 2a'$, tính F_a theo công thức sau

$$F_a = \frac{Ne'}{R_a(h_0 - a')} \quad (1.4.16)$$

Công thức (1.4.16) áp dụng cho cả trường hợp A có giá trị âm, trong đó

$$e = \eta e_0 + 0,5 h - a ; \quad (1.4.17)$$

$$e' = e - h_0 + a' . \quad (1.4.18)$$

Bài toán 3. Tính cốt thép đối xứng $F_a = F_a'$

Nếu dùng các loại thép có $R_a = R_a'$ (thép nhóm C-III, A-III trở xuống) tính x

$$x = \frac{N}{R_n b} \quad (1.4.19)$$

Nếu $2a' \leq x \leq \alpha_0 h_0$ tiếp tục tính $F_a = F_a'$

$$F_a = F_a' = \frac{N(e - h_0 + 0,5x)}{R_a'(h_0 - a')} \quad (1.4.20)$$

Nếu $x < 2a'$, tính F_a theo (1.4.16) rồi lấy $F_a' = F_a$.

Nếu $x > \alpha_0 h_0$ lúc này cần tính thêm e_{ogh} theo (1.4.15) rồi so sánh với e_0 .

Khi $e_0 > e_{ogh}$, lấy $x = \alpha_0 h_0$ để tính F_a' theo (1.4.8) rồi lấy $F_a = F_a'$;

Khi $e_0 \leq e_{ogh}$, dựa vào e_0 để tính lại x theo (1.4.10) hoặc (1.4.11); thay x vừa tính được vào (1.4.12) để tính F_a' rồi lấy $F_a = F_a'$.

Bài toán 4. Tính toán kiểm tra khi đã biết kích thước cấu kiện và cặp nội lực M, N .

Trước hết tính x

$$x = \frac{N + R_a F_a - R_a' F_a'}{R_n b} \quad (1.4.21)$$

Nếu $2a' \leq x \leq \alpha_0 h_0$ thì kiểm tra xem có thỏa mãn điều kiện sau hay không

$$Ne \leq R_n b x (h_0 - 0,5 x) + R_a' F_a' (h_0 - a') \quad (1.4.22)$$

Nếu thỏa mãn thì cấu kiện đủ khả năng chịu lực.

Nếu $x \leq 2a'$ (kể cả khi x âm) thì kiểm tra theo công thức

$$Ne' \leq R_a F_a (h_0 - a') \quad (1.4.23)$$

Nếu $x > \alpha_0 h_0$, tùy theo giá trị e_0 tính toán lại x theo các công thức (1.4.10) (1.4.11) hoặc lấy bằng $\alpha_0 h_0$ (khi $e_0 > e_{ogh}$) rồi kiểm tra theo hai công thức sau

Khi $x \leq 0,9 h_0$

$$Ne \leq R_n b x (h_0 - \frac{x}{2}) + R_a' F_a' (h_0 - a') \quad (1.4.24)$$

Khi $x > 0,9 h_0$, ngoài việc kiểm tra theo (1.4.11) còn phải kiểm tra thêm điều kiện

$$N \leq R_n b x + R_a' F_a' + 0,8 R_a' F_a .$$

Cần chú ý là cách tính toán trong bài toán kiểm tra này là tính riêng về trái và về phải rồi so sánh.

3. Phương pháp tính vòng cốt thép không đối xứng

Có thể dùng phương pháp này cho cột biên nhằm tiết kiệm cốt thép.

Cốt thép trong cột được tính riêng cho phần cột trên và phần cột dưới. Đối với phần cột trên chọn trong bảng tổ hợp một số cặp nội lực nguy hiểm ở các tiết diện I và II. Đối với phần cột dưới chọn trong bảng tổ hợp một số cặp nội lực nguy hiểm ở các tiết diện III và IV. Với mỗi đoạn cột, dùng hai cặp nội lực có mômen khác dấu để tính cốt thép theo phương pháp tính vòng. Sau khi chọn được cốt thép thì thực hiện bài toán kiểm tra với các cặp còn lại.

Phương pháp tính vòng là cách tính đúng dần để tìm ra hàm lượng cốt thép nhỏ nhất đủ chịu hai cặp nội lực có mômen ngược dấu nhau. Cách tính như sau

Chọn trong số các cặp nội lực nguy hiểm lấy hai cặp có mômen ngược chiều gọi là cặp I và cặp II: Cặp I có M_1 và N_1 , cặp II có M_2 và N_2 . Đầu tiên tính cốt thép đối xứng $F_{a1} = F_{a1}'$ cho cặp I, sau đó lấy F_{a1} xem là F_{a2}' của cặp II đã biết để tính F_{a2} cho cặp II.

Sang vòng hai lấy F_{a2} vừa tính ở vòng một làm F_{a1}' cho vòng hai để tính F_{a1} đối với cặp I, lại lấy F_{a1} xem là F_{a2}' đã biết để tính F_{a2} cho cặp II. Cứ tiếp tục tính như vậy với các vòng tiếp theo cho đến khi so sánh thấy F_{a1}' và F_{a2} xấp xỉ bằng nhau thì sẽ lấy theo trị số lớn để cấu tạo cốt thép.

Chú ý :

- Nếu trong các cặp nội lực mà không có các cặp có mômen ngược dấu nhau thì không tính vòng mà chỉ cần chọn cặp lớn nhất để tính thép không đối xứng.

- Nếu có hai cặp nội lực ngược dấu nhau nhưng có trị số tuyệt đối gần bằng nhau thì không cần phải tính vòng mà chỉ cần tính cốt thép đối xứng cho một cặp có giá trị lớn hơn.

- Nếu hai cặp nội lực ngược dấu nhau có trị số chênh lệch nhau nhiều thì có thể không cần tính vòng mà tính cốt thép không đối xứng cho cặp nội lực có trị số lớn hơn rồi dùng cốt thép đó kiểm tra cho cặp còn lại, nếu đạt thì đó là lượng cốt thép hợp lý, nếu không đạt thì cũng phải tính vòng.

4. Tính toán vai cột

Nội dung tính toán gồm kiểm tra chiều cao vai cột, tính toán cốt thép chịu mômen và cốt thép chịu lực cắt.

Vai cột chịu lực tập trung $P = G_d + D_{\max}$

Các kích thước dùng để tính toán như trên hình 1.4.1.

Khi $l_v \leq 0,9h_0$, vai cột thuộc kiểu côngxon ngắn. Kích thước vai cột được kiểm tra theo hai điều kiện sau

$$P \leq 2,5 R_k b h_0 ; \quad (1.4.26)$$

$$P \leq \frac{1,2K_v R_k b h_0}{a_v} . \quad (1.4.27)$$

trong đó K_v - hệ số ,

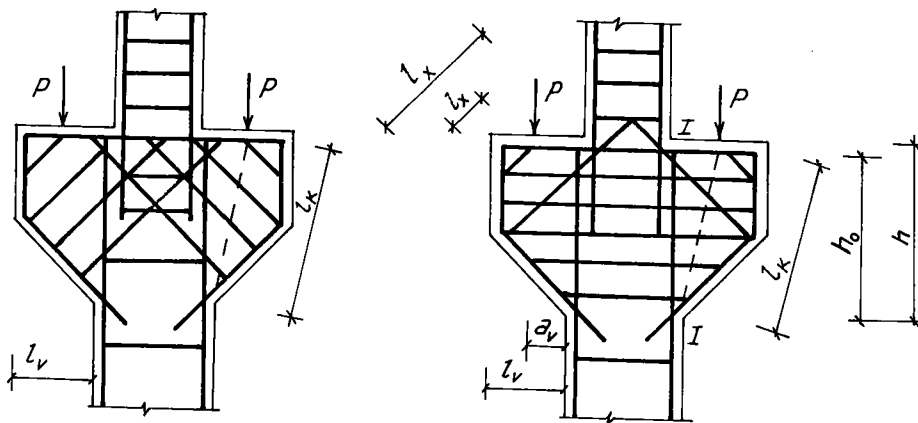
$K_v = 1$ với tải trọng tĩnh và với cầu trục có chế độ làm việc nhẹ và trung bình ;

$K_v = 0,75$ khi cầu trục có chế độ làm việc nặng ;

$K_v = 0,5$ khi cầu trục có chế độ làm việc rất nặng ;

b - bề rộng vai cột ;

R_k - cường độ chịu kéo của bê tông.



Hình 1.4.1. Sơ đồ tính toán vai cột

Vai cột được tính toán theo mômen để chọn cốt thép dọc và tính toán theo lực cắt để xác định cốt thép ngang.

Tính toán cốt dọc

Tính mômen tại tiết diện I - I

$$M_1 = Pa_v. \quad (1.4.28)$$

Tính A theo công thức

$$A = \frac{1,25M_1}{R_n b h_0^2} . \quad (1.4.29)$$

Tra bảng phụ lục ra γ và xác định cốt thép dọc chịu kéo trong vai cột

$$F_a = \frac{1,25M_1}{R_a \gamma h_0} \quad (1.4.30)$$

Tính cốt đai và cốt xiên

Cốt chịu cắt trong vai cột được đặt theo quy định sau :

khi $h \leq 2,5 a_v$ dùng cốt đai nằm nghiêng đặt suốt cả chiều cao ;

khi $h > 2,5 a_v$ dùng cốt đai nằm ngang đặt suốt cả chiều cao và các thanh cốt xiên ;

khi $h > 3,5 a_v$ và $P \leq R_k b h_0$ có thể chỉ cần đặt các cốt đai ngang mà không cần cốt xiên.

Trong mọi trường hợp, khoảng cách giữa các cốt đai không được vượt quá $1/4h$ và 150mm. Đường kính của các thanh cốt xiên không lớn quá $1/15$ chiều dài đoạn xiên l_x và không quá 25mm.

Tổng diện tích tiết diện của các thanh cốt xiên, hoặc của các cốt xiên cắt qua nửa trên đoạn l_x không bé hơn $0,002bh_0$.

Ngoài việc kiểm tra kích thước và tính toán cốt thép, vai cột cần được kiểm tra ép mặt tại vị trí dầm cầu trục gác lên đoạn vai, nếu điều kiện ép mặt không thỏa mãn thì phải gia cố các lưới thép hoặc các tấm thép ở mặt trên vai cột.

Diện tích truyền lực P là

$$F_1 = b_d l_1,$$

trong đó b_d - bề rộng dầm cầu trục ;

l_1 - chiều dài của hai đoạn đầu dầm cầu trục gác vào vai cột (có thể lấy $l_1 = b$)

Ứng suất ép mặt lên vai cột

$$\sigma = \frac{P}{F_1} \quad (1.4.31)$$

Điều kiện kiểm tra

$$\sigma \leq R_n, \quad (1.4.32)$$

trong đó R_n - cường độ chịu nén của bê tông.

5. Tính toán kiểm tra cột theo phương ngoài mặt phẳng khung

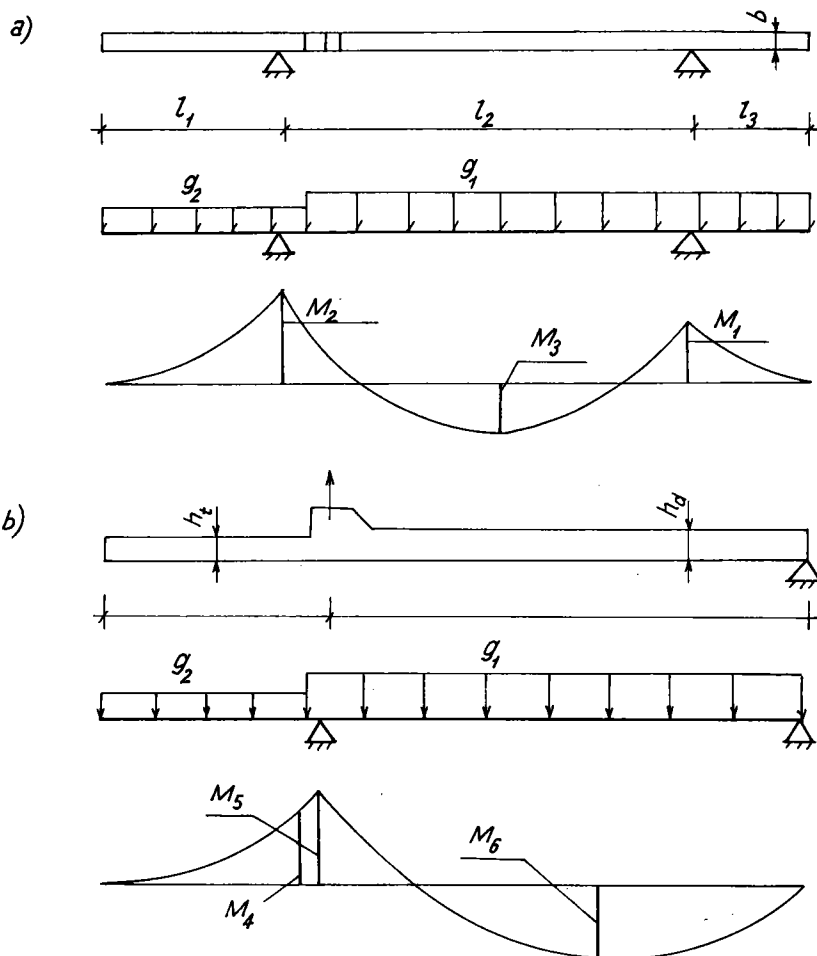
Cột có thể bị uốn theo phương vuông góc với mặt phẳng khung (phương dọc nhà) do lực hãm dọc của cầu trục, do gió thổi từ đầu hồi. Tuy vậy mômen này không đáng kể vì ở đầu hồi đã có cột chống gió, lại có hệ giằng đảm bảo ổn định.

theo phương dọc nhà. Vì thế thông thường, khi kiểm tra cột theo phương ngoài mặt phẳng khung chỉ kể đến lực nén N_{max} , kiểm tra cột theo trường hợp nén đúng tâm.

6. Tính toán kiểm tra cột khi vận chuyển, cầu lắp

Khi vận chuyển, cột được đặt nằm ngang, kê tự do lên hai gối tựa hoặc treo lên hai móc (h.1.4.2a). Khi dựng lắp, chân cột tì vào mặt móng còn đầu kia thường treo vào một móc (h.1.4.2b). Sơ đồ tính toán cũng là cột kê lên hai gối tựa nhưng một gối tựa đặt ở nút cột.

Trước hết cần xác định vị trí gối kê và móc cầu (dựa vào các quy định về thi công). Khi thiếu các số liệu tham khảo có thể xác định vị trí móc cầu như sau : móc cầu phía trên đặt ở khoảng vai cột ; móc cầu phía dưới đặt cách nút chân cột một khoảng $0,25 H_d$.



Hình 1.4.2. Sơ đồ tính cột khi vận chuyển, cầu lắp

a) khi vận chuyển ; b) khi cầu lắp .

Tải trọng tác dụng là trọng lượng bản thân phân bố nhân với hệ số động lực 1,5. Khi tiết diện phần cột trên và cột dưới giống nhau ta có tải trọng phân bố đều q còn khi tiết diện phần cột trên và phần cột dưới khác nhau ta có tải trọng phân bố ở hai phần cột khác nhau q_1 và q_2 . Xác định mômen trong các tiết diện cột theo các quy tắc thông thường như khi tính dầm đơn giản. Để có lợi về mặt chịu lực có thể chọn l_1, l_2, l_3 sao cho các mômen âm và dương trong cột là xấp xỉ nhau.

Chọn trong số các mômen dương và mômen âm những giá trị lớn nhất để kiểm tra, có thể kiểm tra riêng cho đoạn cột trên và đoạn cột dưới theo các mômen tương ứng. Cách kiểm tra như cấu kiện chịu uốn. Trong trường hợp vận chuyển cột được đặt nằm ngang, chiều rộng lúc đó là h , chiều cao là b , chiều cao có ích là b_0 .

Tính toán cốt thép theo công thức

$$F_a = \frac{M}{R_a(b - a - a')} \quad (1.4.33)$$

Thông thường $a = a'$ nên

$$F_a = \frac{M}{R_a(b - 2a)} \quad (1.4.34)$$

trong đó M - mômen uốn lấy theo các giá trị M_1, M_2, M_3, M_4 .

So sánh F_a vừa tính được với cốt thép đã cấu tạo sẵn trong tiết diện (cốt thép F_a trong tiết diện chỉ kể những thanh nằm ngoài cùng). Nếu trị số F_a vừa tính được nhỏ hơn F_a có trong cột là được. Nếu ngược lại thì nên tìm cách giảm mômen xuống bằng cách thay đổi vị trí móc cầu hoặc tìm các biện pháp gia cố tạm thời khi cầu lắp mà không nên đặt thêm cốt thép trong cột.

§5. MỘT SỐ YÊU CẦU VỀ CẤU TẠO

1. Cấu tạo cốt thép dọc

Để cấu tạo cốt thép dọc trong cột, cần nắm vững những yêu cầu về cấu tạo của cấu kiện chịu nén. Khi cạnh cột từ 40 cm trở lên, đường kính cốt dọc không nên lấy dưới 16 mm. Khoảng cách giữa hai mép trong của cốt thép không dưới 30 mm nếu đổ bê tông cột theo phương ngang. Cốt thép dọc trong cột có thể đặt kéo dài suốt từ phần cột trên xuống phần cột dưới hoặc có thể tách rời, lúc đó cốt thép phần cột dưới kéo lên ngang mép trên vai cột còn cốt phần cột trên kéo xuống quá mép trên vai cột một đoạn không nhỏ hơn $30d$. Khi cốt thép ở mỗi cạnh có trên hai thanh thì không nên cắt tất cả cốt thép tại một tiết diện mà nên cắt ở hai tiết diện cách nhau khoảng 20 - $30d$ (d - đường kính cốt thép).

3. Lưới thép gia cố đầu cột

Ở đầu trên và đầu dưới cột thường cần phải đặt các lưới ngang gia cố. Lưới này làm bằng dây thép $d = 5 \div 6$ mm, khoảng cách các thanh khoảng 5cm. Mỗi đầu cột đặt ít nhất bốn lưới. Khoảng cách giữa các lưới thường từ 50 đến 100 mm. Các lưới được đặt trong một đoạn cột dài $20d_1$. Các thanh ngoài cùng của lưới phải nằm ngoài các cốt dọc.

4. Các chi tiết đặt sẵn để liên kết

Ở đỉnh cột cần cấu tạo chi tiết đặt sẵn để liên kết với kết cấu mang lực mái. Dùng tấm thép dày 8 - 10mm hàn vào bốn thanh neo bằng thép có gờ, đường kính 14 - 16 mm. Chiều dài thanh neo không bé hơn $15d$. Cần phải đặt sẵn bulông chôn vào chân cột (xuyên qua tấm thép đệm) để liên kết cột với kết cấu mái. Trục bulông cách trục phân chia 150mm.

Trên vai cột đặt tấm thép để liên kết với dầm cầu trục. Tấm thép này cũng được neo vào cột bằng các thanh thép neo. Trên mặt bên cột, ở ngang cánh của dầm cầu trục cần đặt tấm thép để liên kết cánh dầm cầu trục vào cột.

Ở cột biên, khi tường dọc xây bằng gạch thì trong cột cần đặt cốt thép neo tường. Dùng các thanh thép đường kính 6mm chôn vào cột và chừa ra phía ngoài cột một đoạn 10 - 15 cm để neo vào tường gạch. Các thanh này đặt cách nhau khoảng từ năm đến bảy lớp gạch. Trên hình 1.5.1 thể hiện cách cấu tạo và bố trí cốt thép trong cột.

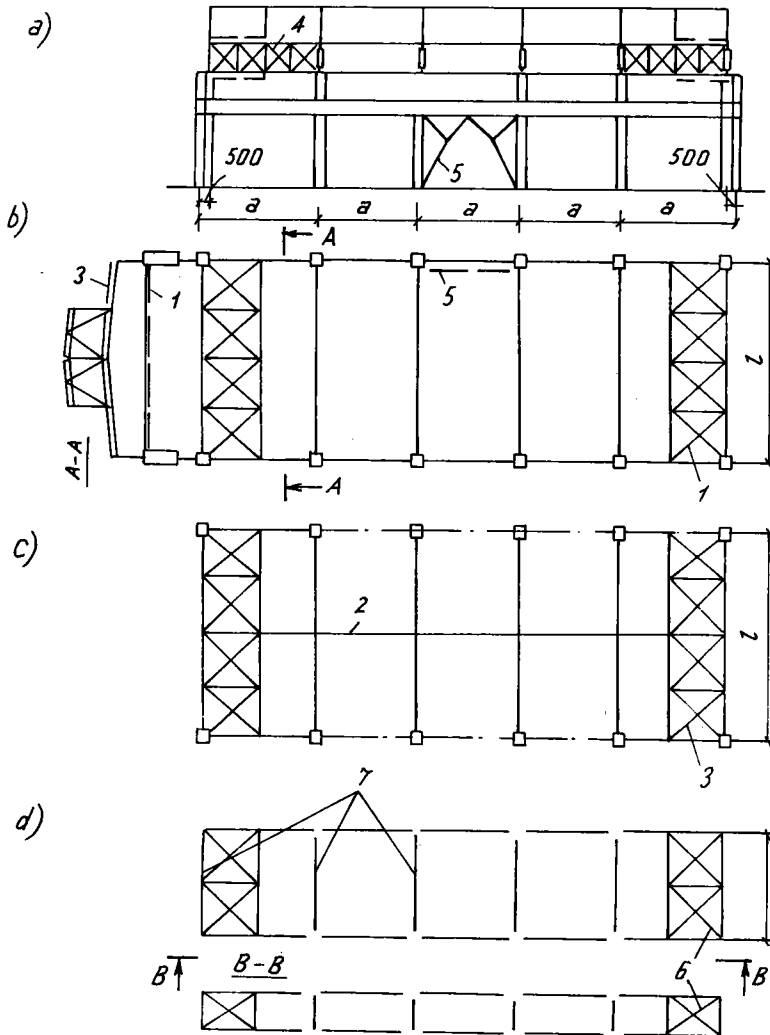
§6. CẤU TẠO HỆ GIẺNG CỦA NHÀ

Hệ giằng trong nhà một tầng lắp ghép có tác dụng đảm bảo ổn định và bất biến hình của ngôi nhà, truyền lực hãm của cầu trục và tải trọng gió lên các kết cấu chịu lực. Trong nhà một tầng cần cấu tạo các hệ giằng đứng và hệ giằng ngang.

1. Hệ giằng đứng đầu dàn

Dầm mái (hoặc dàn mái) được nối với đầu cột và liên kết với panen mái thông qua các tấm thép đệm, độ cứng của các mối nối này khá nhỏ. Dưới tác dụng của tải trọng gió lên đầu hồi, dầm dàn mái có thể bị đổ ra bên ngoài mặt phẳng của nó. Vì thế cần phải cấu tạo một hệ giằng đứng đặt ở đầu kết cấu mái. Hệ giằng này gồm có hai dàn giằng đặt ở gian đầu hồi và sát khe nhiệt độ. Dàn giằng thường được cấu tạo bằng thép góc nhưng cũng có khi dùng loại dàn bê tông cốt thép. Ở các bước cột giữa dùng các thanh chống liên kết các đầu cột theo phương dọc nhà. Đối với nhà nhiều nhịp, ở hàng cột giữa có thể bố trí một hệ giằng đứng cho cả hai hệ thống đầu

dầm (hoặc dàn) nhưng phải chú ý không được làm cho dầm mái (hoặc dàn mái) trở thành dầm hoặc dàn liên tục.



Hình 1.5.2. Sơ đồ bố trí hệ giằng

- a) hệ giằng đứng đầu dàn ; b) hệ giằng ngang ở cánh hạ ;
 c) hệ giằng ngang ở cánh thượng ; d) hệ giằng cửa mái ;
 1 - giằng cánh hạ ; 2 - thanh chống ; 3 - giằng cánh thượng ;
 4 - giằng đứng đầu dàn ; 5 - giằng cột ; 6 - giằng cửa mái ;
 7 - khung cửa mái.

2. Hệ giằng đứng của cột

Dưới tác dụng của lực hãm dọc của cầu trục và lực gió tác dụng vào đầu hồi, cột có thể có biến dạng lớn. Vì thế cần phải cấu tạo một hệ giằng đứng của cột tạo cho khung dọc một ô cứng để chịu các lực xô theo phương dọc nhà. Hệ giằng này

thường bằng thép và được bố trí ở ô giữa của một khối nhiệt độ. Nó có thể có dạng hai thanh chéo hoặc dạng công để thuận tiện giao thông theo phương ngang nhà.

3. Hệ giằng ngang ở thanh cánh hạ của dàn

Hệ giằng cánh hạ của dàn liên kết cánh hạ của hai dàn mái ngoài cùng thành một dàn cứng để làm chỗ tựa cho cột sườn tường đầu hồi. Hệ giằng này thường làm bằng thép, nó có tác dụng truyền lực gió của tường đầu hồi vào hai khung dọc hai bên.

4. Hệ giằng ngang ở cánh thượng của dàn

Hệ giằng này có tác dụng giữ ổn định ngoài mặt phẳng dàn của thanh cánh thượng. Trong nhà không có cửa mái, nếu dùng panen mái cỡ lớn hàn vào dàn mái là một miếng cứng, thì không cần phải bố trí hệ giằng ở thanh cánh thượng. Trong nhà có cửa mái chạy ra tận đầu hồi thì cần phải bố trí hệ giằng ở hai đầu của khối nhiệt độ và các thanh chống nối đỉnh các dàn còn lại với nhau. Nếu cửa mái không chạy ra tới đầu hồi thì hệ panen mái của các gian đầu hồi đã là miếng cứng do đó không cần cấu tạo hệ giằng cứng ở gian đầu mà chỉ cần đặt các thanh chống nối đỉnh của dàn có cửa mái vào hai khối cứng ở hai đầu.

Nếu dùng tấm mái cỡ nhỏ đặt lên xà gồ thì bản thân hệ mái không phải là miếng cứng ngay cả trong trường hợp không có cửa mái, do đó để đảm bảo độ cứng cho mái và cho toàn nhà cần phải bố trí hệ giằng ngang này ở hai gian đầu hồi của khối nhiệt độ và thanh chống đỉnh nóc nối đỉnh các dàn còn lại.

5. Hệ giằng cửa mái

Độ cứng và ổn định của hệ khung cửa mái được đảm bảo nhờ hệ giằng cửa mái. Hệ giằng này gồm có giằng thẳng đứng và giằng nằm ngang ở hai đầu của khối nhiệt độ.