

C1. KHUNG THÉP NHÀ CÔNG NGHIỆP 1 TẦNG

I. KHÁI NIỆM CHUNG

Khung (Cột + Rường ngang) thép là kết cấu chịu lực chính : mái (tĩnh + hoạt), vách bao che, cầu trục (đứng, nghiêng) phục vụ dây chuyền sản xuất, gió, sự thay đổi nhiệt độ Δt^0 , đôi lúc các thiết bị khác đặt trực tiếp lên khung.

Sử dụng khung thép khi vượt nhịp lớn, sức trục lớn.

Thông số kỹ thuật

Bố trí đường sắt trong phân xưởng, tầm hoạt động cầu trục, sức nâng của cầu trục, kích thước thông thủy các thiết bị, hoạt tải và tác dụng động của chúng.

Thông số xây dựng

- Vị trí đặt nhà công nghiệp có cầu trục trong tổng mặt bằng, cao độ nền, tài liệu địa chất và mực nước ngầm tại vị trí xây dựng.
- Vật liệu xây dựng địa phương, chiếu sáng, thông gió, nhiệt độ, v.v..

Khi thiết kế cần đảm bảo:

- Yêu cầu về sử dụng, chắc chắn, ổn định.
- Yêu cầu làm việc bình thường cho công nhân: thông gió, chiếu sáng, nhiệt độ, môi trường, an toàn lao động.
- Sơ đồ tính toán tối ưu: giảm trọng lượng (chi phí vật liệu), chi phí vận chuyển và dựng lắp thấp nhất (muốn được điều này cần thiết kế các cấu kiện đơn giản, giảm các chi tiết phụ, các cấu kiện giống nhau nhiều).

Các bộ phận kết cấu chính trong nhà công nghiệp

- Khung ngang = cột + xà (rường) ngang (dàn, dầm).
- Khung ngang chịu vật liệu lợp, xà gỗ mái, cửa trời, kết cấu dọc như hệ giằng mái, hệ thống cầu trục (xe con, dầm ngang, dầm biên, bánh xe cầu trục), dầm cầu chạy, ray, dầm hãm, sườn tường đỡ vách, vách lợp.
- Các khung ngang phải bảo đảm độ cứng không gian thông qua các hệ giằng (dọc, ngang) cũng như liên kết giữa móng - cột, cột - dầm (dàn), đỉnh = dầm (dàn) – dầm (dàn).

Cột : có tiết diện không thay đổi / thay đổi, cột có vai, cột giạt bậc, cột kép.

Dàn : dạng hình thang, có thể liên kết cứng với cột; dạng tam giác, chỉ liên kết khớp với cột, chịu trọng lượng bản thân mái và hoạt tải mái.

Dầm : dạng mở nách tại vị trí liên kết với cột, tạo liên kết cứng với cột; đỉnh cũng thường mở rộng, chịu trọng lượng bản thân mái và hoạt tải mái.

Cửa mái : tạo áp suất âm để hút gió làm thông thoáng nhà.

Dàn / dầm đỡ kèo : tại vị trí “trốn cột” để tăng khoảng cách giữa hai cột.

Dầm / dàn cầu chạy : chịu tải trọng toàn bộ hệ thống cầu trục (ray, bánh xe cầu trục, dầm biên, dầm ngang, xe con mang vật cầu, sàn thao tác, phòng điều khiển).

Ray : dẫn hướng cầu trục để bánh xe cầu trục hoạt động.

Hệ khung sườn đỡ vách : chịu được TLBT và tải trọng gió theo phương ngang để truyền vào khung ngang.

Hệ giằng :

Hệ giằng mái : cánh trên, đứng, cánh dưới, cửa mái, xà gỗ.

Hệ giằng cột : cột trên, cột dưới (chịu lực hãm dọc nhà).

Hệ giằng dầm cầu chạy : chịu lực hãm ngang cầu trục.

Kết luận : khung ngang cùng với hệ giằng chịu tất cả các tác động lên phương ngang và phương dọc của nhà công nghiệp gồm các loại tải trọng : tĩnh tải mái + hoạt tải mái, vách bao che, cầu trục (theo phương đứng và lực hãm xe con theo phương ngang), lực hãm dọc, tải trọng gió.

Các kích thước chính của khung nhà công nghiệp 1 tầng

(Xem Đồ án môn học)

II. LƯỚI CỘT

1. Bước cột & nhịp

Bố trí cột thép theo hai phương:

- theo phương ngang nhà = nhịp nhà L
- theo phương dọc nhà = bước cột B

Hệ module: khoảng cách các trục định vị cách nhau bằng bội số của một chiều dài chọn trước, gọi là module. Trong nhà công nghiệp, module thông thường là 3m, do vậy kích thước nhịp nhà: 12m, 15m, 18m, 21m, ... và bước cột là 6m, 9m hoặc 12m (khi có dàn đỡ kèo). Kích thước L, B chọn theo :

- Dây chuyền công nghệ
- Vận hành cầu trục (thao tác)
- Thiết bị cần vận chuyển bên trong

Khuynh hướng xây dựng mới là gia tăng B và L vẫn bảo đảm một cách linh hoạt yêu cầu về qui trình công nghệ. Nhưng cũng cần lưu ý vị trí móng cột (có ống ngầm, móng máng, ... bên dưới), đường ray xe nhập / xuất vật liệu.

2. Khối nhiệt độ

Theo chiều dọc nhà (thường dài) khi nhiệt độ thay đổi (tính chất sản xuất, theo mùa) sẽ làm vật liệu thép dãn nở: $\Delta L = \alpha L_0 \Delta t$.

Nếu ΔL lớn thì cột ngoài cũng sẽ chịu một lực đẩy ngang lớn, có thể làm:

- Không sử dụng được nếu biến dạng lớn.
- Ảnh hưởng đến độ bền của kết cấu nếu biến dạng nhỏ.

Để giảm biến dạng nhiệt, thường cắt cả dẫy nhà ra nhiều khối với chiều dài mỗi khối thường là 90m.

Chú ý : giằng cột dưới trong một khối nhiệt độ chỉ bố trí khoảng giữa khối.

III. ĐẶC ĐIỂM KHUNG NGANG

Thường có 03 dạng khung ngang (*xem hình vẽ*):

- Khung 2 khớp : cột – móng liên kết khớp
 - _ Độ cứng nhỏ, chuyển vị lớn, nội lực phân bố không đều.
 - _ Cấu tạo liên kết (cột-xà, đỉnh) phức tạp.
 - _ Ít nhạy với lún của móng hay sự thay đổi nhiệt độ.
 - _ Thuận lợi cho việc sản xuất, vận chuyển. Ít thuận lợi cho dựng lắp.
- Khung 2 khớp : cột – kèo liên kết khớp, thích hợp cho cột BTCT + vì kèo thép
 - _ Độ cứng khá lớn, chuyển vị nhỏ, tính toán đơn giản, nội lực phân bố không đều.
 - _ Cấu tạo liên kết đơn giản.
 - _ Ít nhạy với lún của móng hay sự thay đổi nhiệt độ.
 - _ Thuận lợi cho việc dựng lắp, sản xuất. Ít thuận lợi vận chuyển.
- Khung 0 khớp (Khung ngầm):
 - _ Độ cứng lớn, chuyển vị nhỏ, nội lực phân bố đều và nhỏ, tiết kiệm vật liệu.
 - _ Cấu tạo liên kết phức tạp. Dàn liên kết cứng với cột. Do đó khi chịu tải, sẽ sinh ra moment gối M_0 ngoài phân lực tại gối. Moment M_0 được phân ra một cặp lực H tác dụng vào cánh trên và cánh dưới của dàn : $H = M_0 / h_0$ (h_0 : chiều cao đầu dàn). Do H mà nội lực thanh dàn thay đổi dấu (kéo đổi thanh nén), giá trị có một số tăng lên và một số khác giảm ngoài trọng thẳng đứng.
 - _ Nhạy với lún của móng hay sự thay đổi nhiệt độ.

_ Thuận lợi cho dựng lắp, ít thuận lợi cho việc sản xuất, vận chuyển.

Thường khi tính dàn, phải chọn tổ hợp nội lực gây ra :

- Nguy hiểm cho thanh cánh
- Nguy hiểm cho thanh bụng

Nội lực trong mỗi thanh dàn là tổng nội lực do: tải trọng thẳng đứng (tính như dàn 2 khớp) và moment đầu dàn.

Liên kết cứng giữa dàn – cột :

- Chịu phản lực R
- Lực H do M_0 đầu dàn

Lực N_{max} tác dụng vào bulông ngoài cùng: $N_{max} = \frac{1}{2} \frac{Hzl_1}{\Sigma l_i^2}$

z : khoảng cách từ trục thanh cánh dưới dàn (đường tác dụng lực H) tới trục bulông xa nhất (trục xoay giả định của liên kết)

l_1 : khoảng cách giữa bulông xa nhất và trục xoay.

Σl_i^2 : tổng bình phương khoảng cách các trục bulông đối với trục xoay liên kết $\Sigma l_i^2 = l_1^2 + l_2^2$

$l/2$: do có hai hàng bulông liên kết

Khi thiết kế cần tính toán :

- Đường hàn thanh cánh vào bản mắt
- Đường hàn bản mắt vào bản gối (H, M_0 , phản lực R)
- Ép mặt bản gối vào gối
- Bulông chịu lực H (bulông chịu kéo)
- Đường hàn gối vào cột

Kiểm tra đường hàn liên kết bản mắt và bản gối:

Là đường hàn hỗn hợp, truyền phản lực đứng R và lực ngang H lệch tâm so với chiều dài đường hàn:

$$\tau_{wf}^H = \frac{H}{2 \times 0.7 h_f L_w} + \frac{6 H z_1}{2 \times 0.7 h_f L_w^2} \quad \text{và} \quad \tau_{wf}^R = \frac{R}{2 \times 0.7 h_f L_w}, \quad \tau_{wf} = \sqrt{(\tau_{wf}^H)^2 + (\tau_{wf}^R)^2} \leq \min(f_{wf} \gamma_c, f_{ws} \gamma_c)$$

IV. XÁC ĐỊNH TẢI TRỌNG

a. Theo phương đứng :

i) Tải trọng mái g_m và p_m :

- Tải trọng thường xuyên (Tĩnh tải) g^m [kN/m] bao gồm TLBT vật liệu lợp mái, cách nhiệt, xà gồ mái, dàn, hệ giằng mái và cửa trời :

$$g_m = \gamma_g g_0^m B$$

với :

$$g_0^m = \frac{\sum_i^n g_{0n,i}}{\cos \alpha} + g_0^{xg} + g_0^d$$

g_m [kN/m] : tĩnh tải tính toán mái phân bố trên xà ngang

g_0^m [kN/m²] : tĩnh tải tiêu chuẩn mái phân bố trên m² mặt bằng nhà

γ_g^m : hệ số độ tin cậy về tĩnh tải, thường $\gamma_g^m = 1.1$

B [m] : chiều rộng diện tích truyền tải của mái, lấy bằng khoảng cách 2 xà ngang liên kề

$g_{0n,i}$ [kN/m²] : TLBT tiêu chuẩn lớp mái thứ i và hệ số độ tin cậy $\gamma_{m,i}$ từng lớp

n : số lớp vật liệu trên mái.

α : góc nghiêng mái so với mặt bằng

g_0^{xg} [kN/m²] : TLBT tiêu chuẩn của xà gỗ phân bố trên m² mặt bằng nhà, lấy bằng $g_0^{xg} = G_{xg} / @$ xà gỗ.

g_0^d [kN/m²] : TLBT tiêu chuẩn của dàn, hệ giằng mái và cửa trời phân bố trên m² mặt bằng nhà và hệ số độ tin cậy γ_d , lấy theo kinh nghiệm $g_0^d = 0.15 \sim 0.20$ kN/m² đối với mái lợp vật liệu nhẹ.

• Tải trọng tạm thời (Hoạt tải) p^m [kN/m]: là tải trọng thi công hoặc sửa chữa mái,

với :

$$p_m = \frac{\gamma_p p_0^m}{\cos \alpha} B$$

p_m [kN/m] : hoạt tải tính toán mái phân bố trên xà ngang

p_0^m [kN/m²] : hoạt tải tiêu chuẩn mái, đ/v mái nhẹ theo TCVN 2737-1995 thì $p_0^m = 0.30$ kN/m²

γ_p : hệ số độ tin cậy về hoạt tải $\gamma_p = 1.3$

ii) *Tải trọng vách* :

g_v^{tc} [kN/m²] : tĩnh tải vách, bao gồm TLBT vật liệu lợp vách, cách nhiệt, xà gỗ vách (hệ số độ tin cậy $\gamma_v = 1.1$).

iii) *Tải trọng cầu trục* D_{max}, D_{min} :

P_{max}^{lc} [kN] : áp lực 01 bánh xe cầu trục khi vật cẩu nằm về phía bánh xe đó.

P_{min}^{lc} [kN] : áp lực 01 bánh xe cầu trục khi vật cẩu nằm về phía bên kia bánh xe.

Nếu tìm trong bảng tra (catalogue) cầu trục, phụ thuộc :

- Sức trục L [m], L_K [m], Q [kN]
- Chế độ làm việc cầu trục : nhẹ, trung bình, nặng
- Móc treo cầu: mềm (dây cáp), cứng (dây xích)

G_{cc} [kN] : TLBT toàn bộ cầu trục
 G_{dcc} [kN] : TLBT dầm cầu chạy (dầm dọc)
 G_r [kN] : TLBT ray

D_{max} [kN] : áp lực lớn nhất của cầu trục tác dụng lên cột xác định theo đường ảnh hưởng khi các bánh xe cầu trục di chuyển đến vị trí bất lợi nhất (tương ứng với P^{lc}_{max}), cho :

$$D_{max} = \gamma_Q n_c \gamma_n k_d P^{lc}_{max} \Sigma y_i$$

γ_Q : hệ số độ tin cậy của sức trục ($\gamma_Q = 1.2$)

n_c : hệ số không đồng thời của các cầu trục, có giá trị :
 $n_c = 0.85$ khi chế độ nhẹ và trung bình
 $n_c = 0.95$ khi chế độ nặng, rất nặng

γ_n : hệ số kể đến sự tăng áp lực của cầu trục do đường ray và mối nối đường ray không bằng phẳng, có giá trị :
 $\gamma_n = 1.1$ khi chế độ nhẹ, trung bình
 $\gamma_n = 1.3$ khi chế độ nặng
 $\gamma_n = 1.4$ khi chế độ rất nặng móc mềm
 $\gamma_n = 1.6$ khi chế độ rất nặng móc cứng

k_d : hệ số kể đến ảnh hưởng của tải trọng di động, có giá trị :
 $n_c = 1.0$ khi chế độ nhẹ và trung bình
 $n_c = 1.1$ khi chế độ nặng, rất nặng

Σy_i : tổng tung độ đường ảnh hưởng phản lực gối tựa tại vị trí của các bánh xe cầu trục

D_{min} [kN] : áp lực nhỏ nhất của cầu trục tác dụng lên cột xác định theo đường ảnh hưởng khi các bánh xe cầu trục di chuyển đến vị trí bất lợi nhất (tương ứng với P^{lc}_{min}), cho :

$$D_{min} = \gamma_Q n_c \gamma_n k_d P^{lc}_{min} \Sigma y_i = D_{max} (P^{lc}_{min} / P^{lc}_{max})$$

b. Theo phương ngang :

iv) *Tải trọng cầu trục T* : do lực quán tính phát sinh theo chiều chuyển động do xe con cầu trục được hãm

$$T = \gamma_Q n_c \gamma_n k_d T^{lc}_1 \Sigma y_i = D_{max} (T^{lc}_1 / P^{lc}_{max}) \text{ [tính như } D_{max}]$$

trong đó : $T_1^{lc} = T_o^{lc} / n_o$ [tương tự như P_{max}^{lc}], và $T_o^{lc} = \mu_{ms} (Q + G_{xc}^{lc}) n'_{xc} / n_{xc}$

T [kN] : lực hãm xe con, qua bánh xe cầu trục truyền lên dầm hãm vào cột

T_1^{lc} [kN] : lực ngang tiêu chuẩn của một bánh xe cầu trục do hãm xe con

T_o^{lc} [kN] : lực hãm ngang tác dụng lên toàn cầu trục

μ_{ms} : hệ số ma sát, $\mu_{ms} = 0.1$ khi móc mềm, $\mu_{ms} = 0.2$ khi móc cứng

Q [kN] : sức nâng cầu trục

G_{xc}^{lc} [kN] : trọng lượng xe con

n_o : số bánh xe một bên ray cầu trục

n'_{xc} : số bánh xe con bị hãm, thường $n'_{xc} = 1/2 n_{xc}$

n_{xc} : tổng số bánh xe của xe con

Cũng có thể xác định T_o^{lc} trong bảng tra (catalogue) cầu trục.

v) *Tải trọng gió* : $w = \gamma_w w_0 C_h C_k B$

- Tải trọng gió phân bố lên cột : w [kN/m] = $\gamma_w w_0 C_h C_k B$

với :

γ_w : hệ số độ tin cậy của tải trọng gió, $\gamma_w = 1.2$.

w_0 [kN/m²] : áp lực gió tiêu chuẩn, phụ thuộc vị trí khu vực (TCVN-2737)

C_k : hệ số khí động, phụ thuộc hình dạng nhà

C_h : hệ số phụ thuộc chiều cao nhà và địa hình khu vực (A, B, C)

- Tải trọng tập trung của phần mái đặt tại trục thanh cánh dưới dàn:

$$W$$
 [kN] = $\gamma_w w_0 C_h B \sum C_{k,i} H_i$

H_i [m] : chiều cao từng đoạn có hệ số khí động $C_{k,i}$

V. NỘI LỰC KHUNG NGANG

Khung ngang là một khung siêu tĩnh, để xác định nội lực khung sẽ vận dụng các phương pháp trong Cơ học kết cấu, như sau :

(1) Phương pháp lực (có 3 ẩn số).

(2) Phương pháp phần tử hữu hạn : phổ biến, được trình bày bằng các chương trình tính toán có sẵn (gọi là phần mềm tính toán kết cấu) với sự trợ giúp của máy tính.

(3) Phương pháp chuyển vị có kết hợp với các bảng tra có sẵn.

Dưới đây là trình bày phương pháp (3)

1 *Sơ đồ tính* : nội lực khung dùng các giả thiết nhằm đơn giản hóa tính toán như sau :

- Thay dàn bằng rường ngang đặt tại trục thanh cánh dưới của dàn với nhịp tính toán là L , xà ngang có độ cứng EJ_d tương đương với dàn, xác định :

$$I_d = k (A_{ct} a_{ct}^2 + A_{cd} a_{cd}^2)$$

k _ hệ số xét đến biến dạng của hệ thanh bụng và độ dốc thanh cánh trên

$k = 0.9$ đối với dàn cánh song song ($i\% = 0$)

$k = 0.8$ đối với dàn có $i\% = 10$, và $k = 0.7$ khi $i\% = 12\%$

- Thay cột bằng thanh đứng theo trục trọng tâm của cột. Đối với cột giật bậc, thanh đứng có độ lệch tâm e để xác định momen lệch tâm do tải trọng đứng gây ra trên khung. Có thể lấy :

$$e = (0.5 \sim 0.55) h_{cd} - 0.5 h_{ct}$$

2 *Độ cứng khung* : có thể giả thiết độ cứng khung như sau :

$$I_{cd} / I_{ct} = 7 \sim 10 \text{ và } I_d / I_{ct} = 25 \sim 40 \text{ (chỉ dùng cho mái panen BTCT)}$$

- Để giảm bớt khối lượng tính toán, còn có một số đơn giản hóa như sau :

* $I_d = \infty$ (tương ứng với góc xoay đầu cột $\varphi = 0$) khi :

$$K = (I_d / L) / (I_{cd} / H) \geq A = 6 / [1 + 1.1 (I_{cd} / I_{ct})]$$

cho trường hợp tải trọng tác dụng lên cột khung (tải trọng gió, tải trọng cầu trục, ...) vì dàn biến dạng nhỏ.

* $\Delta = 0$ (chuyển vị ngang đầu cột bằng không) dùng cho nhà nhiều nhịp cùng cao trình với số nhịp là 3 trở lên chịu các loại tải trọng, trừ tải trọng gió.

3 *Phương pháp tính* : thường dùng phương pháp chuyển vị có sử dụng bảng tra. Các loại tải trọng tác dụng lên khung có thể phân thành hai nhóm :

- Nhóm tải trọng tác dụng lên xà ngang đối xứng (tải trọng mái), khung đối xứng, ẩn số chuyển vị của hệ cơ bản là góc xoay $\varphi_1 = \varphi_2 = -\varphi$ (chuyển vị ngang ở nút khung $\Delta = 0$ khi tải trọng đối xứng).

$$\text{Phương trình chính tắc : } r_{11} \varphi + R_{1P} = 0 \Rightarrow \varphi = -R_{1P} / r_{11}$$

$$\text{Giá trị momen trong hệ siêu tĩnh : } M = \bar{M} \varphi + M_{0P}$$

- Nhóm tải trọng tác dụng lên cột (tải trọng cầu trục, momen lệch tâm do lệch trục cột trên với cột dưới, tải trọng gió), ẩn số chuyển vị của hệ cơ bản là chuyển vị ngang Δ (và góc xoay $\varphi_1 = \varphi_2 = 0$ khi $K \geq A$).

Phương trình chính tắc :
$$r_{11} \Delta + R_{1P} = 0 \Rightarrow \Delta = - R_{1P} / r_{11}$$

Giá trị momen trong hệ siêu tĩnh :
$$M = \bar{M} \Delta + M_{OP}$$

VI. TỔ HỢP NỘI LỰC

Nguyên tắc tổ hợp tải trọng :

- 1 Tải trọng thường xuyên (Tính tải) luôn luôn có trong mọi trường hợp.
- 2 Hoạt tải không luôn luôn có trong mọi trường hợp (lúc có lúc không).
- 3 Hoạt tải D_{max} không thể có đồng thời ở cả hai bên, D_{max} đã có bên phải thì luôn có D_{min} bên trái và ngược lại.
- 4 Khi đã có lực hãm T thì luôn có D_{max} , D_{min} . Tuy nhiên khi có D_{max} , D_{min} không nhất thiết phải có T. Lực hãm T có thể thay đổi chiều cho nên giá trị nội lực sẽ có (\pm). Do tính chất này, khi xét có D_{max} hoặc D_{min} tất nhiên luôn có lực hãm ngang T vì giá trị nội lực (chủ yếu là M) sẽ luôn tăng thêm.
- 5 Khi đã có gió phải thì không có gió trái và ngược lại.
- 6 Hoạt tải mái không thể có đồng thời với tải trọng gió và ngược lại.

Theo qui phạm về tổ hợp tải trọng, thường xét 2 loại :

- i **Tổ hợp cơ bản 1 (Tổ hợp chính)** : gồm tải trọng thường xuyên và MỘT tải trọng tạm thời với hệ số tổ hợp bằng 1.
- ii **Tổ hợp cơ bản 2 (Tổ hợp phụ)** : gồm tải trọng thường xuyên và NHIỀU tải trọng tạm thời gây nội lực bất lợi với hệ số tổ hợp bằng 0.9.

Trên chiều cao cột, cần xác định nội lực tại 4 vị trí : chân và đầu (vai cột) cột dưới, chân và đầu cột tương ứng với các 03 tổ hợp tải trọng gây ra :

- 1 Tổ hợp TT gây (M_{max} , lực nén N_{lu}).
- 2 Tổ hợp TT gây (M_{min} , lực nén N_{lu}).
- 3 Tổ hợp TT gây (lực nén N_{max} , M_{lu}).

Ngoài ra, cũng cần xác định thêm tổ hợp TT gây ra :

- 4 Tổ hợp TT gây Q_{\max} cho cột dưới để tính hệ giằng cho cột dưới là cột rỗng.
- 5 Tổ hợp TT gây lực kéo N lớn nhất (N_{\min}, M_{tr}) tại chân cột dưới để tính bulông neo.

VII. HỆ GIẰNG

Để bảo đảm độ cứng khung gian của khối nhà cũng như bảo đảm sự ổn định từng khung cần bố trí hệ giằng. Có các loại hệ giằng sau:

- Giằng mái : gồm giằng ngang trong mặt phẳng cánh trên và cánh dưới của dàn và giằng đứng giữa các dàn.
- Giằng cột : gồm cột trên và cột dưới giữa các cột.

Mục đích :

- + Bảo đảm sự bất biến hình của kết cấu trong sử dụng và trong quá trình dựng lắp.
- + Bảo đảm sự ổn định của các thanh nén của kết cấu.
- + Chống lại và phân phối toàn bộ lực ngang (tải trọng gió, lực quán tính = lực hãm ngang, lực hãm dọc của cầu trục).

1. Hệ giằng mái

a) Giằng cánh trên (*xem hình vẽ*)

Bảo đảm ổn định của thanh cánh trên dàn theo phương vuông góc mặt phẳng. Nếu mái không sử dụng xà gồ mà dùng mái panen BTCT được hàn vào thanh cánh trên dàn thì độ cứng mái sẽ rất lớn không cần hệ giằng cánh trên dàn. Tuy nhiên để đảm bảo ổn định của các cấu kiện trong quá trình dựng lắp dàn, cần phải có hệ giằng cánh trên dàn tại đầu khối nhà (khe co dẫn).

Vị trí liên kết giằng cánh trên tại đỉnh vì kèo, tại các gối tựa và ngay thanh đứng của trời. Độ mảnh của thanh giữa các điểm giằng trong quá trình dựng lắp không quá $[\lambda] \leq 220$.

b) Giằng cánh dưới (*xem hình vẽ*)

Được bố trí ngang nhà và dọc nhà.

- *Giằng ngang nhà* : đặt tại đầu khối nhà, thường gọi là dàn gió, vì chịu áp lực gió thổi vào đầu hồi nhà. Đối với khối nhà dài hoặc nhịp nhà lớn hơn 24m do giới hạn độ mảnh của thanh cánh dưới dàn, giằng ngang nhà còn đặt tại khoảng giữa khối sao cho khoảng cách giữa các giằng không quá 50 – 60m. Nó làm giảm rung động của dàn trong quá trình sử dụng cầu chạy.

- *Giằng dọc nhà* : được thiết kế để cho khung kết cận cùng tham gia (về mặt không gian) chịu lực dưới tác dụng cục bộ (lực hãm ngang) tải trọng cầu trục. Nó làm giảm biến dạng của khung và tăng cường độ cứng nhà (*vẽ hình*). Giằng dọc này rất quan trọng đối với nhà có điều kiện làm việc nặng hoặc dùng mái nhẹ (như mái tole, fibrô ximăng). Nếu thiếu hệ giằng này trong hệ mái cứng thì lực hãm dọc của cầu chạy sẽ truyền cho panen BTCT làm cho hệ mái chuyển vị, trong trường này làm liên kết hàn giữa panen – dàn có thể bị phá hoại.

Trong nhà công nghiệp điều kiện làm việc nặng, giằng nên hàn vào cánh dưới dàn. Bu-lông liên kết là đủ cho các trường hợp khác.

c) **Giằng đứng** (*xem hình vẽ*)

Thường đặt tại gối tựa dàn giữa các cột và giữa nhịp hay dưới thanh đứng của cửa trời.

Nhiệm vụ : đảm bảo sự không thay đổi về mặt không gian của hai dàn mái kế cận nhau.

2. **Hệ giằng cột** (*xem hình vẽ*)

Nhiệm vụ :

- ổn định khối nhà theo phương dọc nhà
- chịu lực hãm dọc cầu chạy
- áp lực gió vào đầu hồi nhà

Theo phương ngang nhà, khung liên kết với móng thành một hệ bất biến hình nhưng theo phương dọc nhà các khung liên kết khớp với dầm cầu chạy và liên kết cột móng coi như khớp như vậy tạo là một hệ biến hình cho nên nếu thiếu hệ giằng đứng cột, nhà có thể sụp đổ. Do vậy hệ giằng đứng cột rất quan trọng cho sự ổn định của cả công trình và phải được thiết kế đủ cứng để tránh rung động. Thông thường, độ mảnh tối đa $\lambda = 300$ đối với thanh kéo hoặc $\lambda = 200$ trong điều kiện làm việc nặng. Tiết diện thanh giằng thép góc, đặc biệt làm bằng thanh thép U.

Để đảm bảo sự co giãn tự do của khối nhà theo chiều dọc do sự thay đổi nhiệt độ, nên bố trí giằng cột tại giữa khối. Tuy nhiên vì quá trình dựng lắp thường bắt đầu từ đầu khối nhà cho nên phải liên kết sao cho 2 cột đầu tiên tạo thành một khung nhằm đảm bảo ổn định. Do vậy thường thiết kế giằng cột trên tại đầu khối, điều này làm cho biến dạng của phần cột dưới dễ dàng khi thay đổi nhiệt độ. Đồng thời tải trọng gió thông qua thanh giằng chéo truyền dọc dầm cầu chạy tới giằng cột giữa khối và lại thông qua thanh giằng chéo truyền xuống móng.

Hệ giằng cột dưới nằm trong mặt phẳng dầm cầu chạy chống gây xoắn cho cột dưới (nếu cột dưới là cột hai nhánh, cần giằng cho cả hai nhánh) còn đối với cột trên thì nằm trong mặt phẳng trục của tiết diện cột.

Nhà nhiều nhịp

Việc chọn mặt cắt ngang của khung nhiều nhịp phụ thuộc:

- Kích thước kỹ thuật đã cho của phân xưởng (nhịp L, cao độ mặt ray H_r)
- Yêu cầu xây dựng khác như : hệ thoát nước mái (trong nhà, ngoài nhà), chiếu sáng.

Trong nhà nhiều nhịp, mặt cắt ngang thường đơn giản, không có sự chênh lệch độ cao lớn, nhiều cấu kiện lặp lại.

Mặt bằng có nhiều loại khác nhau, có thể làm 2 nhóm chính :

- Gồm một số khung ngang song song đỡ các cấu kiện dọc.
- Khung có gối tựa trung gian.

VIII. TÍNH TOÁN CỘT

1. Phân loại cột

- Cột tiết diện không đổi.
- Cột tiết diện thay đổi: đều và không đều (cột giạt bậc).
- Cột đặc, cột rỗng (bản giằng, thanh giằng).
- Cột định hình, cột tổ hợp hàn.

2. Chiều dài tính toán :

TRONG MẶT PHẪNG KHUNG

- Cột tiết diện không đổi : $L_{ox} = \mu L$

L _ chiều dài hình học, tính từ mặt móng đến trục thanh cánh dưới vì kèo.

μ _ hệ số qui đổi chiều dài tính toán, phụ thuộc vào liên kết hai đầu và tỷ số độ cứng đơn vị giữa xà ngang và cột K :

$$K = i_r / i_c = (I_r / L) / (I_c / H)$$

I_r , I_c , L, H _ momen quán tính tiết diện và chiều dài tương ứng của xà ngang và cột.

Trị số μ có thể tra bảng sau:

GIA TRỊ HỆ SỐ μ ĐỐI VỚI CỘT TIẾT DIỆN KHÔNG ĐỔI, LIÊN KẾT CỨNG VỚI DÀN

| Liên kết cột – móng | Giá trị μ khi K bằng | | | | | | | |
|---------------------|--------------------------|------|-----|------|------|------|------|-----|
| | 0.0 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | >10 |
| Cứng | 2.0 | 1.50 | 1.4 | 1.28 | 1.16 | 1.08 | 1.06 | 1.0 |
| Khớp | | 3.42 | 3.0 | 2.63 | 2.33 | 2.17 | 2.11 | 2.0 |

- Cột bậc : cột dưới có độ cứng lớn nên thường thiết kế liên kết ngàm với móng, đầu trên có thể liên kết cứng với dàn (dàn hình thang) hoặc liên kết khớp với dàn (dàn tam giác).

Khi xét chiều dài tính toán có thể có 04 dạng sơ đồ như sau:

- i. **Khung một nhịp liên kết khớp với dàn** : khi mất ổn định, có khả năng mất ổn định đồng thời cả 2 cột (*xem hình*), có thể xét cột có một đầu ngàm và một đầu tự do.
- ii. **Khung một nhịp liên kết cứng với dàn** : khi mất ổn định, có khả năng mất ổn định đồng thời cả 2 cột (*xem hình*), có thể xét như cột có một đầu ngàm và một đầu ngàm trượt.
- iii. **Khung hai nhịp trở lên, liên kết khớp với dàn** : khi mất ổn định, chỉ có thể mất ổn định riêng lẻ từng cột (*xem hình*), có thể xét như cột có một đầu ngàm và một đầu khớp cố định.
- iv. **Khung hai nhịp trở lên, liên kết cứng với dàn** : khi mất ổn định, cũng chỉ có thể mất ổn định riêng lẻ từng cột (*xem hình*), có thể xét như cột có hai đầu ngàm.

Chiều dài tính toán của cột bậc xác định từng cột riêng, xác định như sau :

Cột dưới : $L_{ocd} = \mu_{cd} H_{cd}$

Cột trên : $L_{oct} = \mu_{ct} H_{ct}$

- ❖ Đối với trường hợp (i) và (ii), khi mất ổn định không có ảnh hưởng của lực cắt, điều kiện ổn định sẽ đơn giản.

_ Hệ số μ_{cd} xác định trong các chỉ dẫn qui phạm theo hai thông số K_1 và C như sau :

$$K_1 = i_{ct} / i_{cd} \text{ và } C = H_{ct} / H_{cd} (\sqrt{I_{cd} / (I_{ct} t)})$$

t _ tỷ số giữa lực dọc của cột dưới và cột trên, xác định như sau :

$$t = N_{cd} / N_{ct} = (P_1 + P_2) / P_2$$

_ Hệ số μ_{ct} xác định theo công thức như sau khi $\mu_{ct} \leq 3$:

$$\mu_{ct} = \mu_{cd} / C$$

Khi $\mu_{ct} > 3$, thì lấy bằng 3.

- ❖ Đối với trường hợp (iii) và (iv), khi mất ổn định có ảnh hưởng của lực cắt, điều kiện ổn định sẽ rất phức tạp. Để đơn giản tính toán, dùng bài toán gần đúng để tính ổn định cột.

Đối với cột có tỉ số $(H_{ct} / H_{cd}) < 0.6$ và $t = (N_{cd} / N_{ct}) > 3$, giá trị μ_{cd} và μ_{ct} thay đổi ít, qui phạm thiết kế cho phép lấy theo bảng dưới đây :

GIÁ TRỊ HỆ SỐ μ ĐỐI VỚI CỘT NHÀ CÔNG NGHIỆP MỘT TẦNG

| Điều kiện biên của cột | Hệ số μ_{cd} | | Hệ số μ_{ct} |
|------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------|
| | $0.3 > (I_{ct} / I_{cd}) > 0.1$ | $0.1 > (I_{ct} / I_{cd}) > 0.05$ | |
| 1. Đầu tự do (khung một nhịp, dàn) | 2.5 | 3.0 | 3.0 |

| | | | |
|---|-----|-----|-----|
| liên kết khớp với cột) | | | |
| 2. Đầu không xoay (khung một nhịp, dàn liên kết cứng với cột) | 2.0 | 2.0 | 3.0 |
| 3. Đầu tựa khớp cố định (khung nhiều nhịp, dàn liên kết khớp với cột) | 1.6 | 2.0 | 2.5 |
| 4. Đầu ngàm cố định (khung nhiều nhịp, dàn liên kết cứng với cột) | 1.2 | 1.5 | 2.0 |

NGOÀI MẶT PHẪNG KHUNG

Ngoài mặt phẳng khung độ cứng của cột bé, liên kết hai đầu như khớp, chiều dài tính toán ngoài mặt phẳng là khoảng cách hai điểm cố định (điểm giằng) theo phương dọc nhà.

Cột trên : L_{o2} khoảng cách từ dầm hãm (mặt trên dầm cầu chạy) đến thanh cánh dưới của dàn đứng đầu dàn (thanh cánh dưới dàn).

Cột dưới : L_{o1} bằng khoảng cách từ mặt móng đến mặt dưới dầm cầu chạy (bằng chiều dài cột dưới). Nếu có xà gồ vách thì chính là khoảng cách giữa các xà gồ vách đó.

3. Phân loại cột

Có thể sử dụng cột định hình hoặc tổ hợp hàn, dạng chữ I đối xứng, phần cột dưới có thể dùng tiết diện không đối xứng. Cột làm việc như cấu kiện nén lệch tâm, cần kiểm tra khả năng làm việc theo các điều kiện : bền, ổn định tổng thể trong và ngoài mặt phẳng uốn, ổn định cục bộ nếu cột làm từ các thép tấm tổ hợp hàn.

(i) Kiểm tra điều kiện bền :

- Kiểm tra bền khi giá trị độ lệch tâm tính đối $m_1 > 20$.
- Theo công thức :

$$N / A_n \pm (M_x / I_{xn}) y \pm (M_y / I_{yn}) x \leq f \gamma_c$$

M_x, M_y _ momen uốn trong và ngoài mp uốn (mp khung)
 A_n, I_{xn}, I_{yn} _ diện tích tiết diện thực, momen quán tính của tiết diện thực đối với các trục x-x và trục y-y
 x, y _ tọa độ điểm đang xét của tiết diện với các trục chính

- Khi cấu kiện thép có $\sigma_{ch} < 59 \text{ kN/cm}^2$, không chịu tác dụng trực tiếp tải trọng động, khi $\tau \leq 0.5 f_c$ và $N / (A_n f) > 0.1$, theo công thức :

$$(N / A_n f)^n + M_x / (C_x W_{xn, \min} f \gamma_c) + M_y / (C_y W_{yn, \min} f \gamma_c) \leq 1$$

N, M_x, M_y _ giá trị tuyệt đối của lực dọc và momen uốn tổ hợp bất lợi nhất
 n, C_x, C_y _ hệ số, xem PL-5

Nếu $N / (A_n f) \leq 1$, chỉ dùng công thức trên khi thỏa yêu cầu của mục 7.5 và 7.24.

(ii) Kiểm tra ổn định tổng thể :

TRONG MẶT PHẪNG KHUNG

Kiểm tra ổn định tổng thể khi giá trị độ lệch tâm tính đối $m_1 \leq 20$, theo công thức:

$$\sigma_x = N / \varphi_{lt} A < f \gamma_c$$

φ_{lt} _ hệ số ổn định tổng thể của cột nén lệch tâm, tra bảng từ

- Độ lệch tâm qui đổi $m_1 = \eta m_x$, trong đó độ lệch tâm tương đối $m_x = e_x / \rho_x = (M / N) / (W_x / A)$ và η là hệ số ảnh hưởng hình dạng tiết diện.
- Độ mảnh qui đổi $\bar{\lambda}_x = \lambda_x \sqrt{(f / E)}$

NGOÀI MẶT PHẪNG KHUNG

Cột làm việc như cột nén đúng tâm, kiểm tra theo công thức :

$$\sigma_y = N / C \varphi_y A < f \gamma_c$$

φ_y _ hệ số uốn dọc của thanh nén đúng tâm, phụ thuộc vào độ mảnh λ_y .

C _ hệ số xét ảnh hưởng momen trong mp uốn đến ổn định của cột ngoài mp uốn.

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

m_x _ tính theo giá trị momen được xác định như sau :

_ là momen lớn nhất tại ngàm nếu cột console.

_ lớn nhất trong $1/3$ đoạn giữa cột cho các sơ đồ khác.

α, β _ hệ số phụ thuộc m_x, λ_y và loại tiết diện (hở, kín)

(iii) Kiểm tra ổn định cục bộ :

- Bản cánh : $b_o / t_f \leq [b_o / t_f]$

- Bản bụng : $h_o / t_w \leq [h_o / t_w]$

➤ Khi tính cột theo điều kiện ổn định tổng thể trong mp khung, $[h_o / \delta_b]$ xác định theo bảng:

| Độ lệch tâm tương đối | Giá trị $[h_o / t_w]$ khi $\bar{\lambda}$ của cột | |
|-----------------------|---|--|
| | $\bar{\lambda}_x < 0.8$ | $\bar{\lambda}_x > 0.8$ |
| $m_x \leq 0.3$ | $\sqrt{(E / f)}$ | $(0.36 + 0.8\lambda) \sqrt{(E / f)} \leq 1.9 \sqrt{(E / f)}$ |
| $m_x \geq 1.0$ | $1.3 \sqrt{(E / f)}$ | $(0.9 + 0.85\lambda) \sqrt{(E / f)} \leq 3.1 \sqrt{(E / f)}$ |

(Khi $m_x = 0.3 \sim 1.0$, giá trị $[h_o / t_w]$ có thể nội suy tuyến tính)

- Khi tính cột theo điều kiện bền hoặc điều kiện ổn định tổng thể ngoài mp khung, $[h_o / t_w]$ xác định theo giá trị α như sau :

| Giá trị α | Giá trị $[h_o / t_w]$ |
|----------------------|--|
| $\alpha \leq 0.5$ | (theo bảng trên) |
| $0.5 < \alpha < 1.0$ | (nội suy) |
| $\alpha \geq 1.0$ | $4.35 \sqrt{\{(2\alpha - 1) E / [\sigma (2 - \alpha) + \sqrt{(\alpha^2 - 4\beta^2)}]\}} \leq 3.8 \sqrt{(E / f)}$ với $\beta = 1.4 (2\alpha - 1) (\tau / \sigma)$, $\tau = Q / (h_o / t_w)$ |

- Khi tính cột theo điều kiện bền và có $N / A_n f < 0.1$ (cột chịu uốn là chính), ổn định cục bộ bản bụng xét theo điều kiện ổn định cục bộ bản bụng dầm.
- Nếu điều kiện ổn định cục bộ bản bụng không thỏa thì hoặc tăng t_w (phổ biến hơn) hoặc gia cường sườn dọc cùng tham gia với tiết diện cột.

Trường hợp không muốn tăng t_w (vì đã thỏa ỔĐTT) đối với cột tính theo điều kiện ổn định tổng thể, tiết diện tính toán của cột (giảm bớt) lấy như sau :

$$A = A_f + 2c_1 t_w, \text{ trong đó } c_1 = 0.85 \sqrt{(E / f)}$$

- A_f _ diện tích bản cánh
- c_1 _ chiều rộng bản bụng sát với bản cánh

Ngoài ra khi $(h_o / t_w) > 2.2 \sqrt{(E / f)}$ cần đặt sườn ngang @ $(2 \sim 3) h_o$.

4. Cột tiết diện rỗng

Cột gồm hai nhánh : nhánh mái và nhánh cầu trục. Cột biên thường có tiết diện không đối xứng, cột giữa có tiết diện đối xứng. Chiều cao tiết diện $h = (1/20 \sim 1/30) H$. Hệ giằng cột : bản giằng hoặc thanh giằng (thanh giằng chịu lực cắt tốt hơn).

Tính toán cột rỗng theo từng nhánh cột và cả cột.

(i) Tính từng nhánh :

- Tiết diện nhánh tính như cột đặc chịu nén đúng tâm, hoặc nén lệch tâm do momen cục bộ đối với cột rỗng bản giằng.
- Lực dọc tính toán N_{nh} trong từng nhánh cột do M , N xác định như sau :

$$N_{nhm} = N y_{nhct} / y_c + M_x / y_c$$

$$N_{nhct} = N y_{nhm} / y_c + M_x / y_c$$

- y_{nhct} , y_{nhm} _ khoảng cách từ trọng tâm tiết diện đến trọng tâm nhánh cầu trục, nh. mái
- y_c _ khoảng cách trọng tâm hai nhánh

- Kiểm tra ổn định từng nhánh đối với trục $y - y$ và $x_1 - x_1$.

Từng nhánh được tính như cột nén đúng tâm (có thể tính như cột nén lệch tâm nếu có momen cục bộ tác dụng vào nhánh cột rỗng). Đối với trục $y-y$ (ngoài mp khung), $L_{oy,nh} = H_{cd}$, đối với trục $x_1 - x_1$ thì $L_{ox1,nh} =$ khoảng cách thanh (bản) giằng.

(ii) Tính cả cột :

- Kiểm tra ổn định tổng thể của cả cột rỗng đối với trục ảo $x - x$: xác định theo công thức $\sigma = N / \varphi_{lt} A$, trong đó φ_{lt} tra bảng phụ thuộc $\bar{\lambda}_x = \lambda_{td} \sqrt{f / E}$ với λ_{td} tính như cột nén đúng tâm (2 mặt rỗng) và $m_x = (M_x A y_n) / (N I_x)$ với y_n là khoảng cách từ trục ảo đến trục nhánh nén lớn nhất nhưng không nhỏ hơn khoảng cách đến trục bản bụng nhánh đó.
- Kiểm tra ổn định tổng thể của cả cột rỗng đối với trục thực $y - y$: thực chất đã được tính đến khi tính toán từng nhánh cột.