

CHƯƠNG II

NHÀ TẮM LỚN LẮP GHÉP

§ 7. TÍNH TOÁN TÍNH LỰC CÁC TƯỜNG NGANG CHỊU TÁC DỤNG CỦA TẢI TRỌNG NĂM NGANG

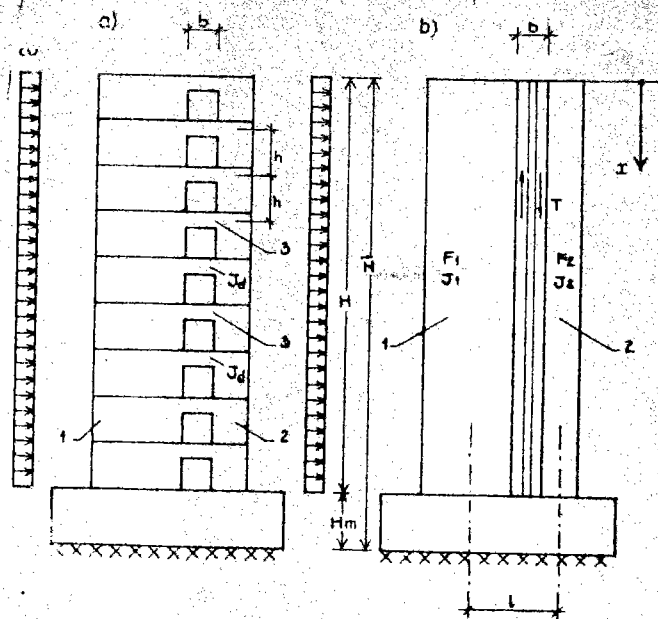
I. Đặt vấn đề

Nhà lắp ghép tấm lớn là kiểu nhà mà hệ chịu lực cơ bản là sàn và tường (không có cột). Tường chịu lực có thể là tường ngang hoặc là tường dọc. Ở Việt Nam, do điều kiện khí hậu, do yêu cầu thông gió cho các phòng sử dụng, người ta thường hay làm nhà có một hành lang bên, vì vậy hầu như chỉ dùng kiểu nhà có tường ngang chịu lực. Với hệ chịu lực là các tường ngang và các sàn cứng, nhà tắm lớn có nhiều ưu điểm hơn so với các hệ chịu lực khác: thi công đơn giản (vì bề mặt không có lõi lõm), cách âm tốt, có khả năng chống các tác dụng do lực động đất và nổ gây ra, v.v...

Các tường ngang bằng bê tông cốt thép phần lớn có chiều dày không đổi nhưng khi làm việc, cả dưới ảnh hưởng của tải trọng thẳng đứng cũng như ảnh hưởng của tải trọng năm ngang (gió, động đất), càng xuống dưới các tầng càng chịu lực lớn hơn. Vì vậy khả năng chịu lực của tường sẽ phù hợp với tải trọng tác dụng nếu như mac bê tông tăng dần từ trên xuống dưới (xem ví dụ tính toán nhà 11 tầng ở sau). Về phương diện tính lực, các tường ngang này đã tạo thành những côngxon ngầm đàn hồi vào nền. Tính toán tường ngang chịu tác dụng của tải trọng thẳng đứng không có khó khăn gì. Nhưng tính toán tường ngang chịu tác dụng của tải trọng năm ngang (gió, động đất...) thì khá phức tạp và là mối quan tâm chủ yếu của người thiết kế. Về chiều cao, các tường ngang thường lớn hơn chiều rộng vài lần do đó khi tường ngang chịu uốn (dưới tác dụng của tải trọng năm ngang) vẫn có thể chấp nhận giả thiết tiết diện phẳng, có thể bỏ qua ảnh hưởng của lực cắt tới độ võng ngang của tường nên các biểu thức cơ bản của giáo trình sức bền vật liệu vẫn được áp dụng khi tính toán tường nếu như tường không bị giảm yếu do các hàng lỗ cửa. Thế nhưng trong thực tế các tường ngang thường có các lỗ cửa, do đó chúng phải được xem như là các vách cứng⁽¹⁾ và việc tính toán tính lực là bài toán siêu tĩnh bậc cao của lý thuyết đàn hồi.

Các hệ tường ngang chịu lực có thể được tính toán theo phương pháp gần đúng, chẳng hạn như bỏ qua tác dụng liên kết của các dầm nằm giữa các lỗ cửa theo chiều đứng⁽²⁾ và tường được xem như là một hệ gồm các tường bộ phận⁽³⁾ (h. 7-1) càng làm việc nhưng độc lập với nhau.

1. Để cho tiện ta gọi vách cứng tường là tường cứng.
2. Tức là các mảng tường giữa lỗ cửa trên và lỗ cửa dưới (NBT).
3. Còn gọi là mảng tường (NBT).



Hình 7-1. Tường ngang có một hàng lỗ cửa (a) và sơ đồ tính toán (b):
1 - tường bộ phận 1; 2 - tường bộ phận 2; 3 - dầm.

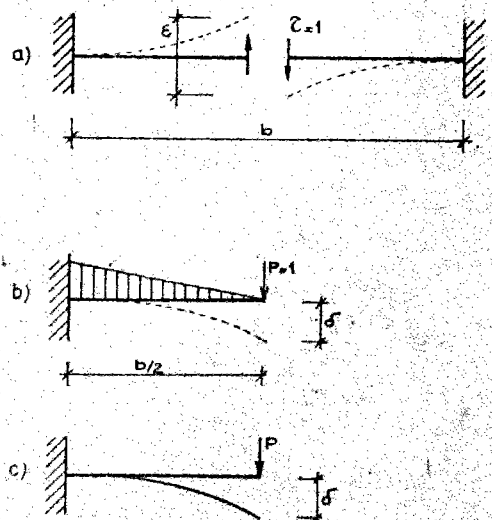
phương pháp này là phương pháp biến phân. Khi tính tổng năng lượng của hệ, một số yếu tố, điều kiện đã không được xét đến đầy đủ (chẳng hạn ảnh hưởng của lực cắt, độ đàn hồi của liên kết ngàm, v.v.). Mặt khác không giải được phương trình Euler của bài toán biến phân mà dùng phương pháp giải trực tiếp theo rã lượng. Như vậy phương pháp này cũng chỉ là phương pháp gần đúng. Tuy nhiên có phương pháp gần đúng khác còn thô thiển hơn, phải chấp nhận thêm giả thiết về sự phân phối nội lực của hệ. Vì thế, khi so sánh, dễ tiện phân biệt chúng tôi cứ tạm gọi phương pháp này là phương pháp chính xác.

2. Tường có một hàng lỗ cửa

Khi xét các tấm tường, ta xem chiều dày, chiều rộng và môđun đàn hồi của nó không đổi. Mỗi dầm (mảng tường giữa các lỗ cửa) xem như được thay thế bằng một liên kết. Cắt tất cả các liên kết đó bởi một mặt phẳng đi qua chính giữa nó (chính giữa lỗ cửa). Trong mặt cắt này sẽ xuất hiện các ứng suất tiếp τ theo phương thẳng đứng do ảnh hưởng của ngoại lực.

Nội lực tìm được theo phương pháp gần đúng không phù hợp với sự phân bố ứng suất thực tế trong tường. Các mômen uốn do tải trọng nằm ngang gây ra tính được theo phương pháp gần đúng có kết quả lớn. Do đó nếu tính toán theo phương pháp gần đúng thì sẽ lãng phí vật liệu. Mặt khác, nếu bỏ qua tác dụng giảm yếu của lỗ cửa thì sẽ gặp nguy hiểm vì không an toàn.

Do những nhược điểm vừa nêu nên nhiều nhà nghiên cứu đã xây dựng những phương pháp tính toán cho kết quả tốt hơn. Ở đây chúng tôi giới thiệu phương pháp do R. Rosman nêu ra. Thực chất của



Hình 7-2. Sơ đồ biến dạng của liên kết có lỗ cửa:

a) khi $\tau = 1$; b) khi dùng phương pháp chuyển vị; c) khi dùng phương pháp của cơ học kết cấu.

Biến dạng của điểm giữa dầm (h. 7-2a) khi $\tau = 1$ tác dụng trên đoạn h tính theo biểu thức

$$\varepsilon = \frac{hb^3}{12EJ_a}, \quad (7-1)$$

trong đó h — chiều cao tầng (h. 7-1a);

b — chiều rộng lỗ cửa;

E — môđun đàn hồi;

J_a — môđun quán tính của dầm.

Khi dùng phương pháp chuyển vị ta có (h.7-2b):

$$EJ_a\delta = \frac{1}{3} \cdot \frac{b}{2} \cdot \frac{b}{2} \cdot \frac{b}{2} = \frac{b^3}{24}, \quad (7-2)$$

trong đó δ — biến dạng do ngoại lực gây ra.

Trên một đơn vị chiều dài ta có:

$$\frac{\varepsilon}{h} = 2\delta = 2 \frac{b^3}{24E_\tau J_a} \quad (7-3)$$

Trong trường hợp mômen quán tính J_a hoặc chiều cao tầng h thay đổi thì có thể tính gần đúng bằng các trị số trung bình.

Để xác định trị số và sự phân bố ứng suất tiếp τ , ta sẽ lập biểu thức năng lượng biến dạng của hệ đang xét. Biểu thức này gồm các năng lượng biến dạng của tường, của móng và của nền. Nếu móng là móng chung cho các mảng tường ta xét và xem như móng cứng tuyệt đối thì rõ ràng τ sẽ độc lập với biến dạng của nền. Vì vậy chỉ cần viết biểu thức năng lượng của tường, tức là của các trường bộ phận và của liên kết (1).

Ta ký hiệu

$$T = \int_0^x \tau dx \quad (7-4)$$

là tổng ứng suất tiếp từ mép trên của tường cho đến tiết diện đang xét x .

Lấy đạo hàm hàm số (7-4) ta được:

$$T' = \tau. \quad (7-5)$$

Theo cơ học kết cấu, năng lượng biến dạng của một côngxon với biến dạng δ do lực P gây ra là (h. 7-2c):

$$A = P \frac{\delta}{2}. \quad (7-6)$$

Với ứng suất tiếp τ ta sẽ có chuyển vị tương ứng là

$$f = \varepsilon \tau. \quad (7-7)$$

Như vậy công do τ gây ra được tính theo biểu thức

$$A_0 = \tau \frac{f}{2} = \varepsilon \tau \frac{\tau}{2} = \varepsilon \frac{\tau^2}{2}. \quad (7-8)$$

1. Thay thế các dầm ngang (NBT).

Vậy ta có tổng năng lượng biến dạng của các liên kết như sau :

$$U_{lk} = \int_0^H \varepsilon \frac{\tau^2}{2} dx = \frac{1}{2} \int_0^H \varepsilon \tau^2 dx. \quad (7-9)$$

Thay các biểu thức (7-1) và (7-5) vào biểu thức (7-9) ta được :

$$U_{lk} = \frac{1}{2} \int_0^H \frac{hb^3}{12EJ_d} T^2 dx. \quad (7-10)$$

Ta giả thiết rằng định luật Hooke vẫn đúng đối với biến dạng của các tường bộ phận, ngoài ra vẫn được phép áp dụng giả thiết tiết diện phẳng đối với các tường bộ phận có chiều cao tương đối lớn hơn nhiều so với chiều rộng của nó, do đó mômen tổng cộng tại mặt cắt qua x sẽ là :

$$M = \omega x^2 - Tl, \quad (7-11)$$

trong đó l — khoảng cách chính giữa của hai mảng tường (h.7-1) ;
 ω — tải trọng nằm ngang phân bố.

Do độ võng theo phương ngang bằng nhau nên mômen M sẽ phân phối cho hai tường bộ phận 1 và 2 tỷ lệ theo độ cứng (mômen quán tính) :

$$\left. \begin{aligned} M_1 &= (\omega x^2 - Tl) \frac{J_1}{J_1 + J_2} ; \\ M_2 &= (\omega x^2 - Tl) \frac{J_2}{J_1 + J_2} , \end{aligned} \right\} \quad (7-12)$$

trong đó J_1 và J_2 — mômen quán tính của các tường bộ phận 1 và 2.

Theo cơ học kết cấu, năng lượng biến dạng của côngxou chịu tác dụng của mômen M và lực dọc N là

$$A = \int_0^x \frac{M^2}{2EJ} dx + \int_0^x \frac{N^2}{2EF} dx. \quad (7-13)$$

Hệ tường gồm hai tường bộ phận 1 và 2 nên ta có tổng năng lượng biến dạng của tường là :

$$\begin{aligned} U_t &= \int_0^H \frac{M_1^2}{2EJ_1} dx + \int_0^H \frac{M_2^2}{2EJ_2} dx + \int_0^H \frac{N_1^2}{2EF_1} dx + \int_0^H \frac{N_2^2}{2EF_2} dx = \\ &= \frac{1}{2E} \int_0^H \left[\frac{M_1^2}{J_1} + \frac{M_2^2}{J_2} + \frac{N_1^2}{F_1} + \frac{N_2^2}{F_2} \right] dx. \end{aligned} \quad (7-14)$$

Tính các đại lượng trong biểu thức (7-14) :

$$\begin{aligned} \frac{M_1^2}{J_1} + \frac{M_2^2}{J_2} &= \frac{\left[\frac{(\omega x^2 - Tl)J_1}{J_1 + J_2} \right]^2}{J_1} + \frac{\left[\frac{(\omega x^2 - Tl)J_2}{J_1 + J_2} \right]^2}{J_2} = \\ &= \frac{(\omega x^2 - Tl)^2 (J_1 + J_2) J_1 J_2}{J_1 J_2 (J_1 + J_2)^2} = \frac{(\omega x^2 - Tl)^2}{J_1 + J_2} = \\ &= (\omega x^2 - Tl)^2 \frac{1}{J_1 + J_2}; \end{aligned} \quad (7-15)$$

$$\frac{N_1^2}{F_1} + \frac{N_2^2}{F_2} = \frac{T^2}{F_1} + \frac{T^2}{F_2} = \left(\frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} \right) T^2. \quad (7-16)$$

Thay các biểu thức (7-15) và (7-16) vào biểu thức (7-14) ta được :

$$U_1 = \frac{1}{2E} \int_0^H \left[(\omega x^2 - Tl)^2 \frac{1}{J_1 + J_2} + \left(\frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} \right) T^2 \right] dx. \quad (7-17)$$

Từ các biểu thức (7-10) và (7-17) ta được tổng năng lượng biến dạng của tường như sau :

$$\begin{aligned} U = U_{lk} + U_1 &= \frac{1}{2E} \int_0^H \left[\frac{hb^3}{12J_d} T'^2 + \frac{(\omega x^2 - Tl)^2}{J_1 + J_2} + \right. \\ &\quad \left. + \left(\frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} \right) T^2 \right] dx. \end{aligned} \quad (7-18)$$

Ứng suất tiếp τ trong liên kết tại mỗi mặt cắt đều tỷ lệ với chuyển vị thẳng đứng tương ứng của các tường bộ phận. Tại mép trên của tường ($x=0$) không có gì ngăn cản chuyển vị tương ứng của tường bộ phận cho nên ta có điều kiện biên :

$$T = 0. \quad (7-19)$$

Tại mép dưới của tường ($x=H$), chuyển vị thẳng đứng tương ứng của các tường bộ phận bị ngăn cản do khối móng của chùng cứng, cho nên ta có điều kiện :

$$\tau = T' = 0. \quad (7-20)$$

Dạng của hàm số T cần tìm sẽ được xác định bằng nguyên tắc của công chuyển vị khả dĩ cực tiểu. Phương trình Euler của bài toán cực tiểu phiếm hàm năng lượng (7-18) là :

$$E_T - \frac{d}{dx} E_{T'} = 0, \quad (7-21)$$

trong đó E — hàm số sau dấu tích phân trong biểu thức (7-18).

Ta đặt

$$\left. \begin{aligned} \lambda^2 &= \left[\frac{l^2}{J_1 + J_2} + \left(\frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} \right) \right] \frac{12J_d}{hb^3}; \\ \beta &= \frac{\omega l}{J_1 + J_2} \cdot \frac{12J_d}{hb^3}. \end{aligned} \right\} \quad (7-22)$$

Phương trình vi phân Euler (7-21) sau khi tiến hành lấy vi phân có thể viết dưới dạng đơn giản sau đây :

$$L(T) = T'' - \lambda^2 T + \beta x^2 = 0. \quad (7-23)$$

Biểu thức (7-23) là phương trình vi phân cấp hai tuyến tính không điều hòa với các hệ số không đổi. Việc tích phân trực tiếp phương trình (7-23) không thuận tiện do vậy ta sẽ tìm nghiệm của nó dưới dạng một chuỗi lượng giác như sau :

$$T = \sum a_i \sin \frac{i\pi x}{2H}, \quad (i = 1, 3, 5, \dots, n) \quad (7-24)$$

trong đó n — phụ thuộc vào độ chính xác muốn có.

Nghiệm (7-24) thỏa mãn các điều kiện biên (7-19) và (7-20).

Độ chuỗi (7-24) hội tụ nhanh cho nên chỉ cần số lượng n tương đối ít thì các số hạng cũng đã đạt được mức chính xác yêu cầu. Rosman đã đạt được kết quả với việc dùng bốn phần tử thôi mà sai số so với lời giải chính xác chưa bao giờ vượt quá 1%. Độ chính xác cao đến thế tất nhiên là không cần thiết.

Mặt khác việc chọn dùng họ nghiệm (7-24) còn có ưu điểm sau đây. Trong việc nghiên cứu tĩnh lực các nhà nhiều tầng mà các tầng ngang có các hàng lỗ cửa bố trí khác nhau thì các phương trình lực cắt T chỉ khác nhau ở các tham số a_i của các đại lượng $\sin \frac{i\pi x}{2H}$. Điều đó đã làm rút ngắn công việc tính toán

một cách đáng kể. Còn các tham số a_i thì phải được xác định sao cho biểu thức (7-24) có khả năng tốt nhất thỏa mãn phương trình vi phân (7-23) của bài toán đã cho.

Dùng phương pháp biến phân Galerkin thì phương trình xác định các a_i là :

$$\int_0^H L(x) f_i(x) dx = 0, \quad (i = 1, 3, 5, \dots, n) \quad (7-25)$$

trong đó $f_i(x)$ — hàm tọa độ thứ i , tức là số hạng thứ i của chuỗi (7-24) ;

$L(x)$ — kết quả của phép thay chuỗi (7-24) vào phương trình vi phân (7-23).

Sau khi tiến hành lấy vi phân và tích phân ta được :

$$a_i = \frac{\beta \left[\frac{2}{\left(\frac{i\pi}{2H}\right)^3} \pm \frac{2H}{\left(\frac{i\pi}{2H}\right)^2} \right]}{\frac{1}{2} H \left[\left(\frac{i\pi}{2H}\right)^2 + \lambda^2 \right]}. \quad (7-26)$$

Trong biểu thức (7-26), số hạng thứ hai của tử số sẽ lấy dấu cộng (+) khi $i = 1, 5, 9, 13, \dots$ và lấy dấu trừ (—) khi $i = 3, 7, 11, \dots$

Với các tham số a_i tính được theo biểu thức (7-26) thì chuỗi (7-24) sẽ xác định phương trình lực cắt T .

Biểu thức (7-26) cũng có thể được thành lập từ biểu thức (7-18) đối với công chuyển vị khả dĩ của hệ một cách trực tiếp với phương pháp của Ritz. Song con đường đi từ phương trình vi phân sẽ đơn giản và rõ ràng hơn, ngoài

ra nó còn tạo điều kiện cho Rosman so sánh các kết quả của lời giải gần đúng và lời giải chính xác về phương diện toán học.

Việc tính toán ứng suất đối với các tầng bộ phận sẽ tiến hành theo biểu thức quen thuộc sau đây :

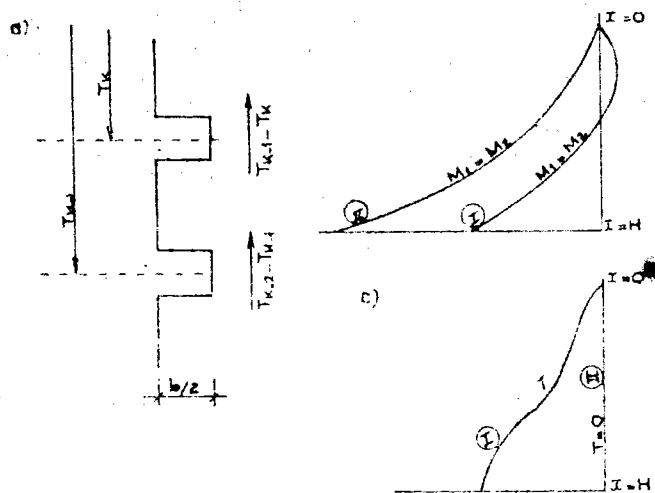
$$\sigma = \frac{T}{F} \pm \frac{M}{W} \quad (7-27)$$

Tiết diện các dầm được tính theo mômen uốn :

$$M_k = \pm (T_{k-1} - T_k) \frac{1}{2} b \quad (7-28)$$

trong đó M_k — mômen uốn trong dầm k ;

T_{k-1} và T_k — trị số của lực cắt T trong dầm $k-1$ và dầm k (h. 7-3).



Hình 7-3. Sơ đồ các lực cắt T để tính dầm ngang (a), dạng biểu đồ mômen M (b) và lực cắt T (c) của một tầng ngang nhà nhiều tầng có tường bị giảm yếu bởi hàng lỗ cửa thang đứng đối xứng. (Các đường cong ký hiệu I được tính theo các phương trình của Rosman; các đường II được tính theo phương pháp gần đúng, tức là bỏ qua tác dụng liên kết của các dầm).

Biết lực cắt T ta có thể tính được độ võng ngang y của bộ. Trong cơ học kết cấu ta đã có :

$$y''EJ = -M \quad (7-29)$$

Từ các biểu thức (7-11) và (7-21) ta có :

$$M = \omega.v^2 - l \sum a_i \sin \frac{i\pi.v}{2H} \quad (7-30)$$

Từ các biểu thức (7-29) và (7-30) ta có :

$$y''E(J_1 + J_2) = -\omega.v^2 + l \sum a_i \sin \frac{i\pi.v}{2H} \quad (7-31)$$

Khi xét ảnh hưởng của nền đến biến dạng của hệ, góc xoay của móng do tính đàn hồi của nền (h. 7-4) có thể tính theo biểu thức

$$\varphi_m = \frac{Ws}{cJ_m}, \quad (7-32)$$

và gây nên một độ võng phụ đối với mép trên của tường :

$$\Delta_m = \varphi_m \bar{H} = \frac{Ws\bar{H}}{cJ_m}, \quad (7-33)$$

trong đó W — tổng tải trọng gió ;

s — khoảng cách từ điểm đặt tổng tải trọng gió đến mép dưới của móng ;

c — hệ số Winkler đối với nền đang xét ;

J_m — mômen quán tính của mặt đáy móng, lấy theo trục chính của móng và vuông góc với mặt tường.

Sau khi lấy tích phân hai lần biểu thức (7-31) với các điều kiện biên tương ứng và cộng với biểu thức (7-33) ta được biểu thức để tính độ võng ngang ở mép trên của tường như sau :

$$\Delta_o = \frac{1}{E(J_1 + J_2)} \left[\frac{1}{4} \omega H^4 \pm \pm I \sum a_i \left(\frac{2H}{i\pi} \right)^2 \right] + \frac{Ws\bar{H}}{cJ_m}, \quad (7-34)$$

ở đây lấy dấu (+) khi $i = 3, 7, 11, \dots$ và lấy dấu (-) khi $i = 1, 5, 9, 13, \dots$

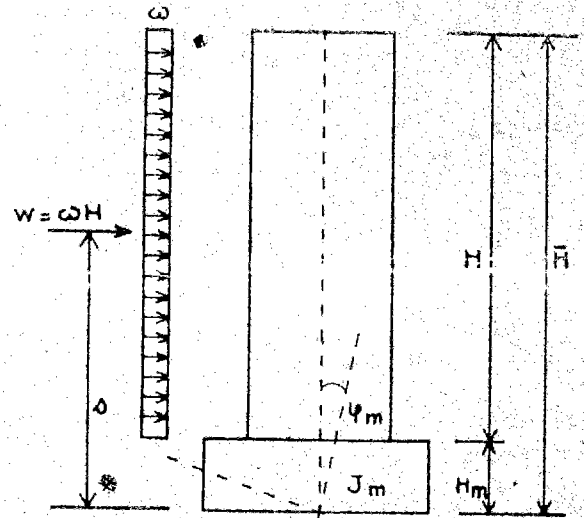
3. Tường có hai hàng lỗ cửa.

Với các giả thiết như đối với tường có một hàng lỗ cửa, ở đây ta có các biến dạng của liên kết 1 và 2 như sau (h. 7-5) :

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_1 &= \frac{hb_1^3}{12EJ_{d1}} ; \\ \varepsilon_2 &= \frac{hb_2^3}{12EJ_{d2}} . \end{aligned} \right\} \quad (7-35)$$

Ta định nghĩa các đại lượng T_1, T_2 cần tìm của bài toán siêu tĩnh qua các biểu thức sau đây :

$$\left. \begin{aligned} T_1 &= \int_0^x \tau_1 dx ; \\ T_2 &= \int_0^x \tau_2 dx . \end{aligned} \right\} \quad (7-36)$$



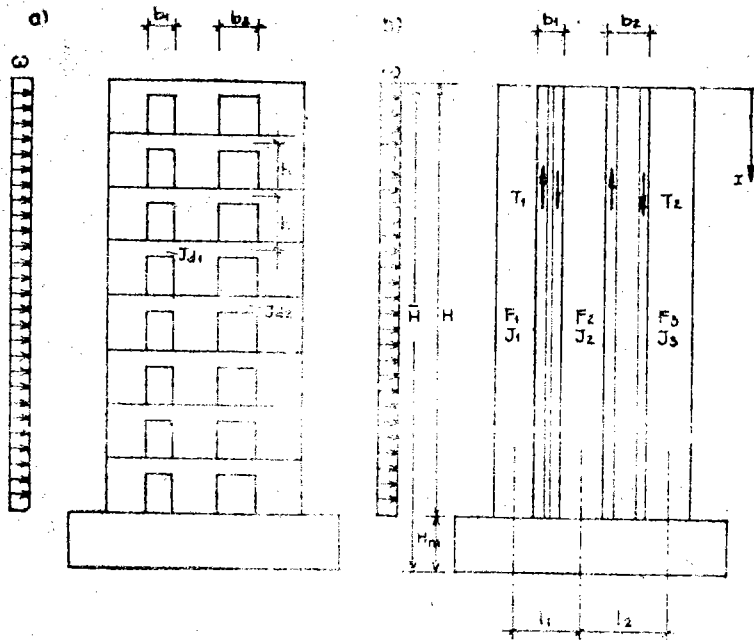
Hình 7-4. Góc xoay của móng do tính đàn hồi của nền gây ra.

Mômen tổng cộng tại tiết diện x tính theo biểu thức

$$M = \omega x^2 - T_1 l_1 - T_2 l_2. \quad (7-37)$$

Mômen của các mảng tường bộ phận 1, 2 và 3 tính theo các biểu thức sau đây :

$$\left. \begin{aligned} M_1 &= (\omega x^2 - T_1 l_1 - T_2 l_2) \frac{J_1}{J_1 + J_2 + J_3}; \\ M_2 &= (\omega x^2 - T_1 l_1 - T_2 l_2) \frac{J_2}{J_1 + J_2 + J_3}; \\ M_3 &= (\omega x^2 - T_1 l_1 - T_2 l_2) \frac{J_3}{J_1 + J_2 + J_3}. \end{aligned} \right\} \quad (7-38)$$



Hình 7-5.
Tường ngang
có hai hàng
cửa (a) và sơ
đồ tính toán
(b).

Nếu ta đặt :

$$\left. \begin{aligned} \lambda_1^2 &= \left[\frac{l_1^2}{J_1 + J_2 + J_3} + \left(\frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} \right) \right] \frac{12J_{d1}}{hb_1^3}; \\ \lambda_2^2 &= \left[\frac{l_2^2}{J_1 + J_2 + J_3} + \left(\frac{1}{F_2} + \frac{1}{F_3} \right) \right] \frac{12J_{d2}}{hb_2^3}; \\ \gamma_1 &= \left(\frac{l_1 l_2}{J_1 + J_2 + J_3} - \frac{1}{F_2} \right) \frac{12J_{d1}}{hb_1^3}; \\ \gamma_2 &= \left(\frac{l_1 l_2}{J_1 + J_2 + J_3} - \frac{1}{F_2} \right) \frac{12J_{d2}}{hb_2^3}; \\ \beta_1 &= \frac{\omega l_1}{J_1 + J_2 + J_3} \cdot \frac{12J_{d1}}{hb_1^3}; \\ \beta_2 &= \frac{\omega l_2}{J_1 + J_2 + J_3} \cdot \frac{12J_{d2}}{hb_2^3}. \end{aligned} \right\} \quad (7-39)$$

thì các phương trình vi phân của bài toán biến phân đang xét được viết như sau

$$\left. \begin{aligned} T_1'' - \lambda_1^2 T_1 - \gamma_1 T_2 + \beta_1 x^2 &= 0; \\ T_2'' - \lambda_2^2 T_2 - \gamma_2 T_1 + \beta_2 x^2 &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (7-40)$$

Biểu thức (7-40) là hệ phương trình vi phân cấp hai *luyến tính* không điều hòa với các hệ số không đổi và nó có hai họ nghiệm. Tương tự như đối với phương trình (7-23), tìm các họ nghiệm của hệ phương trình (7-40) dưới dạng:

$$\left\{ \begin{aligned} T_1 &= \sum a_{1i} \sin \frac{i\pi x}{2H}; \\ T_2 &= \sum a_{2i} \sin \frac{i\pi x}{2H}. \end{aligned} \right. \quad (i = 1, 3, 5, \dots) \quad (7-41)$$

Các họ nghiệm (7-41) thỏa mãn các điều kiện biên tương ứng. Giải các phương trình Galerkin để tìm các hệ số a_{1i} , a_{2i} của chuỗi (7-41) ta được kết quả:

$$a_{1i} = \frac{D_1}{D}; \quad a_{2i} = \frac{D_2}{D}, \quad (7-42)$$

trong đó

$$\left. \begin{aligned} D &= \left[\left(\frac{i\pi}{2H} \right)^4 + (\lambda_1^2 + \lambda_2^2) \left(\frac{i\pi}{2H} \right)^2 + \lambda_1^2 \lambda_2^2 - \gamma_1 \gamma_2 \right]; \\ D_1 &= \frac{H}{2} \left[-\frac{2}{\left(\frac{i\pi}{2H} \right)^3} \pm \frac{2H}{\left(\frac{i\pi}{2H} \right)^2} \right] \left\{ \beta_1 \left[\left(\frac{i\pi}{2H} \right)^2 + \lambda_2^2 \right] - \beta_2 \gamma_1 \right\}; \\ D_2 &= \frac{H}{2} \left[-\frac{2}{\left(\frac{i\pi}{2H} \right)^3} \pm \frac{2H}{\left(\frac{i\pi}{2H} \right)^2} \right] \left\{ \beta_2 \left[\left(\frac{i\pi}{2H} \right)^2 + \lambda_1^2 \right] - \beta_1 \gamma_2 \right\}. \end{aligned} \right\} \quad (7-43)$$

Trong biểu thức (7-43) lấy dấu (+) khi $i = 1, 5, 9, \dots$ và lấy dấu (-) khi $i = 3, 7, \dots$

Để tính toán ứng suất trong các tường bộ phận và chọn tiết diện các dầm, vẫn dùng các biểu thức (7-27) và (7-28).

Để tính độ võng ngang ở mép trên của tường, ta vẫn dùng biểu thức tương tự như ở tường có một hàng lỗ cửa:

$$\Delta_0 = \frac{1}{E(J_1 + J_2 + J_3)} \left[\frac{1}{4} \omega H^4 \pm \sum (a_{1i} l_1 + a_{2i} l_2) \left(\frac{2H}{i\pi} \right)^2 \right] + \frac{W s \bar{H}}{c J_m}, \quad (7-44)$$

ở đây lấy dấu (+) khi $i = 3, 7, 11, \dots$ và lấy dấu (-) khi $i = 1, 5, 9, \dots$

4. Phân bố tải trọng nằm ngang cho các tường ngang độc lập

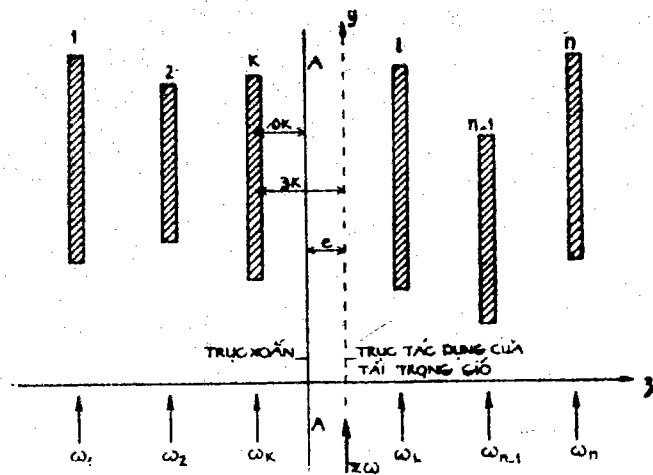
Trên đây ta đã thành lập các biểu thức tính toán các tường ngang chịu tác dụng của các tải trọng nằm ngang với cường độ là ω . Song cường độ tải trọng ω này lúc đầu chưa biết, vì tải trọng toàn phần $\Sigma \omega$ của nhà sẽ phân bố cho từng tường tỷ lệ theo độ cứng và mỗi tường k chịu tải trọng ω_k không giống nhau.

Nếu tâm xoắn của tường không nằm trên phương của tổng tải trọng $\Sigma \omega$ thì sẽ xuất hiện một mômen phụ, và mômen phụ này phải được đưa vào tính toán. Vì vậy khi thiết kế nền cố gắng bố trí các tường ngang đối xứng trên mặt bằng. Ta ký hiệu độ võng của một trong các bức tường là Δ thì độ võng của các tường

còn lại là $\alpha_k \Delta$ ($k = 1, 2, \dots, n$). Các trị số α_k sẽ được xác định bằng số cho từng trường hợp cụ thể. Đối với trường hợp chuẩn (mà độ võng được ký hiệu là Δ) thì tất nhiên $\alpha = 1$.

Với các ký hiệu như ở hình 7-6 ta có biểu thức sau đây để tính vị trí tâm xoắn của các tiết diện tường (khoảng cách lệch tâm — NBT):

$$e = \frac{\sum \alpha_k z_k}{\sum \alpha_k} \quad (7-45)$$



Hình 7-6 Sơ đồ các tường ngang trên một hàng và sự phân bố tải trọng.

Tải trọng toàn phần $\sum \omega$ sẽ phân bố cho tường thứ k theo biểu thức:

$$\omega_k = \frac{\alpha_k}{\sum \alpha_k} \sum \omega - \frac{\alpha_k z_k}{\sum \alpha_k z_k} e \sum \omega \quad (k = 1, 2, \dots, n) \quad (7-46)$$

Đối với trường hợp các tường được bố trí đối xứng trên mặt hàng thì $e = 0$ và đại lượng thứ hai trong biểu thức (7-46) không có. Các trị số α_k trong biểu thức (7-46) có thể suy ra từ những trị số tương ứng của các độ võng ở mép trên của tường. Nhưng tại các độ cao khác nhau của tường thì các tỷ lệ đó sẽ khác, vì tính chất của các dưng độ võng không phải đối với tất cả các tường đều như nhau. Song độ chênh lệch đó nhỏ, cho nên phương trình (7-46) vẫn đủ chính xác. Mặt khác khi phân phối tải trọng nằm ngang cho các tường trong cách làm trên đây ta đã bỏ qua hiện tượng xoắn của các tường cứng. Vấn đề này sẽ được xét đến trong § 11.

Nền càng mềm (dễ uốn) thì sự chênh lệch độ võng từng tường càng nhỏ, và sự phân bố tải trọng lên các tường ngang sẽ đều hơn.

5. Tóm tắt trình tự tính toán

Các tường ngang trong nhà nhiều tầng có một hoặc hai hàng lỗ cửa sẽ tính toán theo các bước sau đây (phương pháp Rosman):

1. Tính các tường ngang khác nhau khi chịu tải trọng nằm ngang có cường độ $\omega = H/m$.

Ta tính :

- a) các hệ số theo biểu thức (7-22) hoặc biểu thức (7-39);
- b) các tham số a_i theo biểu thức (7-26) hoặc biểu thức (7-42);
- c) các đại lượng T theo biểu thức (7-24) hoặc biểu thức (7-41);
- d) độ võng Δ_0 theo biểu thức (7-34) hoặc biểu thức (7-44).

2. Tính tải trọng nằm ngang toàn phần $\Sigma \omega$ phân bố lên từng tầng. Ta tính :

a) các hệ số α_k là tỷ số giữa các độ võng đỉnh tầng và độ võng của một tầng nào đó lấy làm chuẩn ;

b) làm quán tính theo biểu thức (7-45);

c) các tải trọng ω_k của từng tầng theo biểu thức (7-46).

3. Tính ứng suất các tầng bộ phận và chọn tiết diện các dầm ngang :

a) ta nhân các phương trình T đã tính được với cường độ tải trọng ω_k của bực tầng đang xét ;

b) tính các mômen uốn trong các tầng bộ phận theo biểu thức (7-12) hoặc biểu thức (7-38);

c) tính ứng suất cho một vài tiết diện của tầng bộ phận theo biểu thức (7-27) và chọn tiết diện các dầm theo biểu thức (7-28).

Toàn bộ quá trình tính toán chỉ dùng các phép tính đại số cơ bản, do đó có thể thực hiện một cách dễ dàng bằng thước tính thông thường.

§ 8. TÍNH TOÁN TÍNH LỰC CÁC TƯỜNG NGANG CÓ SỐ HÀNG LỖ CỬA TÙY Ý

I. Đặt vấn đề

Việc tính toán tính lực các tường ngang chịu lực có một hoặc hai hàng lỗ cửa đã trình bày ở § 7. Đối với tường ngang chịu tải trọng gió có số hàng lỗ cửa tùy ý thì bài toán trở nên phức tạp hơn nhiều và ít có phương pháp tính toán đơn giản dễ áp dụng trong thực tế thiết kế. Các nhà nghiên cứu Albiges và Gonbet đã đề cập đến vấn đề này. Trong bài báo của mình, các ông đã bỏ qua ảnh hưởng của lực dọc trong các mảng tường¹⁾ tới các đại lượng biến dạng, và do đó ảnh hưởng tới nội lực. Sự đơn giản hóa này đã được chính tác giả coi là không chấp nhận được, bởi vì (đặc biệt đối với các tường cao chịu gió) có thể dẫn đến những nhược điểm rất đáng kể. Trong khi nghiên cứu các ông đã xem toàn bộ các mảng tường như được ngàm tại mép dưới vào kết cấu móng chung hoặc ngàm vào tường láng hầm. Giả thiết này tương ứng với các hệ được sử dụng phổ biến nhất trong thực tế (h. 8-1).

Mặt cắt của các mảng tường có thể đối xứng qua trục ngang của tường hoặc không đối xứng cũng được nếu như không gây nên xoắn cho hệ thống qua cơ cấu các bộ phận chịu lực theo phương thẳng đứng.

Ta giả thiết là các đặc trưng tiết diện của các mảng tường không đổi. Tuy vậy cũng có thể chấp nhận rằng, trong trường hợp sự thay đổi các đặc trưng tiết diện không có bước nhảy lớn thì không gây nên ảnh hưởng đến các nội lực. Như thế ta có thể thay đổi cách sử dụng vật liệu, tức là có thể lạng mac của vật liệu từ trên xuống dưới. Vì các dầm (liên kết với các mảng tường) có chiều cao tương

1. Tức là các tường bộ phận (NBT).

đôi lớn so với khâu độ, cho nên trong việc tính toán biến hình của dầm nên kể đến ảnh hưởng của lực cắt. Điều này có thể thực hiện bằng cách thay trị số mômen quán tính $\frac{lh_a^3}{12}$ bằng trị số mômen quán tính tính đổi

$$J_a = \frac{\frac{lh_a^3}{12}}{1 + 2,8 \left(\frac{h_a}{b} \right)} \quad (8-1)$$

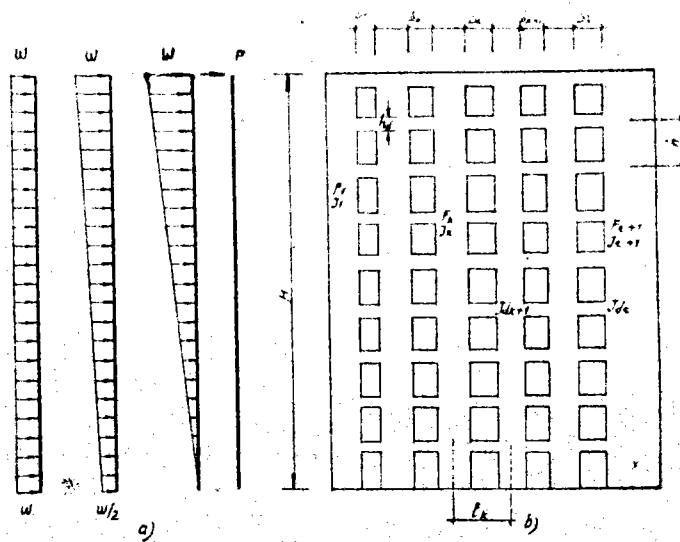
khi tính toán.

Trong biểu thức (8-1) thì l , h_a và b là chiều rộng (chiều dày), chiều cao và chiều dài⁽¹⁾ của dầm.

Trong quá trình thiết lập biểu thức (8-1) đã quy định hệ số nở ngang ν của bê tông cốt thép là $1/6$, môđun cắt G bằng $3/7$ của môđun đàn hồi E tương ứng và hệ số phân bố lực cắt μ của tiết diện chữ nhật là $6/5$.

Thông thường ta cần tính toán theo các dạng tải trọng nằm ngang sau đây (h. 8-1):

1. phân bố đều (dọc theo suốt chiều cao tường);
2. phân bố hình thang (trị số ở mép dưới của tường bằng nửa trị số ở mép trên của tường);
3. phân bố tam giác (bằng không ở mép dưới của tường);
4. tập trung, đặt ở mép trên của tường (h. 8-1a).



Hình 8-1. Tường ngang có r hàng lỗ cửa và các dạng tải trọng nằm ngang tác dụng.

Các trường hợp tải trọng 1 và 2 ứng với tải trọng gió khi nhà có chiều cao vừa hoặc chiều cao lớn, các trường hợp tải trọng 3 và 4 ứng với các lực trùng phục khi động đất.

1. Tức là chiều rộng lỗ cửa (NBT).

Vì cách giải chính xác bài toán siêu tĩnh bậc cao này quá phức tạp không tiện dùng để tính toán thực tế nên sau đây sẽ nêu phương pháp gần đúng đơn giản⁽¹⁾. Phương pháp gần đúng này xây dựng trên cơ sở phương pháp thông thường của hệ thay thế đều. Để tìm nghiệm của bài toán siêu tĩnh, sử dụng phương pháp rất quen thuộc của Ritz xuất phát từ lý thuyết đàn hồi.

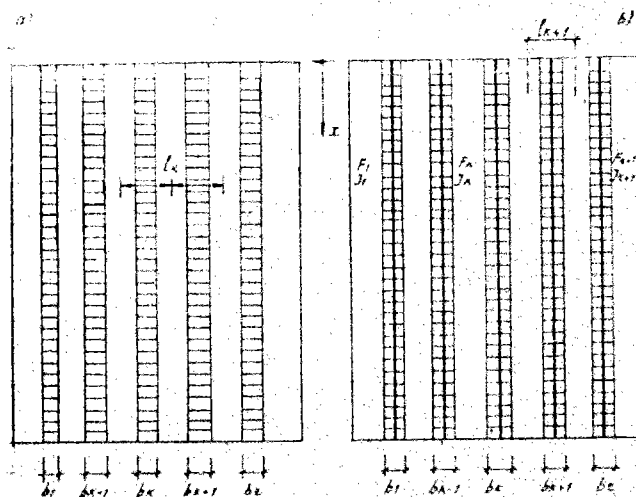
Sự đơn giản hóa được lấy làm cơ sở cho phương pháp này là: coi một cách gần đúng các hàm số lực cắt là các đa thức bậc một, các biểu đồ lực cắt được coi gần đúng là đường thẳng. Nhiều công trình thí nghiệm đã tiến hành cho các trường hợp tải trọng khác nhau đã chấp nhận sự đơn giản hóa này.

Trừ dầm trên cùng, tất cả các dầm đều có lực cắt bằng nhau⁽²⁾. Theo lý thuyết cứng, dầm trên cũng chịu lực bằng nửa các dầm dưới và nhận một nửa lực cắt của các dầm dưới. Tuy vậy giả thiết về độ cứng của dầm trên cùng trong thực tế không đạt một cách chính xác như vậy. Chỉ khi ở đầu tường có một dầm thật cứng thì nó sẽ ảnh hưởng đến trạng thái ứng suất ở khu vực trên của tường (đối với các tường cao), song khu vực trên là phạm vi chịu lực ít nhất.

Giả thiết tiếp theo là điểm uốn của đường đàn hồi của dầm khi tường bị biến dạng sẽ nằm tại tâm đối xứng.

2. Lập biểu thức cho bài toán

Hình 8-2a thể hiện hệ cơ bản ứng với hệ siêu tĩnh dạng xét, r lực cắt tác dụng dọc theo các liên kết đều khắp của các cột. Bậc siêu tĩnh của hệ bằng số lượng các hàng lỗ cửa.



Hình 8-2. Hệ thay thế:

- a) hệ cơ bản thay cho hình 8-1,
- b) các đại lượng siêu tĩnh.

1. Phương pháp này chủ yếu dùng trong trường hợp tường ngang có ba hàng lỗ cửa trở lên, nhưng dĩ nhiên cũng có thể dùng cho trường hợp tường ngang có một hoặc hai hàng lỗ cửa. Đây là phương pháp do R. Rosman đề xuất (NBT).

2. Giả thiết này đã dẫn đến việc đơn giản cấu tạo, do đó tiện lợi cho thi công.

Các dải liên kết đều khắp thay cho các dầm ô lỗ của chịu tác dụng của các lực T_k dx. Ta có:

$$T_k(x) = \int_0^x T_k dx. \quad (k = 1, 2, \dots, r) \quad (8-2)$$

Lực cắt T_k từ mép trên của tường ($x = 0$) đến mặt cắt đang xét qua x được chọn làm các đại lượng cần tìm, chúng tạo nên các lực cắt tác dụng trong mặt phẳng đối xứng của các liên kết đều khắp và là các hàm của x . Các đạo hàm T_k' của lực cắt theo tọa độ x là các lực cắt phân bố. Các lực cắt phân bố này liên quan tới đơn vị chiều dài của mặt đối xứng của các liên kết đều khắp và có thứ nguyên là lực chiều dài. Mômen ngoại lực tại mặt cắt qua x của tường tính theo biểu thức⁽¹⁾

$$M^o = \begin{cases} \frac{\omega x^2}{2}; & (a) \\ \frac{\omega x^2}{2} - \frac{\omega}{12H} x^3; & (b) \\ \frac{\omega}{2} x^2 - \frac{\omega}{6H} x^3; & (c) \\ P.x. & (d) \end{cases} \quad (8-3)$$

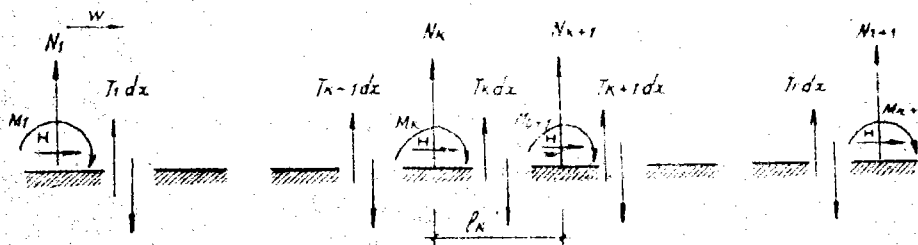
Tổng mômen tại mặt cắt đang xét x

$$M = M^o - \sum_{k=1}^r T_k l_k \quad (8-4)$$

sẽ phân phối cho từng mảng tương tỷ lệ theo mômen quán tính.

Hình 8-3 thể hiện các nội lực cho một mặt cắt bất kỳ x của tường do phần tường tách rời ở bên trên tác dụng xuống phần tường bên dưới. Các nội lực này gồm:

$$\left. \begin{aligned} N_1 &= T_1; \\ N_k &= T_k - T_{k-1}; \quad (k = 2, \dots, r) \\ N_{r+1} &= T_r; \end{aligned} \right\} \quad (7-5)$$



Hình 8-3. Nội lực tại mặt cắt bất kỳ của tường.

1. Các chữ a, b, c, d tương ứng với các trường hợp tải trọng phân bố đều, phân bố hình thang, phân bố tam giác và tập trung (NBT).

$$M_k = \frac{J_k}{\Sigma J} M, [k = 1, 2, \dots, (r + 1)] \quad (8-6)$$

trong đó ΣJ — tổng mômen quán tính của toàn bộ $(r + 1)$ mảng tường (1).

Các lực dọc N của các mảng tường được quy ước là dương nếu là lực kéo, mômen uốn M_k là dương nếu gây ra ứng suất kéo ở phía trái của mảng tường đang xét.

Nhờ các biểu thức cơ bản về công của nội lực trong sức bền vật liệu ta lập được biểu thức sau đây:

$$2EI = \int_0^H \left[\sum_{k=1}^r \frac{hb^3}{12J_k} T_k^2 + \sum_{k=1}^{r+1} \left(\frac{T_k - T_{k-1}}{l_k} \right) + \frac{1}{\Sigma J} \left(M^0 - \sum_{k=1}^r T_k l_k \right)^2 \right] dx. \quad (8-7)$$

Trong biểu thức (8-7) số hạng đầu biểu thị thành phần của các liên kết của mảng tường, số hạng thứ hai và thứ ba là các thành phần của các lực dọc và các mômen uốn của mảng tường.

Móng có độ cứng lớn nên thành phần của móng có thể bỏ qua, vì biến dạng của nó không ảnh hưởng đến nội lực trong tường.

Xuất phát từ biểu thức (8-7) có thể bằng các quy tắc của phép tính biến phân mà giải được hệ r phương trình vi phân với các điều kiện biên chính tùy thuộc lực cắt. Công việc giải bài toán này rất mất công, nếu ta bỏ qua việc tìm lời giải chính xác và nghiên cứu một phương pháp gần đúng. Phương pháp gần đúng thành lập biểu thức để xử lý bài toán thông qua một hệ r phương trình đại số tuyến tính.

Các phương trình lực cắt được coi gần đúng là các đơn thức có một thông số:

$$T_k = \frac{x}{H} T_{kH} \quad (k = 1, 2, \dots, r) \quad (8-8)$$

Các lực cắt phân bố sẽ là:

$$T_k' = \frac{T_{kH}}{H} \quad (k = 1, 2, \dots, r) \quad (8-9)$$

độc lập với x , tức là không thay đổi suốt dọc chiều cao tường [T_{kH} — trị số lực cắt T_k của hàng lỗ cửa thứ k tại mép dưới của tường (khi $x = H$)].

Đơn thức tuyến tính (8-8) không thỏa mãn các điều kiện cơ bản trong phép tính biến phân

$$T_{k0} = 0 \quad (k = 1, 2, \dots, r) \quad (8-10)$$

mà chỉ thỏa mãn các điều kiện biên phụ hoặc điều kiện biên chính trong phép tính biến phân

$$T_{kH} = 0 \quad (k = 1, 2, \dots, r) \quad (8-11)$$

1. Khi có r hàng lỗ cửa (NBT).

Các điều kiện đầu tiên để áp dụng phương pháp Ritz là các biểu thức của các đại lượng cần tìm phải thỏa mãn các điều kiện biên cơ bản. Nếu thay các đơn thức (8-8) và (8-9) và các đạo hàm của chúng vào biểu thức (8-7) thì sau khi thực hiện các phép tích phân cần thiết, và sắp xếp lại ta sẽ có biểu thức sau đây:

$$\begin{aligned}
 2EI &= \sum_{k=1}^r \frac{hb^3}{12J_k} \frac{T_k}{H} + \sum_{k=1}^{r-1} \frac{T_{kH} - T_{k+1,0}}{F_k} \frac{H}{3} + \\
 &+ \frac{1}{\Sigma J} \left[\int M_x^2 dx - \int 2M_x^0 dx \sum_{k=1}^r \frac{T_{kH} l_k}{H} + \right. \\
 &\quad \left. + \frac{H}{3} \left(\sum_{k=1}^r T_{kH} - l_k \right)^2 \right]. \quad (8-12)
 \end{aligned}$$

Ở đây công bù của trường được biểu thị bằng hàm số của các thông số cần xác định T_{kH} . Đại lượng tích phân thứ nhất trong phương trình (8-12) độc lập với các trị số T_{kH} và do đó không cần phải tính toán. Đại lượng tích phân thứ hai cho các trường hợp (a) trong với sự chú ý đến biểu thức (8-3) sẽ là:

$$\int_0^H 2M_x^2 dx = \begin{cases} \frac{1}{4} \omega H^4; & (a) \\ \frac{13}{60} \omega H^4; & (b) \\ \frac{11}{60} \omega H^4; & (c) \\ \frac{2}{3} PH^3. & (d) \end{cases} \quad (8-13)$$

Phương trình điều kiện cực tiểu năng lượng như sau:

$$\frac{\partial(2EI)}{\partial T_{kH}} = 0, \quad (k = 1, 2, \dots, r) \quad (8-14)$$

Từ biểu thức (8-12) và phương trình (8-14) ta sẽ rút ra hệ r phương trình đại số tuyến tính đối xứng ghi trong bảng 8-1 để tìm trị số T_{kH} với sự chú ý tới các phương trình (8-13) và các trị số EM_x^0 ghi trong bảng 8-2. Theo định luật đối xứng thì $\delta_{jk} = \delta_{kj}$, nếu các hệ số ở bên dưới được chiếu chỉnh của bảng 8-1, không cần tính. Các hệ số phụ thuộc vào đặc tính hình học, δ_{jk} sẽ được liệt kê các δ_{jk} sau đây:

$$\left. \begin{aligned}
 \delta_{kk} &= \frac{1}{\Sigma J} + \frac{1}{F_k} + \frac{1}{F_{k+1}} + \frac{hb^3}{12J_k H^2}; \quad (k = 1, 2, \dots, r) \\
 \delta_{k,k+1} &= \frac{l_{k+1}}{\Sigma J} - \frac{1}{F_{k+1}}; \quad [k = 1, 2, \dots, (r-1)] \\
 \delta_{ks} &= \frac{l_k l_s}{\Sigma J}; \quad [k = 1, 2, \dots, (r-2); s = (k+2), \dots, r]
 \end{aligned} \right\} \quad (8-15)$$

Bảng 8-1

Các hệ số của hệ phương trình lực cắt khi các trường ngang không đối xứng và có số hàng lỗ cửa r tùy ý

Hàng lỗ cửa	Các hệ số ứng với lực cắt							Các số hạng tự do
	T_{1H}	T_{2H}	T_{k-1H}	T_{kH}	T_{k+1H}	T_{r-1H}	T_{rH}	
1	δ_{11}	δ_{12}	δ_{1k-1}	δ_{1k}	δ_{1k+1}	δ_{1r-1}	δ_{1r}	$-\Delta_{1P}$
2		δ_{22}	δ_{2k-1}	δ_{2k}	δ_{2k+1}	δ_{2r-1}	δ_{2r}	$-\Delta_{2P}$
($k-1$)			$\delta_{k-1, k-1}$	$\delta_{k-1, k}$	$\delta_{k-1, k+1}$	$\delta_{k-1, r-1}$	$\delta_{k-1, r}$	$-\Delta_{k-1, P}$
k				δ_{kk}	$\delta_{k, k+1}$	$\delta_{k, r-1}$	δ_{kr}	$-\Delta_{kP}$
($k+1$)					$\delta_{k+1, k+1}$	$\delta_{k+1, r-1}$	$\delta_{k+1, r}$	$-\Delta_{k+1, P}$
($r-1$)						$\delta_{r-1, r-1}$	$\delta_{r-1, r}$	$-\Delta_{r-1, P}$
r							δ_{rr}	$-\Delta_{rP}$

Bảng 8-2

Tham số S , mômen M_H^0 do ngoại tải tại mép dưới của trường và tích của chúng ứng với các trường hợp tải trọng nằm ngang cần xét

Sơ đồ tải trọng	Các đại lượng			
S	0,750	0,780	0,825	1,000
M_H^0	$\frac{\omega H^2}{2}$	$\frac{5\omega H^2}{12}$	$\frac{\omega H^2}{3}$	PH
SM_H^0	$0,375\omega H^2$	$0,325\omega H^2$	$0,275\omega H^2$	PH

Các số hạng tự do⁽¹⁾ tính theo biểu thức

$$\Delta_{kP} = S \frac{l_k}{\sum I} M_H^0, \quad (k = 1, 2, \dots, r) \quad (8-16)$$

1. Các số hạng tự do thực chất là các thành phần chuyển vị do tải trọng (NBT).

trong đó S — tham số không thứ nguyên, phụ thuộc vào dạng tải trọng nằm ngang, tại mép dưới của tường $x = H$.

Đối với các trường hợp tải trọng cần tính toán, các trị số S , M_{II}^0 và tích số của chúng được cho trong bảng 8-2.

Về mặt hình thức các hệ số của phương trình, δ và Δ có thể mang ý nghĩa là các trị số bởi E lần đại lượng chuyển vị trong ứng, do các lực cắt và tải trọng gây ra.

Để giải hệ phương trình có thể dùng phương pháp khử của Gauß hoặc Cramers.

Nếu tường cần tính là đối xứng thì bài toán được đơn giản hóa một cách đáng kể, trong đó số lượng các ẩn số sẽ giảm đi một nửa.

Trong trường hợp có các hàng lỗ cửa là số chẵn thì ma trận hệ số có dạng như ở bảng 8-3 (với $r = 6$). Trong trường hợp có các hàng lỗ cửa là số lẻ thì dạng ma trận hệ số như ở bảng 8-4 (với $r = 5$).

Bảng 8-3

Các hệ số của hệ phương trình lực cắt khi các tường ngang đối xứng và có số hàng lỗ cửa r chẵn (ví dụ $r = 6$)

Hàng lỗ cửa	Các hệ số ứng với lực cắt			Các số hạng tự do
	T_{11}	T_{21}	T_{31}	
1	$\delta_{11} + \delta_{16}$	$\delta_{12} + \delta_{15}$	$\delta_{13} + \delta_{14}$	$-\Delta_{1p}$
2		$\delta_{22} + \delta_{25}$	$\delta_{23} + \delta_{24}$	$-\Delta_{2p}$
3			$\delta_{33} + \delta_{34}$	$-\Delta_{3p}$

Bảng 8-4

Các hệ số của hệ phương trình lực cắt khi các tường ngang đối xứng và có số hàng lỗ cửa r lẻ (ví dụ $r = 5$)

Hàng lỗ cửa	Các hệ số ứng với lực cắt			Các số hạng tự do
	T_{11}	T_{21}	T_{31}	
1	$\delta_{11} + \delta_{15}$	$\delta_{12} + \delta_{14}$	δ_{13}	$-\Delta_{1p}$
2		$\delta_{22} + \delta_{24}$	δ_{23}	$-\Delta_{2p}$
3			$\frac{\delta_{33}}{2}$	$-\Delta_{3p}$

Để cuối cùng có được trường hợp ma trận đối xứng, ta chia đôi phương trình tương ứng với liên kết dọc theo mặt đối xứng của trường. Đối với trường có số hàng lỗ cửa r tùy ý thì nghiệm của hệ phương trình như ở bảng 8-1 chỉ có thể viết dưới dạng ma trận. Đối với các trường có một hàng lỗ cửa (h. 8-4a) thì chỉ số $k=1$ có thể bỏ đi một cách dễ dàng và

$$T_{11} = \frac{S \frac{l}{\Sigma J} M_H^0}{\frac{l^2}{\Sigma J} + \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} + \frac{b_1^3 h}{4J_{d1} H^2}} \quad (8-17)$$

Đối với các trường có hai hàng lỗ cửa (h. 8-4b) ta có:

$$\left. \begin{aligned} \delta_{11} &= \frac{l_1^2}{\Sigma J} + \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} + \frac{b_1^3 h}{4J_{d1} H^2}; \\ \delta_{12} &= \frac{l_1 l_2}{\Sigma J} - \frac{1}{F_2}; \\ \delta_{22} &= \frac{l_2^2}{\Sigma J} + \frac{1}{F_2} + \frac{1}{F_3} + \frac{b_2^3 h}{4J_{d2} H^2}; \\ \Delta_{1p} &= S \frac{l_1}{\Sigma J} M_H^0; \quad \Delta_{2p} = S \frac{l_2}{\Sigma J} M_H^0. \end{aligned} \right\} \quad (8-18)$$

Đối với E lần đại lượng chuyển vị, lời giải lực cắt sẽ là:

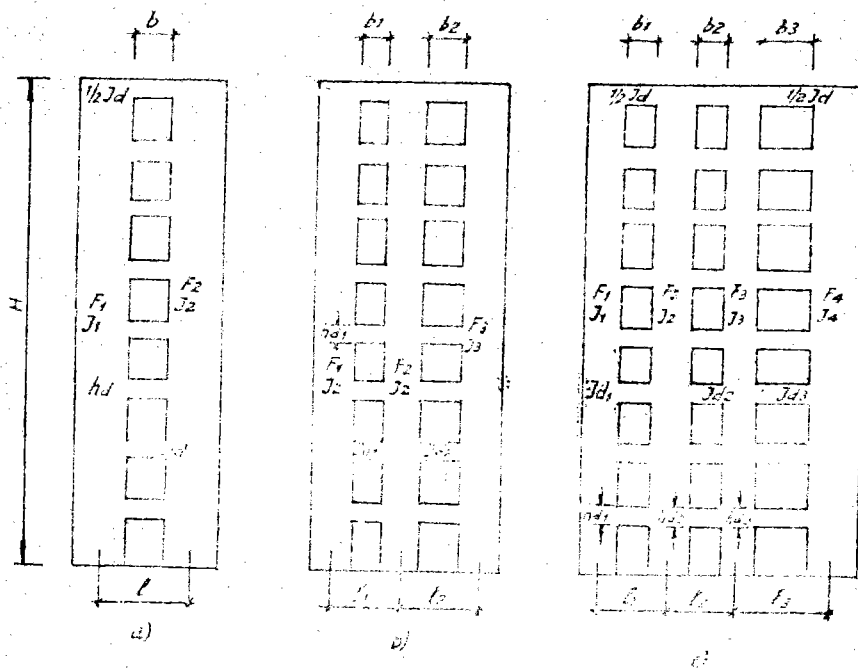
$$\left. \begin{aligned} T_{1H} &= \frac{-\delta_{22} \Delta_{1p} + \delta_{12} \Delta_{2p}}{\delta_{11} \delta_{22} - \delta_{12}^2}; \\ T_{2H} &= \frac{-\delta_{11} \Delta_{2p} + \delta_{12} \Delta_{1p}}{\delta_{11} \delta_{22} - \delta_{12}^2}. \end{aligned} \right\} \quad (8-19)$$

Đối với các trường có ba hàng lỗ cửa (h. 8-4c), ngoài các đại lượng chuyển vị ở biểu thức (8-18) còn có các đại lượng chuyển vị sau đây:

$$\left. \begin{aligned} \delta_{13} &= \frac{l_1 l_3}{\Sigma J}; \\ \delta_{23} &= \frac{l_2 l_3}{\Sigma J} - \frac{1}{F_3}; \\ \delta_{33} &= \frac{l_3^2}{\Sigma J} + \frac{1}{F_3} + \frac{1}{F_4} + \frac{hb_3^3}{4J_{d3} H^2}; \\ -\Delta_{3p} &= S \frac{l_3}{\Sigma J} M_H^0. \end{aligned} \right\} \quad (8-20)$$

Cách giải hệ phương trình lực cắt trong ứng theo quy tắc của Cramer là có :

$$\left. \begin{aligned} T_{1H} &= \frac{(\delta_{23}^2 - \delta_{22}\delta_{33})\Delta_{1P} + (\delta_{12}\delta_{33} - \delta_{13}\delta_{23})\Delta_{2P} + (\delta_{13}\delta_{12} - \delta_{12}\delta_{23})\Delta_{3P}}{\delta_{11}\delta_{22}\delta_{33} + \delta_{12}\delta_{23}\delta_{13} + \delta_{12}\delta_{13}\delta_{23} - \delta_{11}\delta_{23}^2 - \delta_{22}\delta_{13}^2 - \delta_{33}\delta_{12}^2} \\ T_{2H} &= \frac{(-\delta_{13}\delta_{23} + \delta_{12}\delta_{33})\Delta_{1P} + (-\delta_{11}\delta_{33} + \delta_{13}^2)\Delta_{2P} + (-\delta_{12}\delta_{13} + \delta_{11}\delta_{23})\Delta_{3P}}{\delta_{11}\delta_{22}\delta_{33} + \delta_{12}\delta_{23}\delta_{13} + \delta_{12}\delta_{13}\delta_{23} - \delta_{11}\delta_{23}^2 - \delta_{22}\delta_{13}^2 - \delta_{33}\delta_{12}^2} \\ T_{3H} &= \frac{(-\delta_{12}\delta_{23} + \delta_{13}\delta_{22})\Delta_{1P} + (-\delta_{12}\delta_{13} + \delta_{11}\delta_{23})\Delta_{2P} + (-\delta_{11}\delta_{22} + \delta_{12}^2)\Delta_{3P}}{\delta_{11}\delta_{22}\delta_{33} + \delta_{12}\delta_{23}\delta_{13} + \delta_{12}\delta_{13}\delta_{23} - \delta_{11}\delta_{23}^2 - \delta_{22}\delta_{13}^2 - \delta_{33}\delta_{12}^2} \end{aligned} \right\} (8-21)$$



Hình 8-4. Trường ngang chịu tải trong gió với các hàng lỗ cửa:
a) một hàng ; b) hai hàng ; c) ba hàng

Khi tính toán, tốt nhất là tất cả các đại lượng lấy theo hệ đơn vị m/l . Trị số δ sẽ có thứ nguyên $1/m^2$ và Δ có thứ nguyên l/m^2 .

Các lực cắt sẽ tỷ lệ với các số hạng tự do, và các số hạng này sẽ tỷ lệ với tích $S M_n^0$ [phương trình (8-16)].

Đối với các trường cao, thông qua cách xử lý chính xác là thay tải trọng gió phân bố hình thang bằng tải trọng phân bố đều, khi đó lực cắt của dầm sẽ giảm đi

$$\frac{0,375 - 0,325}{0,375} > 100 = 13\%$$

3. Nội lực

Sau khi tính được các trị số T_{KH} bằng cách giải hệ phương trình tương ứng trong các bảng từ (8-1) đến (8-3), hoặc bằng cách định trị các lời giải cuối

cùng theo các biểu thức (8-17), (8-19) hoặc (8-21), các lực cắt sẽ được xác định theo biểu thức (8-9). Lực cắt của các dầm giữa sẽ được tính theo biểu thức.

$$Q_k = T_k h \quad (k = 1, 2, \dots, r) \quad (8-22)$$

và của dầm trên cùng:

$$Q_{k0} = \frac{1}{2} T_k h \quad (k = 1, 2, \dots, r) \quad (8-23)$$

trong đó h — chiều cao của tầng.

Mômen ngàm của các dầm giữa tính theo biểu thức

$$\bar{M}_k = \frac{1}{2} Q_k b_k \quad (k = 1, 2, \dots, r) \quad (8-24)$$

và của dầm trên cùng:

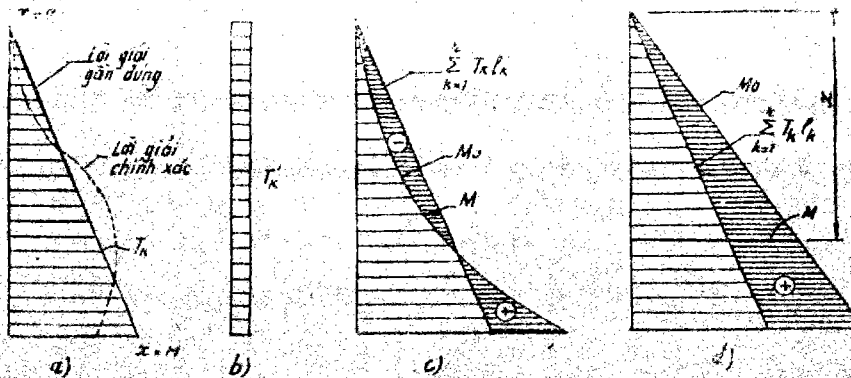
$$\bar{M}_{k0} = \frac{1}{2} Q_{k0} b_k \quad (k = 1, 2, \dots, r) \quad (8-25)$$

trong đó b_k — chiều rộng hàng lỗ của k .

Các lực dọc và mômen uốn của các mảng tường (h. 8-3) tính theo các phương trình (8-5) và (8-6). Lực dọc N_0 tại mép trên của mảng tường ($x = 0$) sẽ bằng không ($N_0 = 0$) và lớn dần xuống dưới theo quy luật đường thẳng, đạt tới trị số lớn nhất N_{KH} tại mép dưới của tường ($x = H$).

Mômen uốn tại mép trên của mảng tường bằng không và biến đổi suốt chiều cao tường theo đường parabol bậc hai (ứng với tải trọng nằm ngang phân bố đều), theo đường parabol bậc ba (ứng với tải trọng nằm ngang hình thang và tam giác), hoặc theo đường thẳng (ứng với tải trọng nằm ngang tập trung).

Biểu đồ nội lực như ở hình 8-5.



Hình 8-5. Biểu đồ nội lực: a) lực cắt; b) lực cắt phân bố; c) tổng mômen cho ba trường hợp tải trọng nằm ngang (phân bố đều, phân bố hình thang và phân bố tam giác); d) tổng mômen cho trường hợp tải trọng nằm ngang.

4. Độ võng

Khi nhà có nhiều tầng chịu tải trọng gió thì cần phải phân phối tải trọng gió cho từng tầng một tỷ lệ theo độ cứng, tức là tỷ lệ theo độ võng ngang của nó. Khi tính toán tường chịu tải trọng động đất cũng vậy. Do đó trong từng trường hợp cụ thể đều cần phải tính độ võng ngang của tường.

Độ võng ngang ở mép trên của tường có thể tính toán theo hệ cơ bản (h. 8-2a) dưới tác dụng của tải trọng nằm ngang và của các lực cắt (h. 8-6). Độ

vồng này bao gồm thành phần biến dạng của tường và của móng :

$$\Delta_0 = \Delta_t + \Delta_m. \quad (8-26)$$

Thành phần biến dạng của tường trong độ vồng ngang ở mép trên của tường có thể tìm một cách dễ dàng theo cách giải của Green cho một dầm công-xon phân chia :

$$\Delta_t = \left. \begin{aligned} & \frac{H^2}{E\Sigma J} \left(\frac{\omega H^2}{8} - \frac{1}{3} \sum_{k=1}^r T_{kH} l_k \right); \quad (a) \\ & \frac{H^2}{E\Sigma J} \left(\frac{13\omega H^2}{120} - \frac{1}{3} \sum_{k=1}^r T_{kH} l_k \right); \quad (b) \\ & \frac{H^2}{E\Sigma J} \left(\frac{11\omega H^2}{120} - \frac{1}{3} \sum_{k=1}^r T_{kH} l_k \right); \quad (c) \\ & \frac{H^2}{E\Sigma J} \left(\frac{PII}{3} - \frac{1}{3} \sum_{k=1}^r T_{kH} l_k \right). \quad (d) \end{aligned} \right\} \quad (8-27)$$

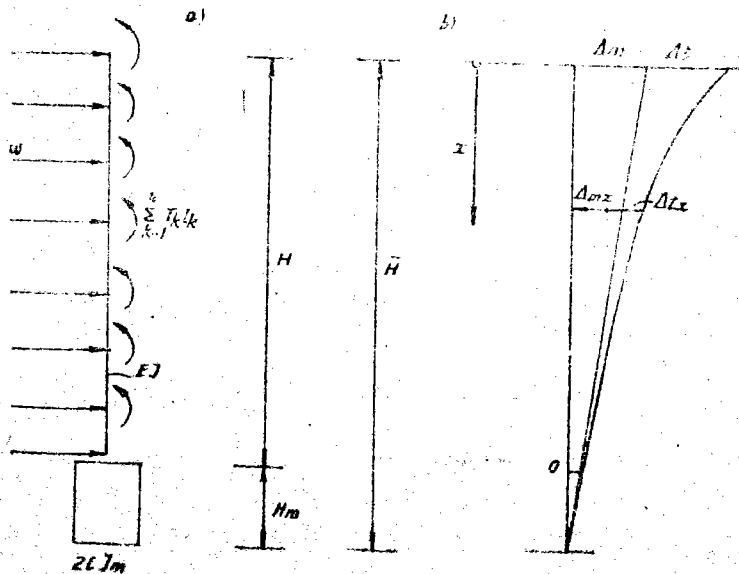
Thành phần biến dạng của móng tính theo biểu thức

$$\Delta_m = \frac{M_H^0 \bar{H}}{cJ_m}, \quad (8-28)$$

trong đó M_H^0 — mômen ngoại lực tại đế móng $x = H$;

c — hệ số nền khi nén trung tâm;

J_m — mômen quán tính của đế móng.



Hình 8-6. Các lực tác dụng lên hệ cơ bản của tường (a) và đường độ vồng (b).

Nếu không có tài liệu chính xác thì trị số của hệ số nền c có thể lấy trong sổ tay tính toán hoặc tính theo biểu thức (2-10).

Đường đàn hồi của tường là đường parabol bậc bốn (ứng với tải trọng nằm ngang phân bố đều), hoặc đường parabol bậc năm (ứng với tải trọng nằm ngang hình thang và tam giác), hoặc đường parabol bậc ba (ứng với tải trọng nằm ngang tập trung).

5. So sánh kết quả tính toán

Chọn trị số T_H của lực cắt tại điểm $x = H$, tức là tổng lực cắt của toàn bộ các dầm của hàng lỗ cửa đang xét làm đại lượng để so sánh.

Khi tính tường của một nhà 24 tầng có một hàng lỗ cửa bố trí đối xứng, chịu tải trọng nằm ngang phân bố hình thang, với các số liệu cho trước: $h = 3,5 \text{ m}$; $H = 91,00 \text{ m}$; $b = 2,95 \text{ m}$; $l = 11,35 \text{ m}$; $F_1 = F_2 = 8,76 \text{ m}^2$; $J_1 = J_2 = 32,0 \text{ m}^4$; $\Sigma J = 64,00 \text{ m}^4$; $J_0 = 0,163 \text{ m}^4$ và $M_H = 24291 \text{ tm}$, ta nhận được:

- đối với lời giải chính xác: $T_H = 1749t$;
- đối với lời giải gần đúng [theo biểu thức (8-17)]:

$$T_H = 1489t.$$

Như vậy sai số của lời giải gần đúng so với lời giải chính xác là:

$$\frac{1489 - 1749}{1749} \cdot 100 = -15\%.$$

Khi tính tường của một nhà 17 tầng có hai hàng lỗ cửa bố trí đối xứng, chịu tải trọng nằm ngang phân bố tam giác, với các số liệu cho trước: $h = 2,72 \text{ m}$; $H = 46,24 \text{ m}$; $b_1 = b_2 = 0,90 \text{ m}$; $l_1 = l_2 = 2,775 \text{ m}$; $F_1 = F_3 = 0,113 \text{ m}^2$; $F_2 = 0,150 \text{ m}^2$; $J_1 = J_3 = 0,00527 \text{ m}^4$; $J_2 = 0,3375 \text{ m}^4$; $\Sigma J = 0,348 \text{ m}^4$; $J_{d1} = J_{d2} = 0,3038 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$ và $M_H = 328 \text{ tm}$, ta nhận được:

- đối với lời giải chính xác: $T_H = 34,5t$;
- đối với lời giải gần đúng [theo biểu thức (8-19)]:

$$\delta_{11} = \delta_{22} = 40,82; \delta_{12} = 19,90; \Delta_{1P} = \Delta_{2P} = -2158;$$

$$T_{1H} = T_{2H} = -\frac{\Delta_{1P}}{\delta_{11} + \delta_{12}} = 35,5t.$$

Như vậy sai số của lời giải gần đúng so với lời giải chính xác là:

$$\frac{35,5 - 34,5}{34,5} \cdot 100 = +3\%.$$

Xét tính chất siêu tĩnh bậc cao của tường đang xét và toàn bộ kết cấu chịu lực thì độ chính xác của phương pháp gần đúng là đạt yêu cầu.

6. Ví dụ tính toán

Ví dụ 8-1. Tính một bức tường có ba hàng lỗ cửa bố trí không đối xứng, chịu tải trọng nằm ngang phân bố đều. Các số liệu cho trước: $h = 2,8 \text{ m}$; $H = 51,8 \text{ m}$; $b_1 = b_2 = b_3 = 0,87 \text{ m}$; $l_1 = 2,54 \text{ m}$; $l_2 = 2,51 \text{ m}$; $l_3 = 3,40 \text{ m}$; $F_1 = 0,315 \text{ m}^2$; $F_2 = 0,187 \text{ m}^2$; $F_3 = 0,308 \text{ m}^2$; $F_4 = 0,450 \text{ m}^2$; $J_1 = 0,116 \text{ m}^4$; $J_2 = 0,0243 \text{ m}^4$; $J_3 = 0,108 \text{ m}^4$; $J_4 = 0,337 \text{ m}^4$; $\Sigma J = 0,585 \text{ m}^4$; $J_d = 0,00588 \text{ m}^4$ và $\omega = 1 \text{ t/m}$.

Tính các hệ số và các số hạng tự do trong hệ phương trình lực cắt theo các biểu thức (8-15) và (8-16). Ta được:

$$\delta_{11} = 19,67; \delta_{12} = 5,56; \delta_{13} = 14,77; \delta_{22} = 19,49; \delta_{23} = 11,33; \delta_{33} = 25,35; \\ -\Delta_{1p} = 4369; -\Delta_{2p} = 4317 \text{ và } -\Delta_{3p} = 5848.$$

Cách giải hệ phương trình lực cắt (xem bảng 8-1) được tính bằng phép thử của Gauss hoặc tính bằng biểu thức (8-21). Ta được kết quả: $T_{1H} = 98,7t$; $T_{2H} = 125,2t$ và $T_{3H} = 117,2t$.

Tính các lực cắt phản bố theo biểu thức (8-9):

$$T_1 = 1,91 t/m; T_2 = 2,42 t/m \text{ và } T_3 = 2,26 t/m.$$

Tổng mômen tại mép dưới của tường ($x = H$) tính theo phương trình (8-4) được

$$M_H = 378 tm.$$

Thành phần biến dạng của tường trong tổng độ võng ngang ở mép trên của tường tính theo biểu thức (8-27a) với $E = 2,1 \cdot 10^6 t/m^2$ (bê tông cốt thép) được $\Delta_t = 0,031 m$.

Vi dụ 8-5. Tính một bức tường có bảy hàng lỗ cửa bố trí không đối xứng, chịu tải trọng nằm ngang phân bố tam giác. Các số liệu cho trước: $h = 2,72m$; $H = 10,88m$; $b_1 = b_2 = b_3 = b_4 = b_5 = b_6 = b_7 = 1,10m$; $l_1 = 5,16m$; $l_2 = 6,38m$; $l_3 = 5,96m$; $l_4 = 5,96m$; $l_5 = 5,18m$; $l_6 = 3,34m$; $l_7 = 2,92m$; $\Sigma J = 6,581 m^4$; $J_a = 0,52 \cdot 10^{-4} m^4$ và $M_{11}^0 = 1270 tm$.

Hệ phương trình lực cắt và nghiệm của nó được ghi trong bảng 8-5.

Bảng 8-5

Trị số các hệ số và lực cắt tính được (ứng với vi dụ 8-2)

Hàng lỗ cửa	Các hệ số ứng với lực cắt							Các số hạng tự do
	T_{1H}	T_{2H}	T_{3H}	T_{4H}	T_{5H}	T_{6H}	T_{7H}	
1	142,344	3,453	4,577	4,577	3,978	2,566	2,243	204,672
2		142,922	4,162	5,775	5,019	3,236	2,829	1015,270
3			142,388	3,705	4,693	3,026	2,646	949,262
4				143,258	2,212	3,026	2,646	949,262
5					141,851	0,148	2,298	824,579
6						143,476	4,138	522,257
7							143,926	465,201
	4,88	6,28	5,89	5,65	5,12	3,31	2,83	

Các hệ số nằm trên đường chéo chính lớn hơn các hệ số khác, cho nên đáng lẽ dùng phép khử của Gauß nhưng ta có thể áp dụng phương pháp gần đúng.

Tổng mômen tại mép dưới của tường tính theo biểu thức (8-4):

$$M_H = 1270 - (4,88 \cdot 5,06 + 6,28 \cdot 6,38 + 5,89 \cdot 5,96 + 5,63 \cdot 5,96 + 5,12 \cdot 5,18 + 3,31 \cdot 3,34 + 2,38 \cdot 2,82) = 1091tm.$$

Mômen uốn của các mảng tường sẽ bằng:

$$M_{1H} = M_{8H} = 26,52tm; M_{2H} = 316,8tm; M_{3H} = M_{5H} = 227,78tm; \\ M_{4H} = 197,44tm; M_{6H} = 62,83tm; M_{7H} = 5,30tm.$$

Trong thực tế người ta tiến hành tính toán rất dễ dàng và thuận tiện theo phương pháp gần đúng, vì chỉ thực hiện các phép tính đại số thông thường. Do đó trong các viện thiết kế ở một số nước châu Âu người ta sử dụng rộng rãi phương pháp này để thiết kế nhà nhiều tầng.

§9. NHẬN XÉT VỀ CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN TÍNH LỰC CÁC TƯỜNG NGANG CHỊU TÁC DỤNG CỦA TẢI TRỌNG NẪM NGANG

1. Đặt vấn đề

Việc tính toán, nghiên cứu và quan trắc ứng suất của các tường ngang trong nhà nhiều tầng khi chịu tải trọng nằm ngang (của gió) đã được nhiều tác giả công bố trong nhiều bài viết.

Về phương pháp tính toán, đã có nhiều phương pháp khác nhau đưa ra nhưng đều dựa trên giả thiết tương tự nhau. Giả thiết đó là việc thay các dầm bằng một dải tương đương với một chiều dày tường mỏng hơn, hoặc với một trị số môđun đàn hồi nhỏ hơn. Arcan đã làm thí nghiệm và quan trắc ứng suất đi đến kết luận là giả thiết này vẫn đúng cả cho một mảng tường có những hàng lỗ cửa không nằm đúng trục tường. Trong các bản thuyết trình của tất cả các phương pháp tính toán đều nêu lên rằng: chẳng những các mảng tường có một hàng lỗ cửa, bố trí đúng trục, mà cả những mảng tường bố trí không đối xứng có một hàng lỗ cửa hoặc những mảng tường có nhiều hàng lỗ cửa hơn đều có thể tính toán được. Điều đáng tiếc là tất cả các tác giả lúc tính toán đều hạn chế trong các ví dụ của mình và khi thí nghiệm, quan trắc ứng suất chỉ đối với các tường có một hàng lỗ cửa bố trí đúng trục. Ở đây ta sẽ nghiên cứu xác nhận khả năng ứng dụng được các phương pháp tính toán của Rosman, hoặc của các tác giả khác như Beck, Arcan,...) đối với các tường mà các hàng lỗ cửa bố trí không đối xứng, hoặc các tường có nhiều hơn một hàng lỗ cửa.

2. Nhận xét

Ở đây cũng dùng ý kiến của Rosman về một quan niệm gần đúng (phương pháp gần đúng đã nêu ở §7).

Như đã biết, khi tính công biến dạng trong các dầm ta còn chưa đề cập đến ứng suất tiếp do các lực cắt và ứng suất pháp do các lực dọc, cũng như chưa đề cập đến ứng suất tiếp sinh ra trong các tường bộ phận do các lực cắt sinh ra.

Trong mảng trường tương đương, ta thay thế mảng trường liên kết giữa hai trường bộ phận đó bằng một dầm ngang thì sẽ xuất hiện ở giữa dầm ngang đó một hàm số lực cắt chưa xác định như Rosman đã chọn ở biểu thức (7-24):

$$T(x) = \sum a_i \sin \frac{i\pi x}{2H} \quad (9-1)$$

Với trị số của đạo hàm $T'(x)$, ứng suất trong các dầm tại điểm x_k/y_k theo ký hiệu ở các hình vẽ trên sẽ là:

$$\sigma_k = \frac{T'_{xk}}{J_d} y_k \quad (9-2)$$

Do đó năng lượng do biến dạng của dầm là:

$$A_d = \frac{d}{2E} \int_0^H \frac{1}{h_2} \int_{-h/2}^{+h/2} \int_{-b/2}^{+b/2} \frac{(T'_{xd} y_d)^2}{J_d} dy_d dx_d dx \quad (9-3)$$

Do đó:

$$A_d = \frac{1}{2E} \int_0^H \frac{hb^3}{12J_d} T'^2 dx \quad (9-4)$$

Theo Rosman, do điều kiện cân bằng độ võng của các trường bộ phận, tại vị trí x của trường bộ phận 1 (lên trái) có mômen (theo biểu thức (7-12)):

$$M_1 = (\omega x^2 - Tl) \frac{J_1}{J_1 + J_2} \quad (9-5)$$

Ứng suất tại điểm (x/y_1) là:

$$\sigma_1 = \frac{(\omega x^2 - Tl) y_1}{J_1 + J_2} + \frac{T}{F_1} \quad (9-6)$$

Do đó năng lượng biến dạng của trường bộ phận 1 là:

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{d}{2E} \int_0^H \int_{-d_1/2}^{+d_1/2} \left[\frac{(\omega x^2 - Tl) J_1}{J_1 + J_2} + \frac{T}{F_1} \right]^2 dy_1 dx = \\ &= \frac{1}{2E} \int_0^H \left[\left(\frac{\omega x^2 - Tl}{J_1 + J_2} \right)^2 J_1 + \frac{(\omega x^2 - Tl) T d_1}{(J_1 + J_2)^2} + \frac{T^2}{F_1} \right] dx \quad (9-7) \end{aligned}$$

Tương tự đối với trường bộ phận 2 (bên phải):

$$M_2 = (\omega x^2 - Tl) \frac{J_2}{J_1 + J_2}; \quad (9-8)$$

$$\sigma_2 = \frac{(\omega x^2 - Tl) y_2}{J_1 + J_2} - \frac{T}{F_2}; \quad (9-9)$$

$$A_2 = \frac{1}{2E} \int_0^H \left[\left(\frac{\omega x^2 - Tl}{J_1 + J_2} \right)^2 J_2 - \frac{(\omega x^2 - Tl) T d_2}{(J_1 + J_2)^4} + \frac{T^2}{F_2} \right] dx. \quad (9-10)$$

Tổng hợp các phương trình (9-4), (9-7) và (9-10) ta tính được công biến dạng của toàn bộ mảng tường như sau:

$$A = \frac{1}{2E} \int_0^H \left[\frac{b^3 h}{12J_3} T^2 + \frac{(\omega x^2 - Tl)^2}{J_1 + J_2} + \frac{(\omega x^2 - Tl)(d_1 - d_2)T}{(J_1 + J_2)^3} + \left(\frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} \right) T^2 \right] dx. \quad (9-11)$$

Nếu không kể đến số hạng thứ ba thì biểu thức (9-11) thống nhất với biểu thức (7-18) về công biến dạng do Rosman nghiên cứu.

Trong phương trình (9-11) số hạng thứ nhất biểu thị biến dạng do uốn của dầm, số hạng thứ hai và thứ ba biểu thị biến dạng do uốn của các tường bộ phận và số hạng thứ tư biểu thị biến dạng do lực dọc của tường bộ phận.

Đối với các tường đối xứng ($d_1 = d_2$) thì số hạng thứ ba trong phương trình (9-11) sẽ không có (triệt tiêu). Ngoài ra còn $M_1 = M_2$, tức là chỉ đối với các tường đối xứng thì hàm T mới thực sự phát sinh ở giữa dầm. Bởi vì các cận tích phân của phương trình (9-3) đã đặt với điều kiện là T phát sinh ở giữa dầm, cho nên phương trình (9-11) với sự bỏ qua đã nói ở trên, đối với các tường đối xứng là lời giải đúng.

Khi áp dụng phương pháp lực vào các tường đối xứng ($d_1 = d_2$) thì mômen uốn và lực dọc tại điểm giữa các dầm ngang bằng không (trường hợp tải trọng nằm ngang phân bố đều trên các tường bộ phận, trường hợp khác thì các lực dọc là đại lượng tĩnh định). Chính điều này đã xác nhận lời giải đúng.

Đối với tường không đối xứng thì vị trí của điểm mômen bằng không của dầm là chưa biết. Sự phân phối tải trọng theo các phương trình (9-5) và (9-8) chỉ phù hợp với vị trí của hàm số T ban đầu đã giả thiết là ở giữa dầm tại điểm mômen bằng không. Còn đối với số hạng đầu của phương trình (9-11) ta đã lấy tích phân với cận từ $-b/2$ đến $+b/2$, tức là cả chiều dài của dầm. Điều đó dẫn đến một trị số về công biến dạng sai cho các tường không đối xứng, nghĩa là hàm số T không phát sinh tại các điểm mômen bằng không ở giữa. Chính điều đó dẫn đến yêu cầu là nhất thiết phải xác định mômen siêu tĩnh của dầm.

Các lực dọc siêu tĩnh của dầm có thể bỏ qua được, bởi vì sự phân bố tải trọng đã được thực hiện tương ứng với các phương trình (9-5) và (9-8).

Các biểu thức của Rosman [các phương trình (9-5) và (9-8)] sẽ không cho trị số đúng của mômen ở từng bộ phận đối với các tường không đối xứng.

Phương pháp của Beck dựa trên cơ sở giả thiết tương tự với Rosman, nhưng đã chọn một hàm số khác cho sự biến thiên lực cắt và các dầm trên cùng sẽ có sự xem xét đặc biệt. Trong bài viết của mình, Beck có nêu ra thành phần biến dạng do lực cắt trong các dầm phụ với các thành phần đã được Rosman đề cập tới. Cũng trong bài viết đó Beck đã khẳng định rằng biến dạng do lực cắt của dầm chỉ làm thay đổi nhỏ đến kết quả tính toán do đó có thể bỏ qua.

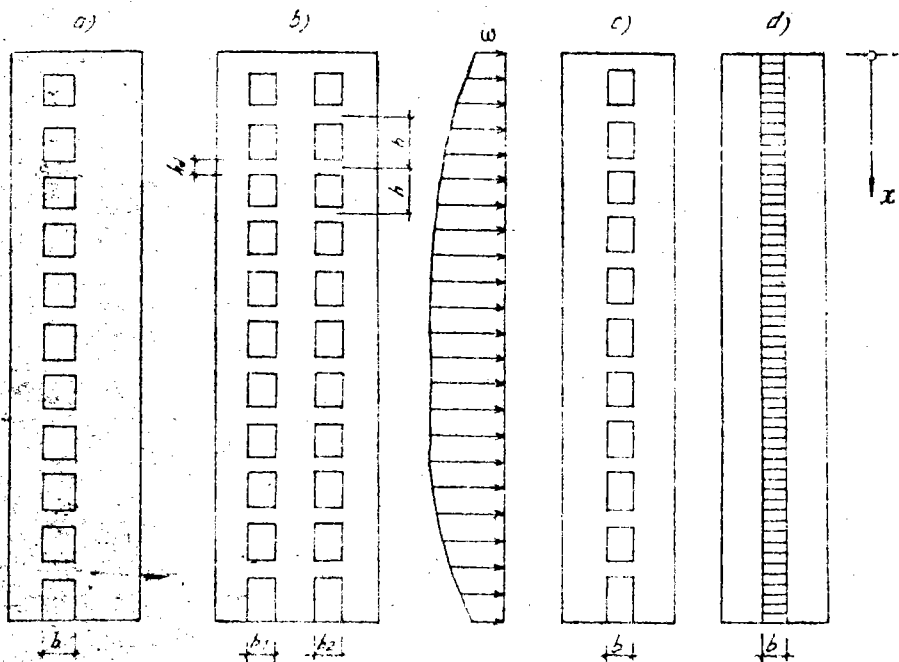
Các chỉ dẫn tiếp theo của Beck đã nêu lên trong những trường nào thì biến dạng do lực dọc của các tầng bộ phận sẽ trở nên quyết định hoặc có thể bỏ qua (không cần chú ý đến). Song các thí nghiệm này chỉ được tiến hành đối với các trường đối xứng. Beck đã nêu trong các bài viết rằng: kể cả lực dọc siêu tĩnh của dầm cũng có thể viết thành một hàm số.

§ 10. CẢI TIẾN PHƯƠNG PHÁP ROSMAN VÀ BECK

1. Đặt vấn đề

Các phương pháp tính toán tĩnh lực trong các trường ngang có một hoặc nhiều hàng lỗ cửa chịu tải trọng nằm ngang (h. 10-1) đã nêu ở trên cho phép xác định được lực cắt trong các dầm với các trị số gần đúng. Tuy vậy trong các phương pháp tính toán này vấn đề xác định mômen cũng chưa được chính xác lắm, nhất là đối với hệ không đối xứng khi lấy điểm mômen bằng không ở chính giữa dầm.

Dựa vào khái niệm về phân bố ứng suất của dầm người ta đề xuất phương pháp gần đúng để xác định điểm mômen bằng không chính xác hơn và điều đó đã cho phép loại trừ được những nhược điểm nói trên.



Hình 10-1. Tường ngang có một hàng lỗ cửa không đối xứng (a), có hai hàng lỗ cửa không đối xứng (b), có một hàng lỗ cửa đối xứng (c) và sơ đồ tính toán trường hợp có một hàng lỗ cửa đối xứng (d).

2. Khái quát về phương pháp Rosman

Trước tiên cần phải trình bày lại về cách làm của Rosman và của Beck trong việc tính toán tĩnh lực nhà nhiều tầng chịu tải trọng nằm ngang.

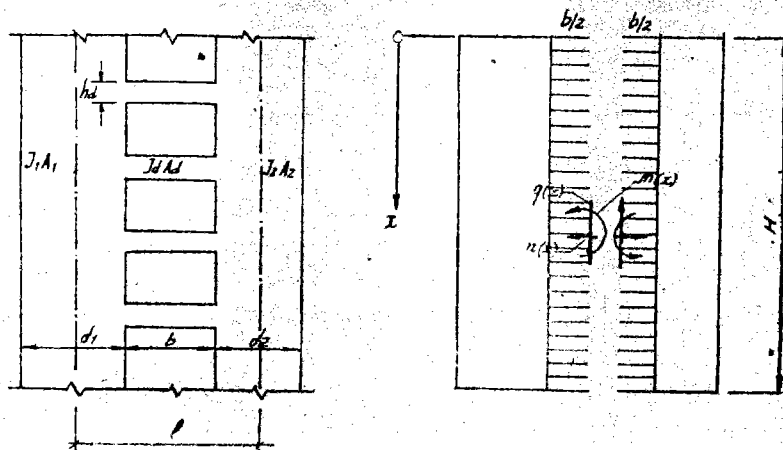
Ta xét một tường cứng có một hàng lỗ cửa không đối xứng (h. 10-1a). Theo từng khoảng cách h có những dầm ngang và theo sự bố trí của các dầm ngang đó được thay vào bằng những dầm lý tưởng phân bố đều. Các dầm lý tưởng này ở hai đầu được xem như ngàm chặt vào trong các tường bộ phận, chúng là hệ siêu tĩnh giảm ước ba lần.

Mômen quán tính giảm ước của các dầm này tính theo đơn vị chiều dài bằng :

$$J_{gr} = \frac{J_d}{h}, \quad (10-1)$$

trong đó J_d — mômen quán tính của dầm ;

h — chiều cao tầng nhà.



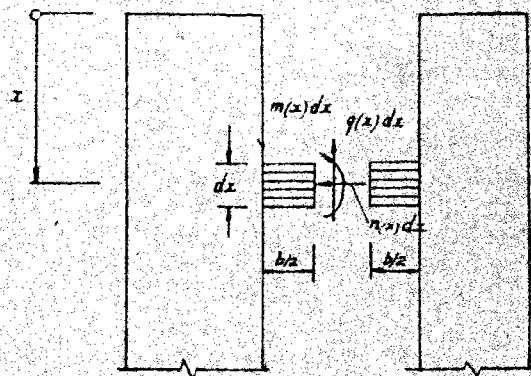
Hình 10-2. Đoạn tường có một hàng lỗ cửa (a) và sơ đồ lực tác dụng tại tiết diện cắt qua điểm giữa dầm (b).

Tại tiết diện cắt qua điểm giữa của dầm sẽ có mômen $m(x)$, lực cắt $q(x)$ và lực dọc $n(x)$ được phân bố trên toàn bộ chiều cao của tiết diện (h. 10-2). Từ ba điều kiện cân bằng đàn hồi ở điểm giữa của dầm người ta rút ra được các phương trình vi phân. Để viết các phương trình vi phân này, chúng ta sẽ xét một phần tử dải băng (dầm) dx cách mép trên của hệ một đoạn x (h. 10-3).

Ở mép dải băng (dầm) sẽ xuất hiện các chuyển vị thẳng tương đối như sau :

1. Chuyển vị do mảng tường bị uốn cong dưới tác dụng của tất cả nội và ngoại lực (h. 10-4a) :

$$EJ_a \delta_1(x) = lEJ_d \frac{dy}{dx}. \quad (10-2a)$$



Hình 10-3. Nội lực tác dụng lên một phần tử dải băng dx cách mép trên một đoạn x .

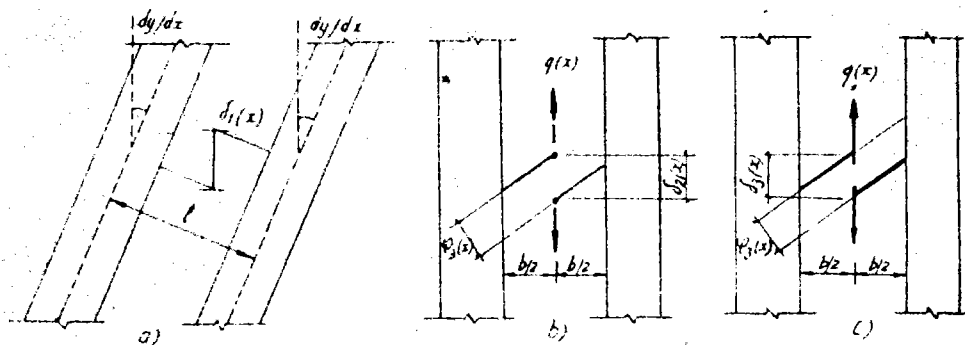
2. Chuyển vị do dầm bị uốn cong dưới tác dụng của lực cắt $q(x)$ (h. 10-1b):

$$EJ_d \delta_2(x) = -\frac{q(x)b^3h}{12} \quad (10-2b)$$

3. Chuyển vị do biến dạng cắt của dầm dưới tác dụng của lực cắt $q(x)$ (h. 10-4c):

$$EJ_d \delta_3(x) = -\frac{EJ_d}{GA_d} q(x)bh, \quad (10-2c)$$

trong đó G —môđun cắt, xác định theo biểu thức (2-2).



Hình 10-4. Biến dạng của mảng tường và của dầm.

4. Chuyển vị do sự giãn nở của mảng tường dưới tác dụng của lực cắt dầm (h. 10-4d):

$$\begin{aligned} EJ_d \delta_4(x) &= -\left(\frac{J_d}{A_1} + \frac{J_d}{A_2}\right) \int_x^H T dx = \\ &= -(\rho_1 + \rho_2) \int_0^H T dx. \end{aligned} \quad (10-2d)$$

Tích phân $T = \int_0^x q(x) dx$ trong phương trình (10-2d) cho ta tổng lực cắt $q(x)$ từ mép trên đến điểm x .

5. Chuyển vị do dầm bị uốn vòng lên dưới tác dụng của mômen uốn $m(x)$ (h. 10-4e):

$$EJ_d \delta_5(x) = \frac{b^2 m(x) h}{8} - \frac{b^2 m(x) h}{8} = 0. \quad (10-2e)$$

Ở trong các tiết diện của dải băng sẽ sinh ra những lực tác dụng tương hỗ ở mép làm cho dầm bị quay. Lực đó bao gồm các phần tương ứng sau đây:

$$\left. \begin{aligned}
 EJ_d \varphi_1(x) &= \frac{dy}{dx} - \frac{dy}{dx} = 0; & (a) \\
 EJ_d \varphi_2(x) &= \frac{hb^2}{8} q(x) - \frac{hb^2}{8} q(x) = 0; & (b) \\
 EJ_d \varphi_3(x) &= \frac{EJ_d}{GA_d} q(x) h - \frac{EJ_d}{GA_d} q(x) h = 0; & (c) \\
 EJ_d \varphi_4(x) &= 0; & (d) \\
 EJ_d \varphi_5(x) &= bhm(x). & (e)
 \end{aligned} \right\} (10-3)$$

Theo điều kiện đàn hồi thì trị số δ và φ phải bằng không. Như vậy ta sẽ được hệ phương trình vi phân sau đây:

$$lEJ_d \frac{dy}{dx} - \frac{q(x) b^3 h}{12} - \frac{EJ_d}{GA_d} hbq(x) - (\rho_1 + \rho_2) \int_x^H T dx = 0; \quad (10-4)$$

$$bhm(x) = 0, \quad (10-5)$$

$$\text{trong đó } \rho_1 = \frac{J_d}{A_1} \quad \text{và } \rho_2 = \frac{J_d}{A_2}. \quad (10-6)$$

Mặt khác, do các tường bộ phận được liên kết liên tục, từ điều kiện đó võng của hai tường bộ phận phải bằng nhau ta sẽ có:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{M_1}{EJ_1} = -\frac{M_2}{EJ_2} = -\frac{M_1 + M_2}{E(J_1 + J_2)} = -\frac{M^o - lT}{E(J_1 + J_2)}, \quad (10-7)$$

trong đó M_1 và M_2 — mômen uốn của các tường bộ phận 1 và 2;
 M^o — mômen do ngoại lực gây ra.

Ở hệ tổng thể thì xem như là dầm côngxon chịu lực. Ta đưa phương trình (10-7) vào phương trình (10-4) và chú ý đến liên hệ giữa $q(x)$ và $y(x)$, sẽ được phương trình vi phân sau đây:

$$\left(\frac{b^3 h}{12} + hb \frac{EJ_d}{GA_d} \right) T'' - \left(\frac{l^2 j_1 j_2}{j_1 + j_2} + \rho_1 + \rho_2 \right) T + \frac{j_1 j_2}{j_1 + j_2} l M^o = 0, \quad (10-8)$$

$$\text{trong đó: } \left. \begin{aligned} j_1 &= \frac{J_d}{J_1}; \\ j_2 &= \frac{J_d}{J_2}. \end{aligned} \right\} (10-9)$$

Để cân bằng tải trọng ω ta có:

$$M^o = \frac{\omega x^2}{2}. \quad (10-10)$$

Phương trình (10-8) có thể viết theo dạng phương trình (7-23):

$$T'' - \lambda^2 T + \beta x^2 = 0, \quad (10-11)$$

$$\left. \begin{aligned}
 \text{trong đó } \lambda^2 &= \left(\frac{l^2 j_1 j_2}{j_1 + j_2} + \rho_1 + \rho_2 \right) \left(\frac{b^3 h}{12} + \frac{EJ_d}{GA_d} bh \right)^{-1}; \\
 \beta &= \frac{l j_1 j_2}{j_1 + j_2} \cdot \frac{\omega}{2} \left(\frac{b^3 h}{12} + \frac{EJ_d}{GA_d} bh \right)^{-1}.
 \end{aligned} \right\} (10-12)$$

Đối với mép trên (tự do) và mép dưới (ngâm), nghĩa là với điều kiện biên như (7-19), (7-20) thì lời giải phương trình (10-11) có thể viết dưới dạng:

$$T = B \sin \lambda x - \frac{2\beta}{\lambda^4} (\cos \lambda x - 1) + \frac{\beta}{\lambda^2} x^2; \quad (10-13)$$

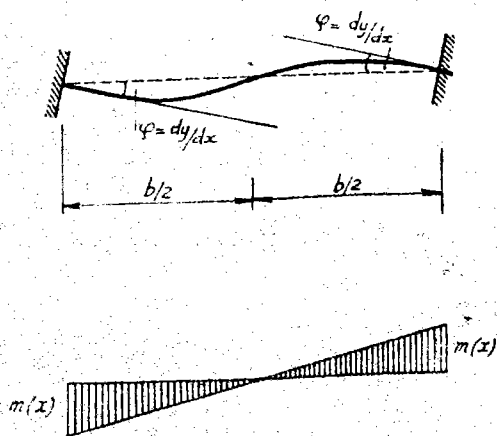
trong đó $B = \frac{1}{\cos \lambda H} \cdot \frac{2\beta}{\lambda^2} \left(\frac{\sin \lambda H}{\lambda} - H \right)$. (10-14)

3. Nhận xét cách giải của phương pháp Rosman

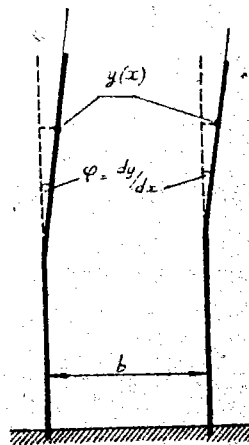
Cần chú ý rằng trong phương pháp phát triển ở trên, khi dẫn đến các phương trình (10-4) và (10-5) đã dùng giả thiết là các tường bộ phận được xem như liên kết liên tục và có sự phụ thuộc lẫn nhau về khả năng chịu lực. Đồng thời cũng giả thiết là các liên kết (các dầm) ngâm chặt vào tường bộ phận. Từ giả thiết đó phương trình (10-5) có thể viết

$$m(x) = 0. \quad (10-15)$$

Biểu thức (10-15) nói lên rằng điểm mômen bằng không của dầm không phụ thuộc vào tỷ lệ độ cứng của các tường bộ phận và luôn luôn nằm ở giữa. Có thể đạt được kết quả đó bằng sự suy luận như sau: Do các tường bộ phận liên kết liên tục và các dầm thì ngâm chặt vào tường bộ phận nên dưới tác dụng của ngoại lực lên hệ, hai điểm đối diện nằm trên mép phía trong của tường bộ phận luôn luôn có góc xoay bằng nhau (h.10-5). Khi góc xoay của hai đầu dầm bắt buộc bằng nhau thì trị số mômen ở hai đầu dầm bằng nhau và điểm mômen bằng không nằm ở giữa dầm (h.10-6). Nhưng thực tế thì các dầm không ngâm chặt vào tường bộ phận mà chỉ là ngâm đàn hồi. Độ đàn hồi của liên kết này lại phụ thuộc độ cứng của tường bộ phận. Khi độ cứng của các tường bộ phận sai khác nhau khá lớn, độ đàn hồi của các liên kết đầu dầm khác nhau lớn, góc xoay và mômen của các điểm đầu dầm khác nhau nhiều và lẽ tự nhiên là điểm mômen bằng không lệch đi chứ không nằm ở giữa dầm nữa. Việc loại trừ sai lệch này là mục đích của cách tính toán thực hành trình bày sau đây.



Hình 10-6. Góc xoay và biểu đồ mômen ở dầm (theo R. Rosman).

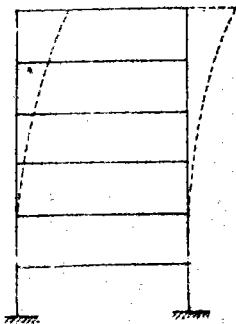


Hình 10-5. Góc xoay của hai điểm đối diện ở mép trong của tường bộ phận.

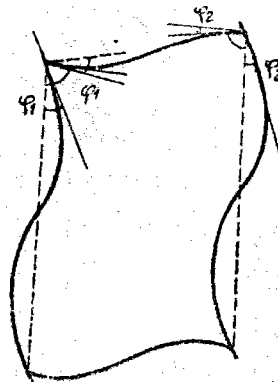
Trong thực tế tính toán yêu cầu cần phải có hệ số thích hợp với những ngàm đàn hồi cho các đầu dầm, do đó phải có những góc xoay ở đầu mút dầm khác nhau, như vậy mới có điều kiện để xác định được sự chuyển dịch của điểm mômen bằng không và tìm được vị trí chính xác của nó.

4. Xác định hệ số đàn hồi của ngàm đàn hồi

Để xác định hệ số đàn hồi của ngàm đàn hồi ở các dầm được ngàm vào các tường bộ phận, chúng ta xét một khung nhà nhiều tầng không đối xứng. Khung đó bị biến dạng do ngoại lực tác dụng gây ra (h.10-7). Ta nối các nút của cột kế tiếp nhau bằng những đoạn thẳng. Như thế ta sẽ được hai đường chịu kéo song song từng đoạn, đường này được xác định bằng các trục tương ứng của các tầng được liên kết liên tục và thỏa mãn với số tầng trong thực tế xây dựng. Tuy nhiên đường chịu kéo đó chỉ có trong các nút của cột tường. Thực tế thì dọc theo cột cũng bị uốn cong và làm cho từng nút bị xoay. Góc xoay này ở hai mép đối diện (φ_1 và φ_2) là khác nhau do sự tương ứng với mômen quán tính của các cột có các trị số khác nhau (h.10-8).



Hình 10-7. Khung không đối xứng bị biến dạng do tác dụng của tải trọng nằm ngang.



Hình 10-8. Góc xoay của hai nút đối diện.

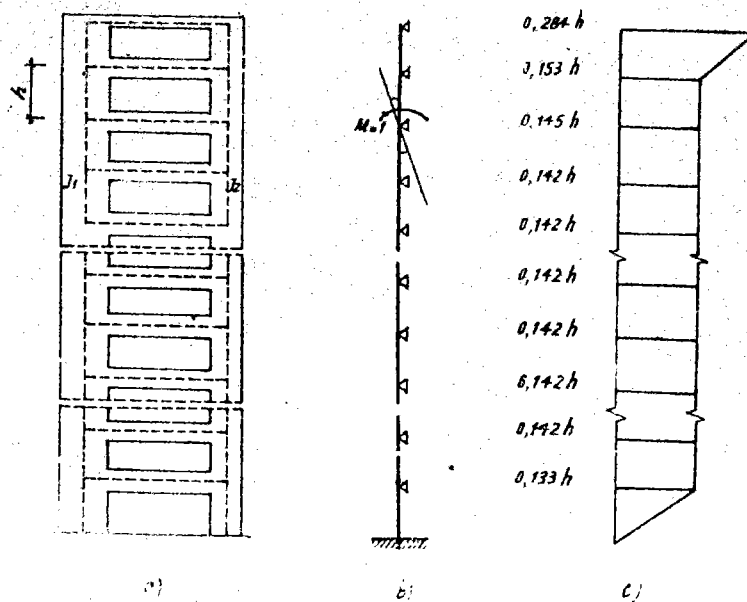
Ở các hình từ 10-5 đến 10-8 các tường bộ phận xem như các cột được liên kết liên tục bởi các dầm ngàm đàn hồi, do đó sẽ xuất hiện các góc xoay φ_1 và φ_2 giống như các dầm bị xoay tạo thành các góc ở nút của khung. Như vậy có thể là hệ số đàn hồi giống như kết quả do sự xoay giữa tường bộ phận và một phần của dầm do mômen bằng đơn vị đặt ở nút của một khung tương ứng, cũng như sự xoay của các cột đối diện đi qua nút có nhiều thanh khi chịu tác dụng của mômen bằng đơn vị ở nút.

Vì trị số độ cứng của tường bộ phận không đổi suốt chiều cao của nhà nên ở đây ta xem tường bộ phận gắn đúng như là dầm liên tục mà các nút ở dầm là các gối tựa (h.10-9b). Góc xoay của tất cả các nút có thể xác định một cách đơn giản nhờ các phương pháp tính toán tĩnh lực trong nhà khung, như phương pháp của Cross.

Như vậy hệ số đàn hồi ở hai đầu của dầm xác định theo các biểu thức sau đây:

$$\psi_1 = \frac{\xi}{EJ_1}; \quad \psi_2 = \frac{\xi}{EJ_2}, \quad (10-16)$$

trong đó ξ — thông số, lấy theo biểu đồ ở hình 10-9c.



Hình 10-9. Hệ thay thế để xác định hệ số đàn hồi:
 a) tường; b) tường được xem như dầm liên tục; c) biểu đồ để xác định thông số ξ .

5. Cải tiến phương pháp Rosman.

Theo các giả thiết về ngàm dầm: hồi giữa các đài bệ và tường bố phân đã nói ở trên ta viết các phương trình (10-2) và (10-3) thành các dạng sau đây:

$$EJ_d \delta_1(x) = lEJ_d \frac{dy}{dx}; \quad (a)$$

$$EJ_d \delta_2(x) = -\frac{q(x)b^3h}{12} - q(x) \frac{b^2}{4} h\xi(j_1 + j_2); \quad (b)$$

$$EJ_d \delta_3(x) = -\frac{EJ_d}{GA_d} q(x)bh; \quad (c)$$

(10-17)

$$EJ_d \delta_4(x) = -(\rho_1 + \rho_2) \int_x^H T(x) dx; \quad (d)$$

$$EJ_d \delta_5(x) = -m(x) \frac{b}{2} h\xi(j_1 + j_2); \quad (e)$$

$$EJ_d \varphi_1(x) = 0; \quad (a)$$

$$EJ_d \varphi_2(x) = hq(x) \frac{b}{2} \xi(j_1 - j_2); \quad (b)$$

$$EJ_d \varphi_3(x) = 0; \quad (c)$$

$$EJ_d \varphi_4(x) = 0; \quad (d)$$

$$EJ_d \varphi_5(x) = bhm(x) + h\xi(j_1 + j_2)m(x); \quad (e)$$

(10-18)

Trước khi chúng ta viết lại điều kiện cân bằng đàn hồi thì cần phải đánh giá một cách hợp lý về ảnh hưởng của các đại lượng mới khi bị biến dạng.

Đại lượng :

$$P_1 = -q(x) \frac{b^2}{4} h \xi (j_1 + j_2) \quad (10-19)$$

ở trong phương trình (10-17b) chỉ một phần rất nhỏ của $q(x)$ gây ra chuyển vị, còn phần lớn

$$P_1' = -q(x) h \left[\left(\frac{b+d_1}{2} \right)^2 j_1 + \left(\frac{b+d_2}{2} \right)^2 j_2 \right] (H-x) \quad (10-20)$$

thì lại ở trong biểu thức (10-17a).

Đối với tiết diện bất lợi ở trong chiều cao của tầng thứ nhất khi $H-x=h$ và $d_1=d_2=b$ hay $j_1=j_2=j$ thì sẽ có :

$$P_1 = 0,066 j q(x) b^2 h^2; \quad (10-21)$$

$$P_1' = -2,000 j q(x) b^2 h^2. \quad (10-22)$$

Chuyển vị lồng thê do $q(x)$ cũng như đại lượng

$$P_2 = - \left(\frac{b^3 h}{12} + \frac{E J_d}{G A_d} b h \right) q(x) \quad (10-23)$$

được thể hiện sự chuyển vị của dầm.

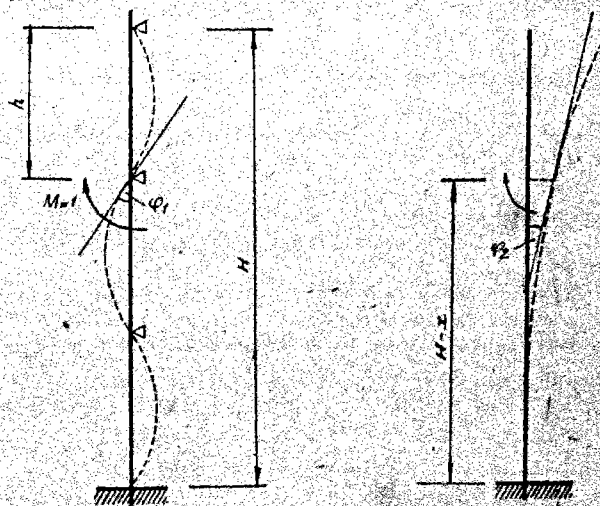
Ta dễ dàng thấy rằng phân lượng chuyển vị do đại lượng P_1 gây ra không vượt quá 3%, do đó có thể bỏ qua.

Về mặt hình học, vấn đề này có thể giải thích như sau : Quan hệ P_1 thể hiện hàm tuyến tính ở một góc xoay của dầm liên tục dưới tác dụng của mômen bằng đơn vị và phần nhỏ đối diện với biểu thức của P_1' thì tỷ lệ với góc xoay của một cánh tay đòn tương đương (h. 10-10).

Từ phương trình cơ bản thấy rằng, cũng có thể bỏ qua đại lượng

$$P_3 = -m(x) \frac{b}{2} h \xi (j_1 + j_2) \quad (10-24)$$

ở trong phương trình (10-17e). Song không được phép bỏ qua các đại lượng mới trong các



Hình 10-10. Giải thích về lực tính khi bỏ qua đại lượng P_1
 $(P_1 = \xi_1 \varphi_1; P_1' = \xi_2 \varphi_2;$
 $\xi_2 > \xi_1; \varphi_2 > \varphi_1 \rightarrow P_1' > P_1).$

phương trình (10-18a, b, c), bởi vì ta đã giả thiết liên kết của mảng tường là liên tục:

$$\varphi_1(x) = 0 \quad (10-25)$$

và các đại lượng mới đó cùng với đại lượng $bhm(x)$ thể hiện toàn bộ góc xoay do $q(x)$ và $m(x)$ ở giữa dầm gây ra.

Theo cách đơn giản này, có thể lấy điều kiện đàn hồi đối với sự chuyển vị và phương trình (10-8) là biểu thức chính xác. Ta có:

$$bhm(x) + h\xi(j_1 + j_2)m(x) + \frac{hb\xi}{2}(j_1 - j_2)q(x). \quad (10-26)$$

Từ biểu thức (10-26) ta có:

$$m(x) = -\frac{b}{2} \cdot \frac{\xi(j_1 - j_2)}{\xi(j_1 + j_2) + b} q(x). \quad (10-27)$$

Từ Điều thức (10-27) có thể xác định được mômen xuất hiện ở điểm giữa của dầm cũng như hàm số tuyến tính của lực cắt phụ.

Như vậy trong dầm điểm có mômen bằng không sẽ có khoảng cách đến điểm giữa của dầm xác định theo biểu thức

$$e_1 = -\frac{b}{2} \cdot \frac{\xi(j_1 - j_2)}{\xi(j_1 + j_2) + b}. \quad (10-28)$$

Cũng vẫn chú ý là, vấn đề cải tiến phương pháp của Rosman và của Beck là để xác định lực $q(x)$. Khi cải tiến đã không biến đổi $q(x)$ nên vẫn dùng biểu đồ tính toán của Rosman.

Sau đây sẽ đưa các ví dụ tính toán để so sánh kết quả khi tính toán một tường nhà 10 tầng theo phương pháp lực, theo phương pháp Rosman và theo phương pháp cải tiến.

6. Ví dụ tính toán

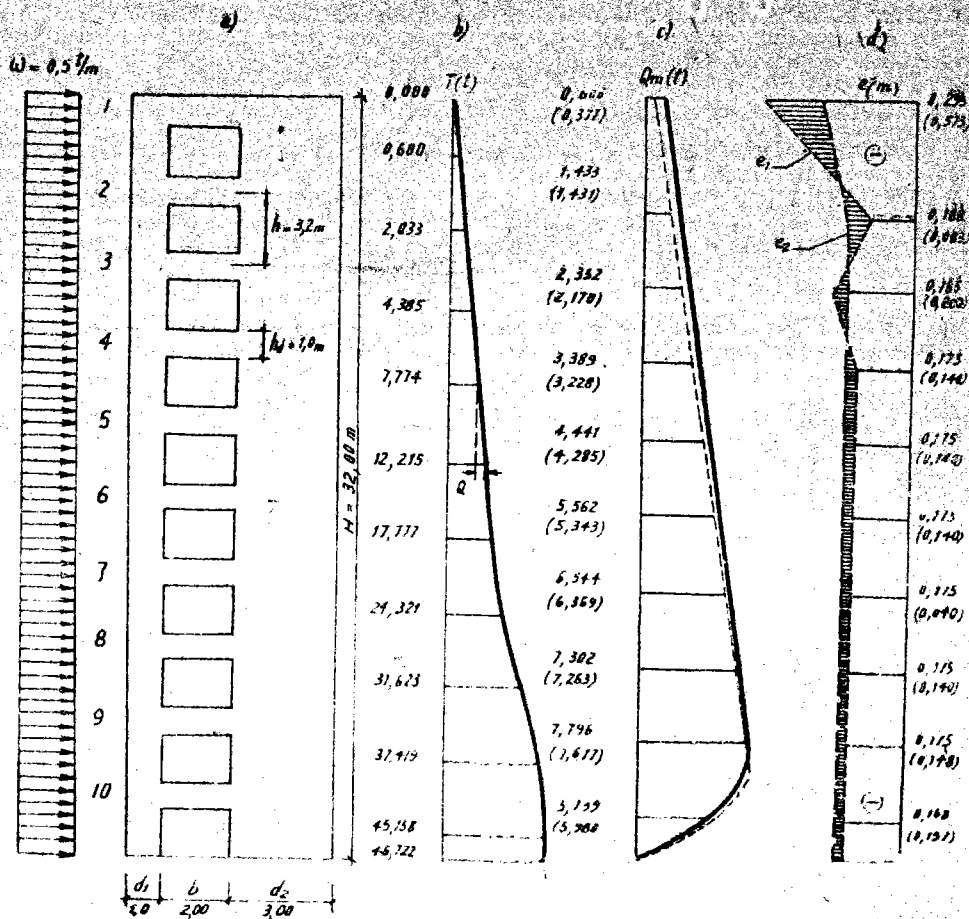
Tính một tường nhà 10 tầng bằng bê tông cốt thép (h. 10-11a) với các kích thước như sau: $H = 32,00m$; $d_1 = 1,00m$, $d_2 = 3,00m$; $h = 3,2m$; $h_a = 1,00m$ và $b = 2,00m$. Chiều dày của tường và của dầm là $t = 0,20m$. Tải trọng nằm ngang phân bố đều $\omega = 0,5 t/m$.

Tính toán theo phương pháp Rosman tiến hành như đã nói ở trên hoặc theo biểu đồ. Hình 10-11b thể hiện biểu đồ lực T , hình 10-11c thể hiện biểu đồ lực cắt Q trong dầm của phương pháp Rosman và phương pháp lực.

Khi tính toán lực hệ theo phương pháp lực ta cũng tiến hành giống như phương pháp Rosman: tiến hành từng nhóm lực (h. 10-12). Kết quả tính toán theo phương pháp lực cho trong bảng 10-1, trong đó khoảng cách từ điểm có mômen bằng không đến điểm giữa của dầm được tính theo biểu thức

$$e_2 = \frac{M_m}{Q_m} - 0,5, (m) \quad (10-29)$$

ở đây M_m tính bằng tm và Q_m tính bằng t .



Hình 10-11. Sơ đồ tính toán tường nhà 10 tầng và biểu đồ lực để so sánh các phương pháp tính toán (ứng với ví dụ 10-1):
 — theo phương pháp Rosman (phương pháp chính xác); ---- theo phương pháp lực; -.- theo phương pháp cải tiến.

Theo Rosman, khoảng cách từ điểm có mômen bằng không đến điểm giữa của dầm (h. 10-13) là rất bé.

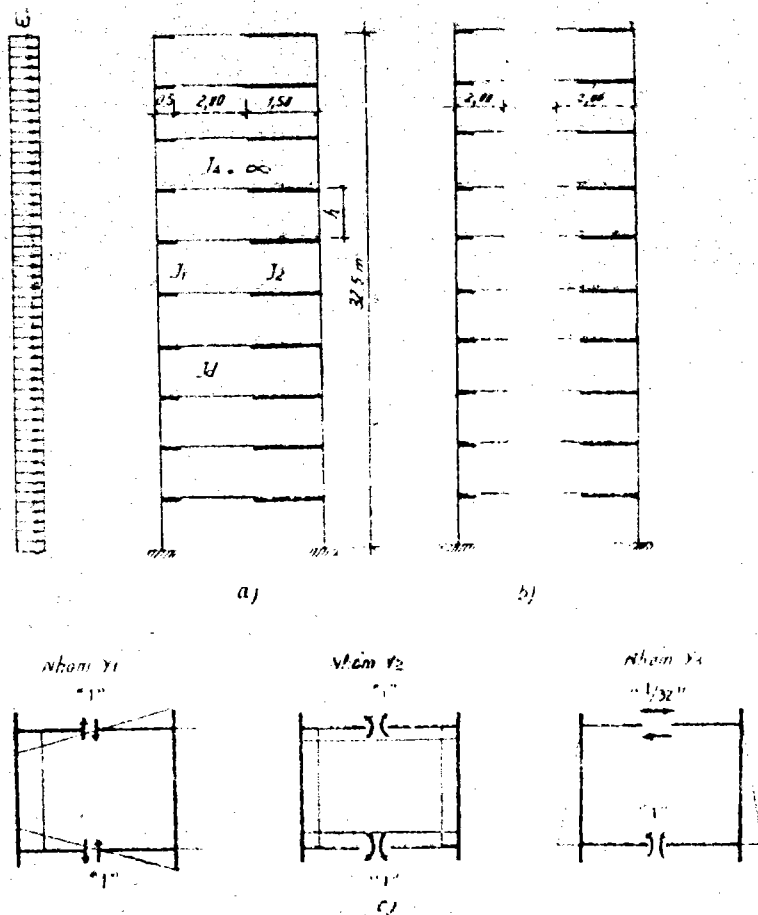
Kết quả tính toán theo phương pháp cải tiến như trong bảng 10-2, ở đây e_1 tính theo biểu thức (10-28).

Hình 10-11d thể hiện trị số e_2 (tính theo phương pháp lực) và e_1 (tính theo phương pháp cải tiến).

Từ kết quả so sánh cho thấy, lực cắt tính theo phương pháp này chỉ sai lệch khoảng 4% so với phương pháp Rosman. Qua tính toán thấy điểm mômen bằng không của dầm bị lệch ra một cách rõ rệt. Sự chênh lệch đo được từ tâm dầm đến điểm e_2 khoảng 14% so với nửa chiều dài của dầm. Đối với phương pháp cải tiến thì sự chênh lệch về phân bố mômen được tính theo biểu thức

$$w = \frac{e_1 - e_2}{b/2} \quad (10-30)$$

Trong ví dụ này tính được khoảng 3%.



Hình 10-12. Sơ đồ tính toán hệ theo phương pháp lực:
 a) sơ đồ phân bố tải trọng; b) sơ đồ tính toán; c) các nhóm lực.

Bảng 10-1

Kết quả tính toán theo phương pháp lực

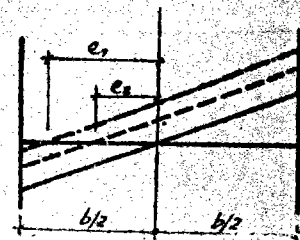
Dầm	Y_1	Y_2	Y_3	Q_m	N_m	M_m	M_m/Q_m	$e_2(m)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	0,3766	-0,40678	-1,18006	0,37666	-0,36877	-0,40678	-1,073	-0,573
2	1,80771	-0,06113	-5,51559	1,43105	-1,35485	-0,83441	-0,583	-0,083
...								
9	38,14544	91,83518	-32,76662	7,67750	-1,55560	-4,91718	-0,648	-0,148
10	44,12530	120,68012	-41,75670	5,97986	-2,80940	-3,92168	-0,657	-0,157

Bảng 10-2
 Kết quả tính toán theo phương pháp cải tiến

Dầm	ξ	$e_1(m)$
(1)	(2)	(3)
1	0,905	-0,295
2	0,490	-0,188
...		
9	0,455	-0,175
10	0,420	-0,168

Tính theo phương pháp Rosman cho kết quả lực cắt Q giống như tính theo phương pháp cải tiến.

Hình 10-13. Biểu đồ M trên dầm:
 — theo phương pháp Rosman;
 - - - theo phương pháp lực;
 - . - theo phương pháp cải tiến.



1. Nhận xét

Như đã trình bày ở trên, có thể nhờ phương trình (10-28) để xác định điểm mômen bằng không trên dầm xét đến độ đàn hồi của liên kết giữa dầm và tường bộ phận, bất luận có sự thay đổi các phương trình cơ bản của Rosman và của Beck. Trường hợp công trình chịu lực đối xứng thì $j_1 = j_2$ và $e_1 = 0$. Trong trường hợp giới hạn khác, như khi vách cứng gồm hai tường bộ phận mà một tường có liên kết với hệ cứng thì độ cứng của nó (chẳng hạn j_2) xem là vô cùng lớn, $j_2 = 0$ và biểu thức (10-28) có dạng

$$e_1 \approx -\frac{b}{2} \quad (10-31)$$

Điều này có nghĩa là điểm mômen bằng không nằm ở cuối dầm, tức là chỗ tiếp giáp với mảng tường.

Phương pháp Rosman thì cho điểm mômen bằng không ở chính giữa dầm, như vậy là lệch đến 100% so với phương pháp cải tiến.

§ II. PHƯƠNG PHÁP PHÂN TẢI TRỌNG NẪM NGANG CHO CÁC TƯỜNG CỨNG

1. Đặt vấn đề

Trong ngôi nhà, có nhiều tường cứng chịu tải trọng nằm ngang. Các tường cứng này có tiết diện khác nhau, bố trí trên mặt bằng tùy theo cấu tạo của ngôi

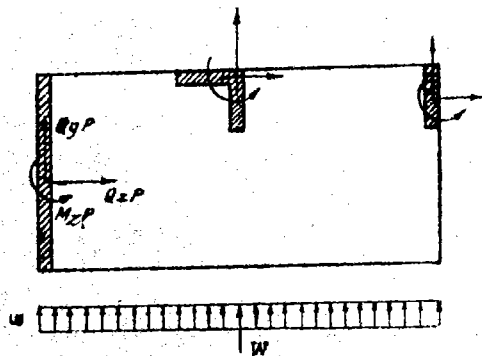
nhà. Trong §7.4 đã đề cập đến việc phân phối lồng tải trọng nằm ngang cho các tường cứng: tường càng cứng, càng xa làm uốn thì phân lượng tải trọng nằm ngang mà nó tiếp nhận càng lớn. Cách phân phối tải trọng nằm ngang này tương đối đơn giản, thuận tiện. Tuy nhiên trong cách làm đó còn có thiếu sót là chưa chú ý đến sự làm việc xoắn của các tường cứng. Độ cứng chống xoắn của các tường cứng rất khác nhau, nếu bỏ qua thì quang cảnh phân phối tải trọng sẽ sai lệch đi rất nhiều. Dưới đây sẽ trình bày phương pháp phân phối tải trọng nằm ngang của nhà cho các tường cứng, có xét đến sự làm việc uốn xoắn của các tường cứng⁽¹⁾.

Phương pháp tính toán trình bày ở đây xuất phát từ sự chuyển vị của sàn. Sàn được giả thiết là hoàn toàn cứng ở trong mặt phẳng của nó và được gọi là vách cứng sàn⁽²⁾. Ngoài ra giả thiết là các kết cấu sườn sẽ không tham gia vào việc chịu tải trọng nằm ngang. Ở các góc tường cứng có thể phải truyền các lực cắt giữa các tường dọc lập với nhau.

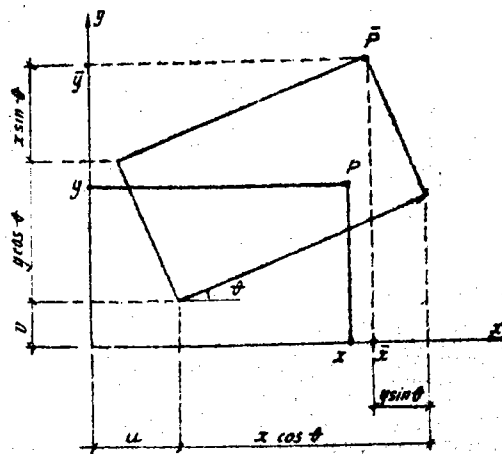
Tải trọng nằm ngang được truyền qua sàn cứng. Phản lực do tải trọng nằm ngang và lực động tác dụng vào sàn sẽ xuất hiện ở các gối tựa của sàn cứng và do đó tường cứng được xem như là các gối tựa ngầm cứng ở chân.

2. Các phương trình cơ bản

Tất cả tải trọng nằm ngang tác dụng lên sàn sẽ được phân bố vào các tường cứng dọc lập của hệ tường cứng tổng thể (h. 11-1). Các tường đó sẽ bị biến dạng tương ứng với các chuyển vị ở các gối tựa của sàn cứng. Sau khi sàn chuyển vị, mỗi điểm của sàn cũng sẽ dời sang vị trí mới (h. 11-2). Vì sàn là cứng tuyệt đối (không có biến dạng) trong mặt phẳng của nó nên các thành phần chuyển vị u , v , θ của mọi điểm trên sàn đều như nhau.



Hình 11-1. Sơ đồ tải trọng tác dụng lên sàn và sự phân bố tải trọng lên các tường cứng dọc lập.



Hình 11-2. Vị trí của sàn cứng trước và sau khi chuyển vị.

1. Trong đó phải kể đến sự đồng thời chịu lực của cả tường hội, tường cầu thang, buồng thang máy và các phòng thiết bị kỹ thuật.
2. Để cho tiện, ta gọi tắt là sàn cứng hay sàn (NBT).

Ta xét điểm $P(x, y)$ chẳng hạn (h. 11-2), sau khi sản biến dạng thì nó sẽ là điểm $\bar{P}(\bar{x}, \bar{y})$.

Từ hình 11-2 ta có thể viết:

$$\left. \begin{aligned} \bar{x} &= u + x \cos \theta - y \sin \theta; \\ \bar{y} &= v + y \cos \theta + x \sin \theta, \end{aligned} \right\} \quad (11-1)$$

ở đây θ tính bằng radian.

Khi góc θ bé thì:

$$\left. \begin{aligned} \bar{x} &= u + x - y\theta; \\ \bar{y} &= v + y + x\theta. \end{aligned} \right\} \quad (11-2)$$

Ta viết lại biểu thức (11-2) như sau:

$$\left. \begin{aligned} \bar{x} &= x + u_p; \\ \bar{y} &= y + v_p, \end{aligned} \right\} \quad (11-3)$$

trong đó

$$\left. \begin{aligned} u_p &= u - y\theta; \\ v_p &= v + x\theta. \end{aligned} \right\} \quad (11-4)$$

Trong các biểu thức ở trên, ba thành phần chuyển vị u_p ; v_p và θ_p chưa biết. Các thành phần chuyển vị này phải phù hợp với các giá trị Q_{xp} , Q_{yp} và M_{zp} . Mặt khác những lực này phải thỏa mãn ba điều kiện về cân bằng tĩnh học của sản.

Ta ký hiệu \bar{Q}_{xp}^k , \bar{Q}_{yp}^k , \bar{M}_{zp}^k là lực tác dụng lên hệ tường cứng dưới ảnh hưởng của thành phần chuyển vị $k = 1 (k = u, v, \theta$ mà ta quy ước gọi tắt là lực đơn vị) ta có các thành phần lực tác dụng lên tường cứng là:

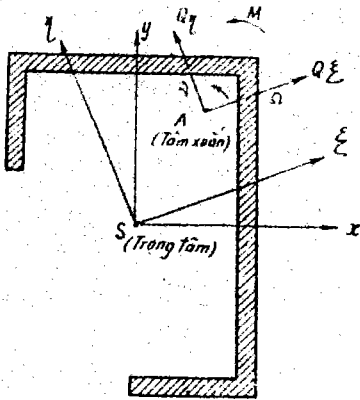
$$\begin{bmatrix} Q_{xp} \\ Q_{yp} \\ M_{zp} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{Q}_{xp}^u & \bar{Q}_{yp}^u & \bar{M}_{zp}^u \\ \bar{Q}_{xp}^v & \bar{Q}_{yp}^v & \bar{M}_{zp}^v \\ \bar{M}_{xp}^\theta & \bar{Q}_{yp}^\theta & \bar{M}_{zp}^\theta \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} u_p \\ v_p \\ \theta_p \end{bmatrix} \quad (11-5)$$

Đồng thời các thành phần lực tác dụng lên tường ứng phải thỏa mãn các điều kiện cân bằng tĩnh học, cụ thể là:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{(p)} Q_{xp} - P_x^n &= 0; \\ \sum_{(p)} Q_{yp} - P_y^n &= 0; \\ \sum_{(p)} M_{zp} - \sum_{(p)} (Q_{xp}y) + \sum_{(p)} (Q_{yp}x) - M_z^n &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (11-6)$$

trong đó P_x^n , P_y^n và M_z^n — các lực và mômen ngoại tải.

3. Tính toán lực đơn vị



Hình 11-3. Tiết diện tổng quát của hệ tường cứng.

Trong trường hợp chung, hệ tường cứng có thể bố trí trên mặt bằng, như ở hình 11-3. Hệ trục chính (ξ, η) của tiết diện tường cứng không trùng với hệ trục tính toán (x, y) của sàn cứng. Trọng tâm của tiết diện tường cứng là S , còn tâm xoắn của tiết diện tường cứng là A . Trong trường hợp chung A không trùng với trọng tâm S .

Xét tường cứng như một thanh bị ngàm một đầu (ở móng) và bị xoắn dưới tác dụng của mômen xoắn M_z ở đầu kia.

Chúng ta chuyển lực tác dụng đến điểm tâm xoắn A như ở hình 11-3. Như vậy phương trình vi phân của đường đàn hồi trục uốn và các góc xoắn là:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 \eta}{dz^2} + \frac{M_\eta}{EJ_\eta} &= 0; \\ \frac{d^2 \xi}{dz^2} - \frac{M_\xi}{EJ_\xi} &= 0; \quad EI_A \frac{d^3 \theta}{dz^3} - GW_x \frac{d\theta}{dz} + M_z = 0, \end{aligned} \right\} \quad (11-7)$$

trong đó

M_η và M_ξ — mômen uốn do lực Q_η và Q_ξ gây ra;

M_z — mômen xoắn do trục bị xoắn sinh ra;

J_η và J_ξ — mômen quán tính chính đối với trục η và ξ (m^4);

W_x — mômen quán tính chống xoắn tự do;

I_A — mômen quán tính hình quạt chống xoắn kiểm chế (liên quan đến sự vênh tiết diện) (m^6);

E và G — môđun đàn hồi và môđun cắt của bê tông.

Người ta thường gọi EI_A là độ cứng chống xoắn kiểm chế, còn GW_x là độ cứng chống xoắn tự do của thanh.

Mômen quán tính chống xoắn tự do của tiết diện chữ nhật với tỷ số cạnh $m = \frac{h}{b}$ ($h > b$) tính theo công thức

$$W_x = \frac{(m - 0,63)b^4}{3} \cdot (m) \quad (11-8)$$

Khi tiết diện tường cứng phức tạp, ta phân nó thành những phần tử chữ nhật và W_x của tiết diện bằng tổng W_{xi} của các phần tử chữ nhật.

Để tính mômen quán tính hình quạt chống xoắn kiểm chế I_A của tiết diện tường cứng thì phải dựa vào vị trí tâm xoắn của nó.

Tiết diện chữ nhật có tâm xoắn trùng với trục đối xứng và $I_A = 0$. Tiết diện chữ T, L thì tâm xoắn nằm ở điểm giao nhau giữa cánh và sườn (hoặc hai

cánh) và I_A cũng bằng không. Đối với tiết diện chữ U, tâm xoắn nằm trên trục đối xứng bên ngoài sườn và cách (trục) sườn một đoạn

$$e = \frac{b^2 h^2 l}{4J_y}, \quad (11-9)$$

còn trị số I_A thì tính theo biểu thức

$$I_A = \frac{b^3 h^2 l}{12} \cdot \frac{2h\delta + 3bt}{6bt + h\delta}, \quad (11-10)$$

trong đó h, δ — chiều cao và chiều dày của sườn ;

b và l — chiều rộng và chiều dày của cánh.

Ta cũng có thể tính tách riêng từng biến dạng ra nếu như điều kiện biên phụ thuộc lẫn nhau (ví dụ như các hệ tĩnh định ở trên). Phương trình lực cắt trong các tiết diện uốn cũng giải giống như phương trình (11-7):

$$\left. \begin{aligned} \Omega &= \frac{Q_\xi z^3}{3EJ_\eta} ; \\ v &= \frac{Q_\eta z^3}{3EJ_\xi} . \end{aligned} \right\} \quad (11-11)$$

Ta cũng có thể phân tích ra thành các biểu thức phụ đề biểu thị biến dạng ở các tầng dưới, cũng như bỏ qua biến dạng cắt.

Giải phương trình vi phân uốn xoắn [phương trình thứ ba trong (11-7)] với các điều kiện biên $\theta_{z=0} = 0, \theta'_{z=z} = 0$ ta được:

$$\theta = \frac{M_z}{GW_x} \left[z + \frac{1}{\varphi} \frac{\operatorname{sh}\varphi(Z-z)}{\operatorname{ch}\varphi z} \right] + C, \quad (11-12)$$

trong đó

$$\varphi = \sqrt{\frac{GW_x}{EI_A}}. \quad (11-13)$$

Tại $z = Z$ ta có trị số lớn nhất của θ :

$$\theta_{\max} = \frac{M_z}{GW_x} \left(z - \frac{1}{\varphi} \operatorname{th}\varphi z \right). \quad (11-14)$$

Để xét lực đơn vị theo các hướng x và y , từ hình 11-4 ta viết được các phương trình tương quan như sau:

$$\left. \begin{aligned} \Omega &= u \cos \alpha; & \Omega &= v \sin \alpha; \\ v &= -u \sin \alpha; & v &= b \cos \alpha; \end{aligned} \right\} \quad (11-15)$$

$$\left. \begin{aligned} Q_{xp} &= Q_\xi \cos \alpha; & Q_{xp} &= -Q_\eta \sin \alpha; \\ Q_{yp} &= Q_\xi \sin \alpha; & Q_{yp} &= Q_\eta \cos \alpha. \end{aligned} \right\} \quad (11-16)$$

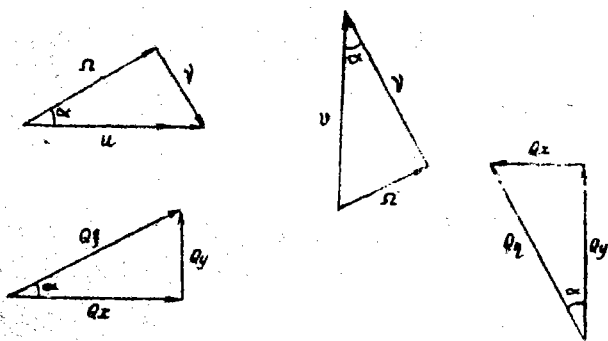
Khi đó $u = 1$ thì $\Omega = \cos \alpha$ và $v = -\sin \alpha$,

do đó

$$\left. \begin{aligned} \bar{Q}_{xp}^u &= \frac{3E}{z^3} (J_{\eta} \cos^2 \alpha + J_{\xi} \sin^2 \alpha); \\ \bar{Q}_{yp}^u &= \frac{3E}{z^3} (J_{\eta} - J_{\xi}) \sin \alpha \cos \alpha; \\ \bar{M}_{xp}^u &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (11-17)$$

Khi $v = 1$ thì $\Omega = \sin \alpha$ và $v = \cos \alpha$, do đó:

$$\left. \begin{aligned} \bar{Q}_{xp}^v &= \frac{3E}{z^3} (J_{\eta} - J_{\xi}) \sin \alpha \cos \alpha; \\ \bar{Q}_{yp}^v &= \frac{3E}{z^3} (J_{\eta} \sin^2 \alpha + J_{\xi} \cos^2 \alpha); \\ \bar{M}_{xp}^v &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (11-18)$$



Hình 11-4. Các sơ đồ tổ hợp để tính chuyển vị và lực.

Khi $\theta = 1$ thì $\Omega = 0$ và $v = 0$, do đó:

$$\left. \begin{aligned} \bar{Q}_{xp}^0 &= 0; \\ \bar{Q}_{yp}^0 &= 0; \\ \bar{M}_{xp}^0 &= \frac{GW_x}{\left(z - \frac{1}{\varphi} \operatorname{th} \tau z\right)} \end{aligned} \right\} \quad (11-19)$$

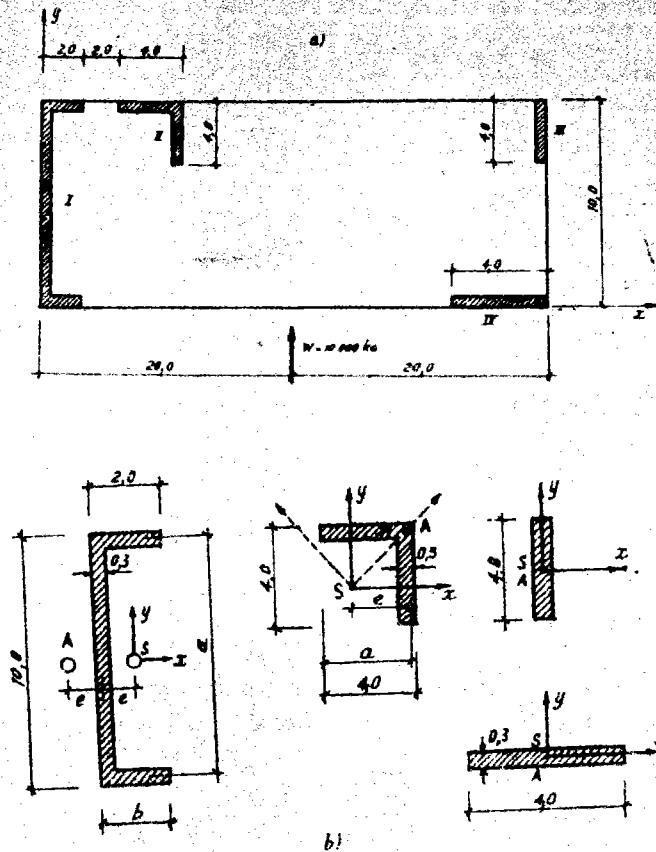
Từ các biểu thức ở trên ta thấy lực đơn vị gây ra chuyển vị có liên quan với điểm cắt chính diện và được đơn giản hóa ở phương trình (11-5).

4. Ví dụ tính toán

Tính tải trọng gió phân bố lên bốn tường cứng có chiều dày $t = 0,30m$ của nhà cao $H = 40m$. Các kích thước khác cho ở hình 11-5.

Từ các phương trình đã nêu ở trên có thể xem tải trọng ở các tầng đều được phân bố đều nhau. Điều này có nghĩa là lúc tính toán ta lấy các vị trí chiều cao khác nhau trên chiều cao Z toàn nhà, mà tải trọng được phân bố lấy là $W = 10\,000kG$, còn kết quả thì lấy theo biểu đồ chiều cao Z . Từ nguyên tắc phân bố tải trọng ở trên ta cũng có thể áp dụng cho từng sàn cứng. Qua phép nhân biểu đồ đơn vị với tải trọng thực của gió trong sàn sẽ cho ta hệ lực cắt của trường cứng. Trong ví dụ này chỉ giải quyết trong phạm vi sàn trên cùng, ở vị trí chiều cao $Z = 40m$.

Từ các kích thước đã cho và tọa độ lấy như ở hình 11-5a ta tính được các trị số và tọa độ như ở bảng 11-1.



Hình 11-5. Kích thước (m) mặt bằng, vị trí các tường cứng (a) và tiết diện các tường cứng (b).

Các trị số và tọa độ của các tường cứng

Bảng 11-1

Tường cứng	J_x (m^4)	J_y (m^4)	J_{xy} (m^4)	α (độ)	J_{ξ} (m^4)	J_{η} (m^4)	W_x (m^3)	I_A (m^6)	x (m)	y (m)
I	48,997	1,029	0	0	48,997	1,029	0,1215	18,536	-0,341	5,000
II	3,5829	2,5825	-2,1331	45	5,715	1,448	0,0695	0,086	7,850	9,850
III	1,600	0,009	0	0'	1,600	0,009	0,034	0	39,850	8,000
IV	0,009	1,600	0	0	-0,009	1,600	0,034	0	38,000	0,150

Chi dẫn bảng 11-1. x và y là tọa độ của tường cứng. Từ các biểu thức (11-17), (11-18), (11-19) ta tính được lực đơn vị như ở bảng 11-2.

Như đã nói ở trên, đối với tiết diện chữ L tâm xoắn nằm ở giao điểm hai trục cạnh. Nếu chiều dày cạnh nhỏ, có thể xem như $I_A = 0$. Nếu chiều dày cạnh tương đối lớn thì I_A có thể có một trị số hữu hạn nào đó nhưng nói chung không lớn, cho nên có thể bỏ qua ($I_A = 0$).

Bảng 11-2

Trị số của lực đơn vị

Tường cứng	Trục	\bar{Q}_{xp}	\bar{Q}_{yp}	\bar{M}_{zp}
I	$u_1 = 1$	0,482	0,0	0,0
	$v_1 = 1$	0,0	22,956	0,0
	$\theta_1 = 1$	0,0	0,0	26,364
II	$u_2 = 1$	1,679	1,000	0,0
	$v_2 = 1$	1,00	1,679	0,0
	$\theta_2 = 1$	0,0	0,0	9,016
III	$u_3 = 1$	0,004	0,0	0,0
	$v_3 = 1$	0,0	0,750	0,0
	$\theta_3 = 1$	0,0	0,0	4,288
IV	$u_4 = 1$	0,750	0,0	0,0
	$v_4 = 1$	0,0	0,004	0,0
	$\theta_4 = 1$	0,0	0,0	4,288

Chi dẫn bảng 11-2. Các trị số trong bảng đã chia cho $\frac{10^4}{E}$.

Ta tính được lực của hệ tường cứng như ở bảng 11-3.

Bảng 11-3

Trị số lực của hệ tường cứng

Tường cứng	Q_{xp}			Q_{yp}			M_{zp}		
	u	v	θ	u	v	θ	u	v	θ
I	0,482		-2,410		24,967	-7,832			26,364
II	1,679	-1,000	-24,388	-1,000	1,679	23,030			9,016
III	0,004		-0,034		0,750	29,888			4,288
IV	0,750		-0,113		0,042	0,160			4,288
Σ	2,915	-1,000	-26,945	-1,000	25,400	45,246			43,956

Chi dẫn bảng 11-3. Như bảng 11-2.

Từ biểu thức (11-4) ta có biến dạng của hệ tường cứng như sau:

$$\begin{aligned}
 u_I &= u - 5,00; & v_I &= v - 0,341\theta; & \theta_I &= 0; \\
 u_{II} &= u - 9,85\theta; & v_{II} &= v + 7,85\theta; & \theta_{II} &= 0; \\
 u_{III} &= u - 8,0\theta; & v_{III} &= v + 39,85\theta; & \theta_{III} &= 0; \\
 u_{IV} &= u - 0,15\theta; & v_{IV} &= v + 38,0\theta; & \theta_{IV} &= \theta.
 \end{aligned}$$

Từ biểu thức (11-6) ta có điều kiện cân bằng tĩnh học như sau:

$$\sum_{(p)} Q_{xp} = 0;$$

$$\sum_{(p)} Q_{yp} - 10000 = 0;$$

$$\sum_{(p)} M_{zp} - \sum (Q_{xp}l) + (Q_{yp}x) - 10000 \cdot 20 = 0.$$

Từ đó ta có trị số các phần tử của ma trận (11-5) như ở bảng 11-4.

Bảng 11-4

Trị số các phần tử của ma trận (11-5)

u	v	θ	Các số hạng tự do
2,915	-1,000	-26,945	0
-1,000	25,400	-15,216	$-10\,000 \frac{10^4}{E}$
-26,945	15,246	+1677,091	$-20\,000 \frac{10^4}{E}$

Giải ra ta được:

$$u = 1317 \frac{10^4}{E}; \quad v = 205,3 \frac{10^4}{E} \quad \text{và} \quad \theta = 134,8 \frac{10^4}{E}.$$

Từ các trị số này và bảng 11-3 ta sẽ tìm được tải trọng gió phân bố lên tường cứng như ở bảng 11-5.

Bảng 11-5

Trị số của tải trọng gió phân bố lên từng tường cứng

Tường cứng	$Q_{xp}(kG)$	$Q_{yp}(kG)$	$M_{zp}(kGm)$
I	+310	+3650	+3554
II	-1282	+2132	+1215
III	+1	+4183	+578
IV	-973	+23	+578

5. Nhận xét

Đây cũng là một phương pháp tính toán sự phân bố tải trọng nằm ngang lên các hệ tường cứng trong nhà nhiều tầng từ các trạng thái chuyển vị và giả thiết sàn là hệ sàn cứng, còn tải trọng gió thì phân bố thay đổi theo chiều cao nhà.

Các tải trọng nằm ngang như gió, động đất, v.v... sẽ gây ra các nội lực trong các tường cứng thông qua sàn cứng và vuông góc với hệ vách cứng. Các nội lực đó phụ thuộc vào phía quan sát và cỡ tải trọng lớn nhất để tính toán, nếu như hệ vách cứng được bố trí cùng chung trục chính.

Nguyên tắc phân bố tải trọng theo độ cứng chống uốn EJ và độ cứng chống xoắn EI_A của các tường cứng có ý nghĩa quan trọng nhất là đối với các trường hợp hệ tường cứng phân bố không đối xứng trên mặt bằng.

Ảnh hưởng do bố trí các hệ tường cứng không đối xứng là làm cho nội lực trong sàn cứng và tường cứng tăng lên. Do khoảng cách lệch tâm của lực với trục chính của nhà, lực sẽ gây ra một mômen xoắn lớn nên nhà cần phải có một độ cứng chống xoắn lớn (ví dụ tăng cường thêm các lõi cứng của tầng). Như vậy vì có mômen xoắn nên sẽ có sự chuyển vị đối với từng sàn cứng dưới tác dụng của tải trọng nằm ngang ở trong các tầng đó và kết quả này sẽ sử dụng để thêm vào khi tính toán.

Các tải trọng phụ trợ do gió, động đất, sai số lắp ghép, v.v... sinh ra đối với các kết cấu chịu lực (sườn) đều cũng được xét tương tự như nhau.

Qua khảo sát ở trên ta thấy các phương trình được xét ở mỗi tầng có thể sử dụng tính cho mỗi tải trọng nằm ngang bất kỳ ở tầng đó. Ví dụ đối với tải trọng nằm ngang của gió ở phía có diện tích tiếp xúc hẹp như ở hai đầu hồi của nhà nhiều tầng hoặc tải trọng ở từng bộ phận của nhà. Trong các trường hợp đó, chỉ cần thay đổi các số hạng tuyệt đối ở trong phương trình mà thôi.

§ 12. TÁC DỤNG CỦA SÀN LÊN TƯỜNG NGÀM CHẶT VÀO NỀN ĐÀN HỒI KHI CHỊU TÁC DỤNG CỦA TẢI TRỌNG NẪM NGANG

1. Đặt vấn đề

Ở nhà tầng lớn, nhất là khi tường ngang hay tường dọc chịu lực bằng bê tông cốt thép thì tải trọng gió và lực ổn định được truyền từ sàn qua tường xuống móng.

Tường được xem như công-xon ngầm chập vào nền đàn hồi. Trong trường hợp này nên bố trí các tường ngang sao cho trọng tâm độ cứng nằm ở giữa nhà, trùng với trục trọng tâm của nhà, vì nếu lệch tâm thì sẽ xuất hiện mômen phụ do xoắn gây ra. Ở đây chúng ta sẽ nghiên cứu dạng lệch tâm nào thì tường dọc phải tiếp nhận sự phân bố mômen phụ do xoắn gây ra.

Bây giờ chúng ta nghiên cứu các chỉ số độ cứng của tường không có lỗ cửa. Đối với loại tường có một và hai hàng lỗ cửa thì tính toán theo Rosman.

2. Các giả thiết

Sau đây là một số giả thiết đã dùng khi nghiên cứu:

1. chấp nhận định luật Naviê đối với tường cứng;
2. đại lượng EJ của sàn được xem là vô cùng lớn;
3. biến dạng của móng là biến dạng đàn hồi, ứng suất dưới đáy móng phân bố theo dạng đường thẳng; chấp nhận phương pháp hệ số nền.

3. Độ cứng của tường ngầm chập vào nền đàn hồi

Như ta đã biết, hệ số nền $c(l/m^3)$ không những phụ thuộc vào nền dưới đáy móng mà còn phụ thuộc vào kích thước đế móng.

Góc xoay ở tường ngầm chôn vào nền đàn hồi tính theo biểu thức (1)

$$\varphi_m = \frac{v(y)}{y}, \quad (12-1)$$

trong đó

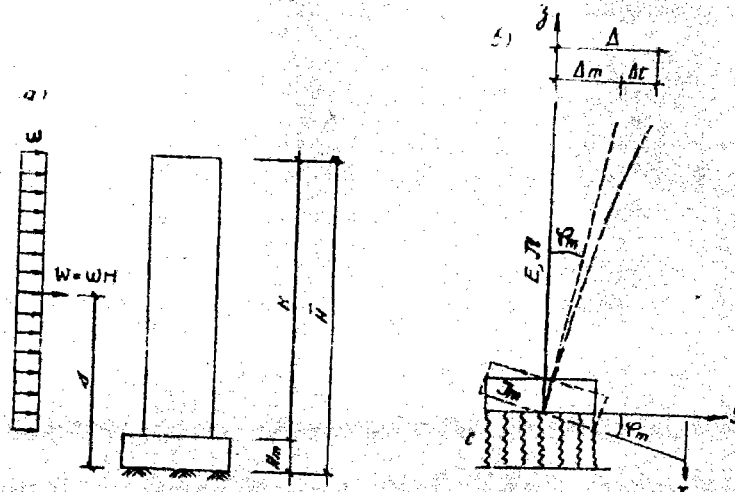
$$v(y) = \frac{p(y)}{c} = \frac{Wsy}{cJ_m}; \quad (12-2)$$

W — tải trọng nằm ngang, bằng ωH ;

s , H và y xem ở hình 12-1a:

$$s = \frac{H}{2} + H_m; \quad (12-3)$$

J_m — mômen quán tính của tiết diện đáy móng đối với trục chính vuông góc với mặt phẳng tường (m^4).



Hình 12-1. Sơ đồ để tính góc xoay của tường ngầm chôn vào nền đàn hồi.

Như vậy:

$$\varphi_m = \frac{Ws}{cJ_m} \quad (12-4)$$

Đặt (2):

$$\Delta_o = \Delta_m + \Delta_t = I\omega, \quad (12-5)$$

trong đó Δ_o — độ võng ngang ở mép trên của tường (m);

Δ_m và Δ_t — độ võng ngang của móng và của tường (m):

$$\left. \begin{aligned} \Delta_m &= \varphi_m \bar{H} = \frac{Ws\bar{H}}{cJ_m}; \\ \Delta_t &= \frac{\omega H^4}{8EJ_t} \end{aligned} \right\} \quad (12-6)$$

1. Tương tự biểu thức tính góc xoay của móng (7-32) — NBT.
2. Xem biểu thức (7-26) — NBT.

- E — môđun đàn hồi của vật liệu tường (t/m^2);
- J_t — mômen quán tính của tiết diện ngang tường đối với trục chính vuông góc với mặt phẳng tường (m^4);
- I — hệ số độ cứng quy ước của tường có móng ngầm vào nền đàn hồi (1).

Từ các biểu thức (12-5) và (12-6) ta có :

$$\Delta_o = \left(\frac{H^4}{8EJ_t} + \frac{Hs\bar{H}}{cJ_m} \right) \omega. \quad (12-7)$$

Do đó :

$$I = \frac{H^4}{8EJ_t} + \frac{Hs\bar{H}}{cJ_m}. \quad (12-8)$$

Vì H_m nhỏ hơn nhiều so với H , do đó có thể thay \bar{H} bằng H và , bằng $\frac{H}{2}$, như vậy biểu thức (12-8)

sẽ trở thành

$$I = \frac{H^4}{8EJ_t} + \frac{H^3}{2cJ_m}. \quad (12-9)$$

4. Sàn cứng với gối tựa đàn hồi

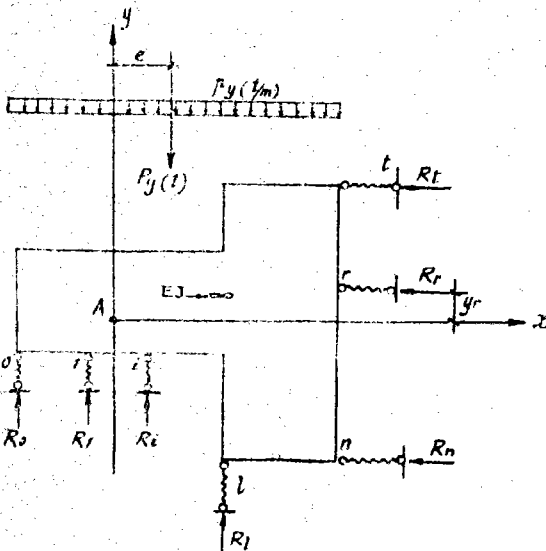
Những lực xung động ở sàn cứng được phân bố vào các tường cứng độc lập và xuất hiện các phản lực R_o, R_1, \dots , ở các gối tựa và chuyển vị $\Delta_{g1}, \Delta_{g2}, \dots$ (h. 12-2). Ta có biểu thức để tính độ cứng của các gối tựa như sau :

$$\left. \begin{aligned} K_{gi} &= \frac{I_c}{I_i}; \quad (i = 0, 1, \dots, l) \\ K_{gr} &= \frac{I_c}{I_r}; \quad (r = n, \dots, t) \end{aligned} \right\} \quad (12-10)$$

$$\left. \begin{aligned} \sum_{r=n}^t K_{gx} &= \sum_{r=n}^t K_{gr}; \quad \sum_{i=0}^l K_{gy} = \sum_{i=0}^l K_{gi} \end{aligned} \right\} \quad (12-11)$$

trong đó I_c — hệ số độ cứng của một tường chọn làm chuẩn;
 i, l, r, n và t — xem ở hình 12-2.

1. Trị số của I bằng chuyển vị ngang đỉnh tường do $\omega = 1$ t/m^2 gây ra.



Hình 12-2. Sơ đồ phân bố tải trọng nằm ngang lên các nền cứng và phản lực.

Ta xem K_g như tải trọng tác dụng lên sàn cứng để xác định tâm xoắn A và do đó xác định tọa độ $x_r; y_r$ của các vách cứng (theo hệ trục x, y với gốc tọa độ nằm ở tâm xoắn A).

Khi tải trọng P_y tác dụng đúng tâm xoắn A thì sàn cứng sẽ chuyển vị song song với trục y và sẽ xuất hiện những phản lực ở gối tựa :

$$\left. \begin{aligned} R_i &= \frac{P_y K_{gi}}{\sum K_{gy}}; \\ R_r &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (12-12)$$

Khi tải trọng P_y tác dụng không đúng tâm xoắn A (cách A một đoạn e , hình 12-2) thì phân ra hai thành phần : P_y tác dụng đúng tâm xoắn A và mômen

$$M_z = P_y e. \quad (12-13)$$

Thành phần thứ hai sẽ làm vách cứng bị xoay và xuất hiện điểm A_0 lệch vị trí cũ một góc γ . Lúc đó phản lực gối tựa sẽ là :

$$R_i = \frac{M_z}{K_x} K_{gi} x_i; \quad R_r = \frac{M_z}{K_x} K_{gr} y_r, \quad (12-14)$$

trong đó

$$K_x = \sum_{i=0}^l K_{gi} x_i^2 + \sum_{r=n}^t K_{gr} x_r^2. \quad (12-15)$$

Như vậy hai thành phần sẽ gây ra phản lực :

$$\left. \begin{aligned} R_i &= \frac{P_y K_{gi}}{\sum K_{gy}} + \frac{M_z}{K_x} K_{gi} x_i; & (a) \\ R_r &= \frac{M_z}{K_x} K_{gr} y_r. & (b) \end{aligned} \right\} \quad (12-16)$$

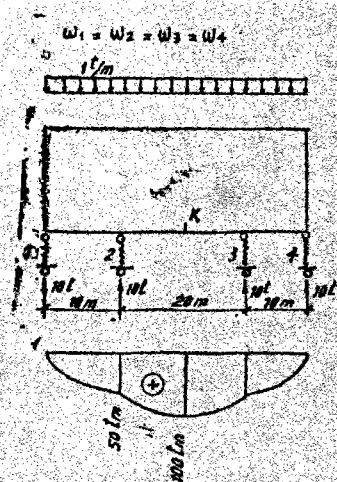
Nếu như trong phương x không có tâm tường thì trong biểu thức (12-16b) số hạng K_{gr} sẽ bằng không. Như vậy trong phương trình (12-15) sẽ nhận được hai thành phần.

Khi tính mômen trong sàn cứng thì xem sàn được gối lên các tường cứng như dầm một nhịp có hai gối tựa là hai tường. Như vậy ta sẽ được mômen trong sàn để tính thép chịu uốn và chịu kéo trong liên kết giữa các tấm sàn, thép đó được xem như là các thép neo bổ sung.

Ở đây ta xét sàn được gối lên tường xem như một dầm có các gối tựa đàn hồi khi đã biết phản lực gối tựa R . Đối với từng tiết diện sẽ có các trị số mômen khác nhau ⁽¹⁾. Trong nhiều trường hợp trị số mômen nhịp lớn hơn trị số mômen tại các gối (h. 12-3).

Trong tính toán thực hành mômen nhịp M có khi lớn gấp hai lần so với mômen gối. Ở hình 12-3 mômen nhịp lớn nhất là $100tm$ trong khi đó mômen gối là :

$$M_g = \frac{1/20^2}{8} = 50tm.$$



Hình 12-3. Biểu đồ mômen do tải trọng nằm ngang tác dụng lên sàn.

1. Tính toán theo phương pháp thông thường của sức bền vật liệu (NBT).

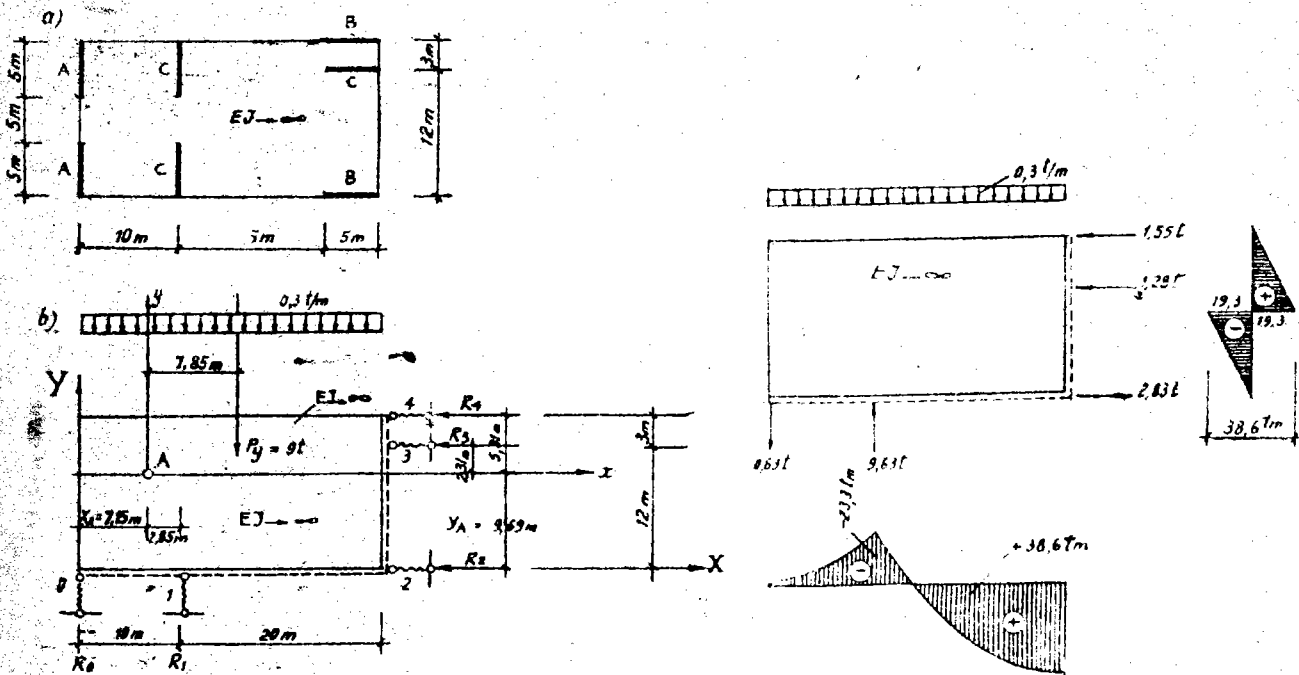
5. Ví dụ tính toán

Tính toán sàn ở hình 12-4. Các đại lượng cho ở bảng 12-1.

Bảng 12-1

Các đại lượng ứng với các tường cứng

Tường	$J(m^4)$	$E(t/m^2)$	$J_m(m^4)$	$c(t/m^3)$
A	3	$4 \cdot 10^5$	18	10^4
B	4	$4 \cdot 10^5$	22	10^4
C	2	$2 \cdot 10^6$	35	10^4



Hình 12-4. Sơ đồ bố trí tường cứng trên mặt bằng (a); sơ đồ tính toán (b) và biểu đồ mômen của sàn (c).

Tính hệ số độ cứng theo biểu thức (12-9):

$$I_0 = \frac{30^3}{2 \cdot 10^4 \cdot 2,18} + \frac{30^4}{8 \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 3} = 0,080 \text{ m};$$

$$I_1 = \frac{30^3}{2 \cdot 10^4 \cdot 2,15} + \frac{30^4}{8 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 2,2} = 0,032 \text{ m};$$

$$I_2 = \frac{30^3}{2 \cdot 10^4 \cdot 22} + \frac{30^4}{8 \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 4} = 0,124 \text{ m};$$

$$I_3 = \frac{30^3}{2 \cdot 10^4 \cdot 35} + \frac{30^4}{8 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 2} = 0,165 \text{ m};$$

$$I_4 = I_2 = 0,124 \text{ m}.$$

Tính các đại lượng K_{gi} và K_{gr} theo biểu thức (12-10), ở đây $i = 0; 1$ và $r = 2; 3; 4$. Ta có:

$$I_0 = I_0 = 0,080 \text{ m};$$

$$K_{g0} = \frac{0,080}{0,080} = 1,00;$$

$$K_{g1} = \frac{0,080}{0,032} = 2,50;$$

$$K_{g2} = \frac{0,080}{0,124} = 0,65;$$

$$K_{g3} = \frac{0,080}{0,065} = 1,23;$$

$$K_{g4} = K_{g2} = K_{gr} = 0,65.$$

Tính các đại lượng ΣK_{gx} và ΣK_{gy} theo biểu thức (12-11):

$$\Sigma K_{gy} = 1,00 + 2,50 = 3,50;$$

$$\Sigma K_{gx} = 0,65 + 1,23 + 0,65 = 2,53.$$

Ta xác định tọa độ của tâm xoắn A theo các biểu thức (6-11) và (6-12):

$$X_A = \frac{2,50 \cdot 10}{3,50} = 7,15 \text{ m};$$

$$Y_A = \frac{0,65 \cdot 15 + 1,23 \cdot 12}{2,53} = 9,69 \text{ m}.$$

Tính K_x theo biểu thức (12-15):

$$K_x = 1,00 \cdot 7,15^2 + 2,50 \cdot 2,85^2 + 0,65 \cdot 9,69^2 + 1,23 \cdot 2,31^2 + 0,65 \cdot 5,31^2 = 157,35 \text{ m}^2.$$

Tính M_z theo biểu thức (12-13):

$$M_z = 9 \cdot 7,85 = 70,65 \text{ tm}.$$

Tính các phản lực gối tựa theo biểu thức (12-16):

$$R_0 = \frac{9}{3,50} \cdot 1 + \frac{70,65}{157,35} \cdot 1 (-7,15) = -0,63 \text{ t};$$

$$R_1 = \frac{9}{3,50} \cdot 2,25 + \frac{70,65}{157,35} \cdot 2,50 \cdot 2,85 = 9,63 \text{ t};$$

$$R_2 = \frac{70,65}{157,35} \cdot 0,65 (-9,69) = -2,83 \text{ t};$$

$$R_3 = \frac{70,65}{157,35} \cdot 1,23 \cdot 2,31 = 1,28 \text{ t};$$

$$R_4 = \frac{70,65}{157,35} \cdot 0,65 \cdot 5,31 = 1,55 \text{ t}.$$

Thử lại : $\Sigma R_y - P_y = 0 ;$
 $- 0,63 + 9,63 - 9,0 = 0 ;$
 $\Sigma R_x = 0 ;$
 $- 2,83 + 1,28 + 1,55 = 0.$

Như vậy là đúng.
 Ta được :

$$M = P_y e = 9 \cdot 7,85 = 70,65 \text{ tm} ;$$

$$M_1 = 0,63 \cdot 7,15 + 9,63 \cdot 2,85 = 31,95 \text{ tm} ;$$

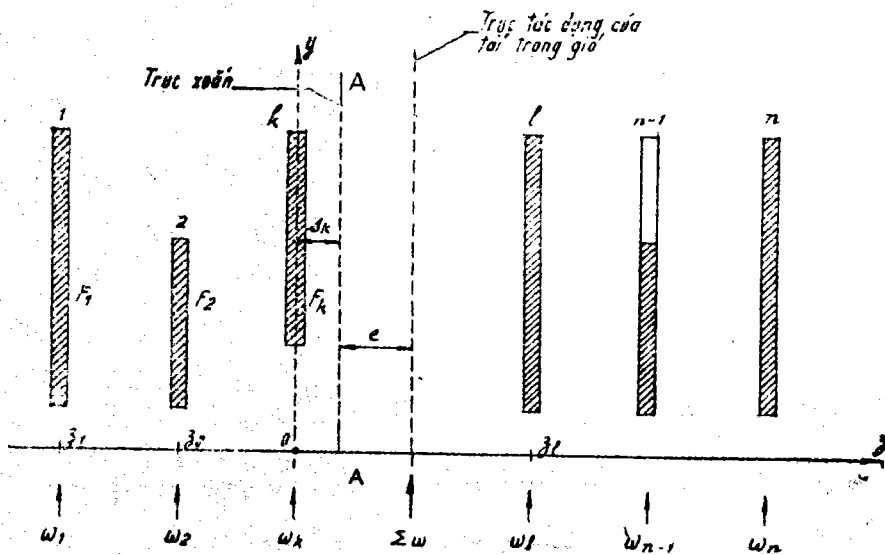
$$M_2 = M - M_1 ;$$

$$M_2 = 70,65 - 31,95 = 38,70 \text{ tm}.$$

§13. TÍNH TOÁN TƯỜNG NGANG CÓ LỖ CỬA THEO ROSMAN

1. Tính toán theo tải trọng nằm ngang

Sơ đồ bố trí các tường ngang⁽¹⁾ chịu lực trên mặt bằng và sự phân bố tải trọng gió cho các tường ngang như ở hình 13-1, mặt đứng và kích thước một tường hồi như ở hình 13-2. Ở đây ta xét tường hồi có hai hàng lỗ cửa.



Hình 13-1. Sơ đồ bố trí các tường ngang trên mặt bằng và sự phân bố tải trọng gió cho các tường ngang.

1. Các tường ngang này được xem là các vách cứng.

Xác định vị trí tâm xoắn theo biểu thức

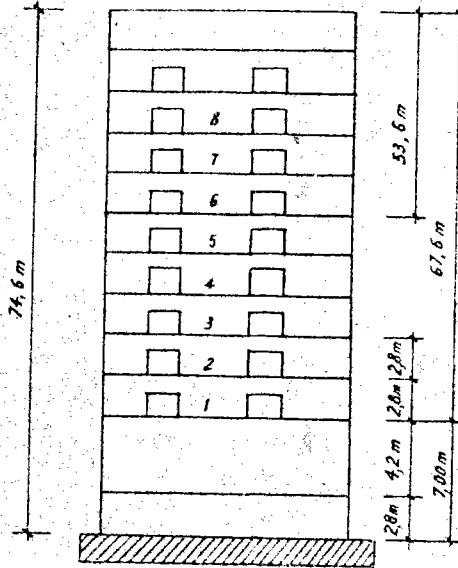
$$e = \frac{\sum S_k}{\sum F_k} \quad (13-1)$$

trong đó S_k — mômen tĩnh của tường k đối với trục chuẩn:

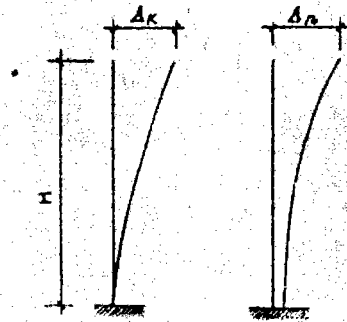
$$S_k = F_k z_k; \quad (k = 1, 2, \dots, n) \quad (13-2)$$

F_k — diện tích tiết diện tường k ;

z_k — khoảng cách⁽¹⁾ từ tường k đến trục chuẩn y (h. 13-1).



Hình 13-2. Mặt đứng và kích thước tường hồi có hai hàng lỗ cửa.



Hình 13-3. Độ võng của các tường cứng k và n .

Áp dụng biểu thức (13-1) vào ví dụ này ta có:

$$e = \frac{-F_1 z_1 - F_2 z_2 + 0 + F_1 z_1 + F_{n-1} z_{n-1} + F_n z_n}{F_1 + F_2 + F_k + F_1 + F_{n-1} + F_n}$$

Chọn một độ võng làm chuẩn để tính các hệ số α_k , ví dụ chọn Δ_1 và tính

$$\alpha_k = \frac{\Delta_k}{\Delta_1}, \quad (k = 1, 2 \dots n) \quad (13-3)$$

trong đó Δ_1 và Δ_k — độ võng của các tường cứng i và k (h. 13-3).

Tính ứng suất σ_1 theo biểu thức (7-27):

$$\sigma_1 = \frac{T_1}{F_1} \pm \frac{M_1}{W_1} \quad (13-4)$$

Tính các ứng suất σ_2 và σ_3 theo các biểu thức sau đây:

$$\sigma_2 = \frac{T_1 - T_2}{F_2} \pm \frac{M_2}{W_2}; \quad (13-5)$$

$$\sigma_3 = \frac{-T_2}{F_3} \pm \frac{M_3}{W_3} \quad (13-6)$$

1. Cần chú ý rằng, nếu ta chọn bên phải trục chuẩn là $+z_k$ thì bên trái trục chuẩn là $-z_k$.

Các ứng suất tính được phải so sánh với ứng suất nền cho phép của bê tông (hàng 13-1).

Bảng 13-1

Ứng suất nền cho phép của bê tông

Mac bê tông	Ứng suất nền cho phép của bê tông (kG/cm^2)
35	7
50	10
80	20
120	30
160	40
225	55
300	70 khi $t \geq 14$ 75 khi $t \leq 11$

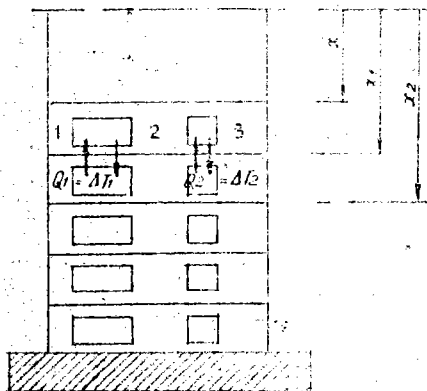
Chi dẫn bảng 13-1.

1. Khi tính cho tổ hợp tải trọng thẳng đứng và tải trọng gió thì được phép nhân trị số trong bảng với hệ số 1, 2.
2. Khi tính cho tải trọng sàn thì phải nhân trị số trong bảng với hệ số γ_1 ở bảng 13-2.
3. t — chiều dày của tường (cm).

Bảng 13-2

Trị số của hệ số γ_1

Cấu tạo các mối nối sàn	Trị số của hệ số γ_1 khi	
	không có cốt thép	có cốt thép
1. Khi tấm sàn không đặt lên các thép nối chịu lực của tường	0,9	1,0
2. Như trên, có đặt lên	0,7	1,0



Tính lực cắt tại các tiết diện theo các biểu thức sau đây :

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= \Delta T_1 = \Sigma T_1(x_2) - \Sigma T_1(x_1); \\ Q_2 &= \Delta T_2 = \Sigma T_2(x_2) - \Sigma T_2(x_1). \end{aligned} \right\} (13-7)$$

trong đó $\Sigma T_i(x_k)$ tổng lực trượt i kể từ mái đến mặt cắt đang xét k (h. 13-4).

Ví dụ 13-1. Tính tường ngang có hai hàng lỗ cửa ở hình 13-2 theo tải trọng gió.

Hình 13-4. Tiết diện tính lực cắt.

Ta tách một tầng để xét (h. 13-5).

Ta tính diện tích và mômen quán tính của các mảng tường bố phân, dầm và tổng của chúng:

$$F_1 = d_1 t = 5,8 \cdot 0,19 = 1,12 m^2;$$

$$F_2 = d_2 t = 10,2 \cdot 0,19 = 1,94 m^2;$$

$$F_3 = d_3 t = 7,2 \cdot 0,19 = 1,375 m^2;$$

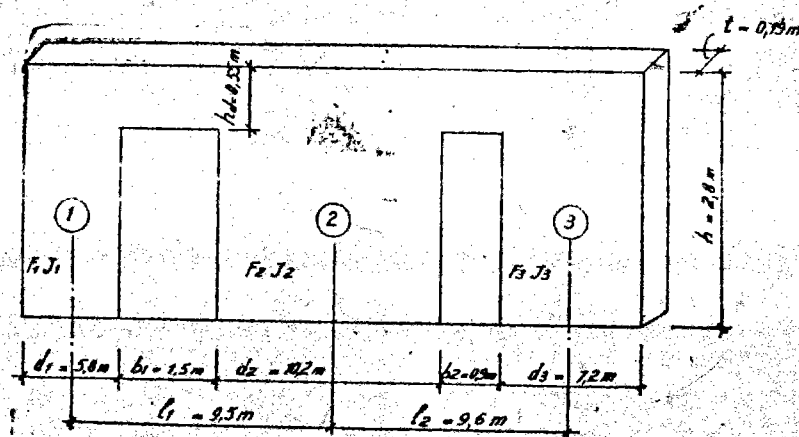
$$J_1 = \frac{d_1^3 t}{12} = \frac{5,8^3 \cdot 0,19}{12} = 3,09 m^4;$$

$$J_2 = \frac{d_2^3 t}{12} = \frac{10,2^3 \cdot 0,19}{12} = 16,80 m^4;$$

$$J_3 = \frac{d_3^3 t}{12} = \frac{7,2^3 \cdot 0,19}{12} = 5,91 m^4;$$

$$J_d = \frac{h^3 t}{12} = \frac{0,55^3 \cdot 0,19}{12} = 0,00264 m^4;$$

$$\Sigma J = J_1 + J_2 + J_3 = 3,09 + 16,80 + 5,91 = 25,80 m^4.$$



Hình 13-5. Kích thước tường ngang thuộc tầng đang xét.

Cho $\omega_k = 2,39 l/m$, ta lấy

$$\omega = \frac{\omega_k}{2} = 1,195 l/m.$$

Tính các hệ số λ_i^2 ; γ_i và β_i theo biểu thức (7-39):

$$\lambda_1^2 = \left(\frac{9,5^2}{25,80} + \frac{1}{1,12} + \frac{1}{1,94} \right) \frac{12 \cdot 0,00264}{2,8 \cdot 1,5^3} = 0,0163;$$

$$\lambda_2^2 = \left(\frac{9,6^2}{25,80} + \frac{1}{1,94} + \frac{1}{1,37} \right) \frac{12 \cdot 0,00264}{2,8 \cdot 0,9^3} = 0,0705;$$

$$\gamma_1 = \left(\frac{9,5 \cdot 9,6}{25,80} - \frac{1}{1,94} \right) \frac{12 \cdot 0,00264}{2,8 \cdot 1,5^3} = 0,0101;$$

$$\gamma_2 = \left(\frac{9,5 \cdot 9,6}{25,80} - \frac{1}{1,94} \right) \frac{12 \cdot 0,00264}{2,8 \cdot 0,9^3} = 0,0466;$$

$$\beta_1 = \frac{1,195 \cdot 9,5}{25,80} \cdot \frac{12 \cdot 0,00264}{2,8 \cdot 1,5^3} = 0,00148;$$

$$\beta_2 = \frac{1,195 \cdot 9,6}{25,80} \cdot \frac{12 \cdot 0,00264}{2,8 \cdot 0,9^3} = 0,0037.$$

Tính các hệ số D và D_i theo biểu thức (7-43) sau đó tính các hệ số a_{1i} và a_{2i} theo biểu thức (7-42) và được kết quả như ở bảng 13-3.

Bảng 13-3

Tri số a_{1i} và a_{2i} (ứng với ví dụ 13-1)

i	1	3	5	7	9	11
a_{1i}	174,5	-51,8	9,8	-4,65	1,86	-0,77
a_{2i}	182,0	-76,0	19,9	-12,0	5,63	-2,15

Khi tính toán tỉ mỉ có thể phải tính cho tất cả các tầng, nhưng để đơn giản ở đây chỉ kiểm tra tại ba tiết diện $x = H = 74,6m$, $x = 67,6m$ và $x = 53,6m$.

* Tại tiết diện $x = H = 74,6m$.

Ta tính hàm số T theo biểu thức (7-41):

$$T_1 = \sum a_{1i} \sin \frac{i\pi H}{2H} = 174,5 \sin \frac{\pi}{2} - 51,8 \sin \frac{3\pi}{2} + 9,8 \sin \frac{5\pi}{2} - 4,65 \sin \frac{7\pi}{2} + 1,86 \sin \frac{9\pi}{2} - 0,77 \sin \frac{11\pi}{2} = 243,4t.$$

$$T_2 = \sum a_{2i} \sin \frac{i\pi H}{2H} = 182 \sin \frac{\pi}{2} - 76 \sin \frac{3\pi}{2} + 19,9 \sin \frac{5\pi}{2} - 12,0 \sin \frac{7\pi}{2} + 5,63 \sin \frac{9\pi}{2} - 2,15 \sin \frac{11\pi}{2} = 298,0t.$$

Tính độ võng theo biểu thức (7-41). Ở đây vì tính từng tầng độc lập nên về cộng $\frac{W_s}{cJ_m} \bar{H}$ bỏ qua. Với bê tông mac 300 thì $E = 30,5 \cdot 10^4 kG/cm^2$. Vì bản thân các hệ số có chỉ số 3, 7, 11 mang dấu (-) nên ta đặt dấu - trước dấu Σ còn các hệ số bên trong thì đều xem như có dấu +.

Do đó:

$$\Delta_0 = \frac{1}{25,80 \cdot 3,05 \cdot 10^5} \left[\frac{1}{4} \cdot 1,195 \cdot 74,6^4 - (174,5 \cdot 9,5 + 19,9 \cdot 9,6) \times \left(\frac{2 \cdot 74,6}{5 \cdot 3,14} \right)^2 - (4,65 \cdot 9,5 + 12,0 \cdot 9,6) \left(\frac{2 \cdot 74,6}{7 \cdot 3,14} \right)^2 - (1,86 \cdot 9,5 + 5,63 \cdot 9,6) \left(\frac{2 \cdot 74,6}{9 \cdot 3,14} \right)^2 - (0,77 \cdot 9,5 + 2,15 \cdot 9,6) \times \left(\frac{2 \cdot 74,6}{11 \cdot 3,14} \right)^2 \right] = 1,45cm.$$

Tính mômen của các mảng tường theo biểu thức (7-38):

$$M_1 = (1,195 \cdot 74,6^2 - 243,4 \cdot 9,5 - 298,0 \cdot 9,6) \frac{3,04}{25,80} = 185tm;$$

$$M_2 = 60J_2 = 60 \cdot 16,8 = 1010tm;$$

$$M_3 = 60J_3 = 60 \cdot 5,91 = 360tm.$$

Nếu tính các mặt cắt liên tục thì còn phải tính M_k theo biểu thức (7-28).

Tính ứng suất theo các biểu thức (13-4), (13-5) và (13-6) trong đó:

$$W_1 = \frac{J_1}{d_{1/2}} = \frac{3,04}{2,9} = 1,07m^3;$$

$$W_2 = \frac{J_2}{d_{2/2}} = \frac{16,80}{5,1} = 3,30m^3;$$

$$W_3 = \frac{J_3}{d_{3/2}} = \frac{5,91}{3,6} = 1,64m^3.$$

Vậy: (*)

$$\sigma_1 = \frac{243,4}{1,12} \pm \frac{185}{1,07} = \frac{392}{43} t/m^2;$$

$$\sigma_2 = \frac{243,4 - 298,0}{1,94} \pm \frac{1010}{3,30} = \frac{277,6}{-334,4} t/m^2;$$

$$\sigma_3 = \frac{-298,0}{1,37} \pm \frac{360}{1,64} = \frac{-434,0}{2,0} t/m^2.$$

* Tại tiết diện $x = 67,6m$

Tương tự như trên, ta có:

$$T_1 = \sum a_{1i} \sin \frac{67,6i\pi}{2 \cdot 74,6} = 174,5 \sin 1,42 - 51,8 \sin 1,42 \cdot 3 + \\ + 9,8 \sin 1,42 \cdot 5 - 4,65 \sin 1,42 \cdot 7 + 1,86 \sin 1,42 \cdot 9 - \\ - 0,77 \sin 1,42 \cdot 11 = 229,91t;$$

$$T_2 = \sum a_{2i} \sin \frac{67,6i\pi}{2 \cdot 74,6} = 182,0 \sin 1,42 - 76,0 \sin 1,42 \cdot 3 + \\ + 19,9 \sin 1,42 \cdot 5 - 12,0 \sin 1,42 \cdot 7 + 5,63 \sin 1,42 \cdot 9 - \\ - 2,15 \sin 1,42 \cdot 11 = 272,02t;$$

$$M_1 = (1,195 \cdot 67,6^2 - 229,91 \cdot 9,5 - 272,02 \cdot 9,6) \cdot \frac{J_1}{25,80} =$$

$$= 26,8J_1 = 26,8 \cdot 3,04 = 82,7tm;$$

$$M_2 = 26,8J_2 = 26,8 \cdot 16,80 = 450,0tm;$$

$$M_3 = 26,8J_3 = 26,8 \cdot 5,91 = 158,0tm;$$

$$\sigma_1 = \frac{229,91}{1,12} \pm \frac{82,7}{1,07} = \frac{283,0}{-172,0} t/m^2;$$

$$\sigma_2 = \frac{229,91 - 272,02}{1,94} \pm \frac{450,0}{3,30} = \frac{115,9}{-157,1} t/m^2;$$

$$\sigma_3 = \frac{-272,02}{1,37} \pm \frac{158,0}{1,64} = \frac{-295,4}{-102,6} t/m^2.$$

1. Ở trên là trị số lớn nhất, ở dưới là trị số nhỏ nhất.

Tính lực cắt theo biểu thức (13-7) với $x_2 = 67,6m$ và $x_1 = 64,8m$ ta được $Q_1 = 12,3t$ và $Q_2 = 24,8t$.

* Tại tiết diện $x = 53,6m$.

Trong tự như trên, ta có:

$$T_1 = \sum a_{1i} \sin \frac{53,6i\pi}{2 \cdot 74,6} = 174,5 \sin 1,13 - 51,8 \sin 1,13 \cdot 3 + \\ + 9,8 \sin 1,13 \cdot 5 - 4,65 \sin 1,13 \cdot 7 + 1,86 \sin 1,13 \cdot 9 - \\ - 0,77 \sin 1,13 \cdot 11 = 157,9t;$$

$$T_2 = \sum a_{2i} \sin \frac{53,6i\pi}{2 \cdot 74,6} = 182,0 \sin 1,13 - 76,0 \sin 1,13 \cdot 3 + \\ + 19,9 \sin 1,13 \cdot 5 - 12,0 \sin 1,13 \cdot 7 + 5,63 \sin 1,13 \cdot 9 - \\ - 2,15 \sin 1,13 \cdot 11 = 155,5t;$$

$$M_1 = (1,195 \cdot 53,6^2 - 157,9 \cdot 9,5 - 155,5 \cdot 9,6) \cdot \frac{J_1}{25,80} = \\ = 17,5 \cdot 3,04 = 54tm;$$

$$M_2 = 17,5J_2 = 17,5 \cdot 16,80 = 293tm;$$

$$M_3 = 17,5L_3 = 17,5 \cdot 5,91 = 103tm;$$

$$\sigma_1 = \frac{157,9}{1,12} \pm \frac{54}{1,07} = \frac{192}{90} t/m^2;$$

$$\sigma_2 = \frac{157,9 - 155,5}{1,91} + \frac{293}{3,30} = \frac{90,04}{-87,56} t/m^2;$$

$$\sigma_3 = \frac{-155,5}{1,37} \pm \frac{103}{1,61} = \frac{-179}{-54,3} t/m^2.$$

Tính lực cắt theo biểu thức (13-7) với $x_2 = 53,6m$ và $x_1 = 50,8m$ ta được $Q_1 = 13,2t$ và $Q_2 = 17,2t$.

2. Tính toán theo tải trọng thẳng đứng

a) Tính ứng suất.

Độ lệch tâm của tải trọng thẳng đứng (h. 13-6) tính theo biểu thức

$$e_0 = e_{ct} + e_{lg} \quad (13-8)$$

trong đó e_0 — độ lệch tâm của lực dọc N ;

e_{ct} — độ lệch tâm cấu tạo (tùy theo cấu tạo cụ thể);

e_{lg} — độ lệch tâm do lắp ghép gây ra, có thể lấy $e_{lg} = \frac{t}{10}$ [t — chiều rộng (chiều dày) của tròng].

Khi sàn kê cả hai đầu lên tròng thì cho phép bỏ qua e_{ct} (vì nhịp sàn bằng nhau, tải trọng bằng nhau nên không có lệch tâm cấu tạo). Nếu sàn chỉ kê một đầu lên tròng thì phải kể đến độ lệch tâm e_{ct} .

Ở các tiết diện hình chữ nhật có tải trọng thẳng đứng tác dụng lệch tâm e_0 thì khi tính ứng suất biến theo giáo trình kết cấu sẽ được nhân với hệ số k_2 xét đến sự phân bố ứng suất không tuyến tính, theo các biểu thức (6-32) và (6-33).

Khi $e_0 \leq \frac{l}{6}$ thì ứng suất (h. 13-7) tính theo biểu thức sau đây [trong tự biểu thức (6-29)]:

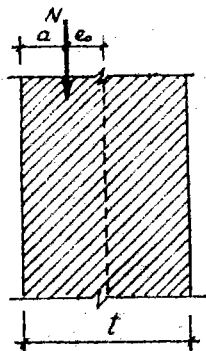
$$\sigma_{x\max} = \frac{N^{td}}{L L_1} (1 + nk_2); \quad \sigma_{x\min} = \frac{N^t}{L L_1}, \quad (13-9)$$

trong đó N^{td} và N^t — tổng tải trọng tĩnh và động và tải trọng tĩnh;
 n — hệ số, xác định theo biểu thức (6-31).

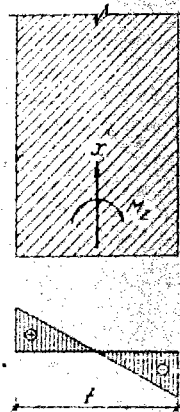
Khi $\frac{l}{6} < e_0 \leq \frac{l}{3}$ thì

$$\sigma_{x\max} = \frac{2N^{td}}{3aL_1} k_2, \quad (13-10)$$

trong đó a — xem ở hình 13-6.



Hình 13-6. Lực nén tác dụng lệch tâm.



Hình 13-7. Biểu đồ ứng suất.

Đối với những tấm tường đặc khi làm việc sẽ chịu uốn trong mặt phẳng của nó thì ứng suất pháp được tính theo biểu thức

$$\sigma_x = \frac{M_x}{J_x} y. \quad (13-11)$$

Ví dụ 13-2. Tính tường ngang ở ví dụ 13-1 theo tải trọng thẳng đứng. Tải trọng thẳng đứng tác dụng lên các mảng tường bộ phận như ở hình 13-8.

Dùng biểu thức (13-8) để tính độ lệch tâm. Trọng ví dụ này sản kể cả hai đầu lên tường nên bỏ qua e_{ct} . Vậy ta có:

$$e_0 = e_{lg} = \frac{l}{10} = \frac{0,19}{10} = 0,019m.$$

Nhưng

$$\frac{l}{6} = \frac{0,19}{6} = 0,032m, \quad \text{do đó:}$$

$$e_0 = 0,019m < \frac{l}{6} = 0,032m.$$

Như vậy ta phải dùng biểu thức (13-9) để tính ứng suất.

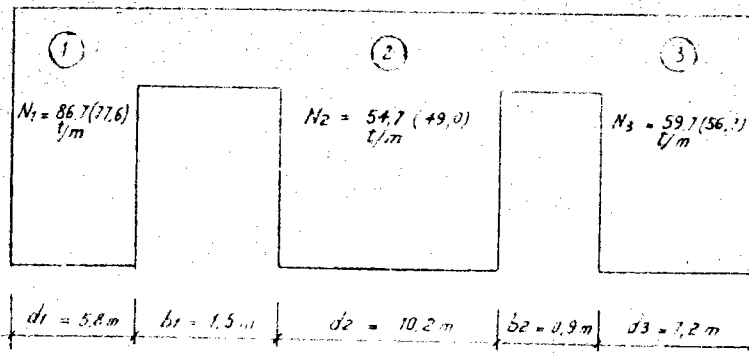
Ta tính n theo biểu thức (6-31) :

$$n = \frac{6,0,019}{0,19} = 0,6.$$

Vậy $k_2 = 0,75$.

Ta tính :

$$(1 + n) k_2 = (1 + 0,6) 0,75 = 1,2.$$



Hình 13-8. Sơ đồ tải trọng thẳng đứng tác dụng lên các mảng tường bộ phận (trị số đầu là tổng tải trọng tĩnh và động, trị số trong ngoặc là tải trọng tĩnh).

Ta sẽ tính ứng suất tại hai tiết diện $x = 67,6\text{ m}$ và $x = 53,6\text{ m}$.

* Tại tiết diện $67,6\text{ m}$.

Vì tải trọng đã cho dưới dạng phân bố (t/m) do đó phải nhân với chiều rộng mảng tường sẽ được tải trọng tập trung (t).

Vậy:

$$\sigma_{1x\max} = \frac{86,7 \cdot 5,8 \cdot 1,2}{0,19 \cdot 5,8} = 543\text{ t/m}^2;$$

$$\sigma_{1x\min} = \frac{77,6 \cdot 5,8}{0,19 \cdot 5,8} = 495\text{ t/m}^2.$$

Tương tự ta tính cho mảng tường thứ hai và thứ ba :

$$\sigma_{2x\max} = \frac{54,7 \cdot 10,2 \cdot 1,2}{0,19 \cdot 10,2} = 346\text{ t/m}^2;$$

$$\sigma_{2x\min} = \frac{49,0 \cdot 10,2}{0,19 \cdot 10,2} = 310\text{ t/m}^2;$$

$$\sigma_{3x\max} = \frac{59,7 \cdot 7,2 \cdot 1,2}{0,19 \cdot 7,2} = 378\text{ t/m}^2;$$

$$\sigma_{3x\min} = \frac{56,7 \cdot 7,2}{0,19 \cdot 7,2} = 358\text{ t/m}^2.$$

Tính ứng suất do mômen gây ra theo biểu thức (13-11), ở đây các M_x đã tính được ở trên nên ta có :

$$\sigma_{1x} = \frac{82,7}{3,04} \cdot \frac{5,8}{2} = 77,5 t/m^2;$$

$$\sigma_{2x} = \frac{450 \cdot 10,2}{16,8 \cdot 2} = 138,0 t/m^2$$

$$\sigma_{3x} = \frac{158,0 \cdot 7,2}{5,91 \cdot 2} = 96,2 t/m^2.$$

* Tại tiết diện $x = 53,6m$.

Vì tại tiết diện này không cho trị số các lực nén nên ta phải nội suy theo biểu thức

$$N^{(2)} = \frac{N^{(1)} \cdot x_2}{x_1} \quad (13-12)$$

Ví dụ tính cho mảng tường thứ nhất :

$$N_1 = \frac{86,7 \cdot 53,6}{67,6} = 68,0 (61,0) t/m.$$

Tương tự ta có :

$$N_2 = 43,5 (39) t/m \text{ và } N_3 = 47,3 (44,8) t/m.$$

Từ các kết quả tính được ta thống kê thành bảng 13-4.

Bảng 13-4

Kết quả tính toán (ứng với ví dụ 13-2)

Tiết diện x (m)	Lực cắt (t)		Ứng suất tại mảng tường bộ phận (kg/cm^2)									
			1					3				
	Q_{12}	Q_{23}	σ_1	σ_{1x} max	σ_{1x} min	$\Sigma\sigma_{1x}$ max	$\Sigma\sigma_{1x}$ min	σ_3	σ_{3x} max	σ_{3x} min	$\Sigma\sigma_{3x}$ max	$\Sigma\sigma_{3x}$ min
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
67,6	12,3	21,8	28,3	54,3	49,5	82,6	21,2	29,5	37,8	35,8	67,3	6,3
53,6	13,2	17,2	19,2	43,0	35,6	62,2	16,4	17,9	29,8	24,6	47,7	6,7

Chỉ dẫn bảng 13-4. Mảng tường bộ phận 2 không thống kê vào đây vì ứng suất của nó nhỏ. Trong thực tế người ta chỉ quan tâm đến ứng suất của các mảng tường bộ phận hai đầu (1 và 3).

Tính ứng suất tương tự như tại tiết diện $x = 67,6m$ [vẫn dùng biểu thức (13-9)]:

$$\sigma_{1x\max} = \frac{68,0 \cdot 1,2}{0,19 \cdot 5,8} \cdot 5,8 = 430 t/m^2;$$

$$\sigma_{1x\min} = \frac{61,0 \cdot 5,8}{0,19 \cdot 5,8} = 356 t/m^2;$$

$$\sigma_{2x\max} = \frac{43,5 \cdot 1,2 \cdot 10,2}{0,19 \cdot 10,2} = 275t/m^2;$$

$$\sigma_{2x\min} = \frac{39,0 \cdot 10,2}{0,19 \cdot 10,2} = 247t/m^2;$$

$$\sigma_{3x\max} = \frac{47,3 \cdot 1,2}{0,19 \cdot 7,2} \cdot 7,2 = 298t/m^2;$$

$$\sigma_{3x\min} = \frac{44,8 \cdot 7,2}{0,19 \cdot 7,2} = 246t/m^2.$$

Theo quy định ở bảng 13-1, ứng suất nén cho phép ứng với bê tông mac 300 và $l = 19cm$ là $70 \cdot 1,2 = 84kG/cm^2$.

Tại tiết diện $x = 67,6m$ ta có :

$$\Sigma\sigma_{1x\max} = 82,6kG/cm^2 \text{ và } \Sigma\sigma_{3x\max} = 67,3kG/cm^2$$

(bảng 13-4). Như vậy đều nhỏ hơn ứng suất nén cho phép.

Tại tiết diện $x = 53,6m$ ta có :

$\Sigma\sigma_{1\max} = 62,2 kG/cm^2$ và $\Sigma\sigma_{3\max} = 47,7kG/cm^2$. Như vậy cũng nhỏ hơn ứng suất nén cho phép.

b) Kiểm tra oản.

Để kiểm tra oản, người ta áp dụng biểu thức

$$\Sigma\sigma_{\max} \leq \tau_2 \tau_3 [\sigma], \quad (13-13)$$

trong đó τ_2 — hệ số :

$$\tau_2 = \frac{1}{k_8}, \quad (13-14)$$

k_8 — hệ số sai lệch, lấy theo bảng 13-5;

τ_3 — hệ số lấy, như sau:

0,9 — đối với tường blóc ;

1,0 — đối với tường dải hoặc tấm,

$[\sigma]$ — ứng suất nén cho phép của bê tông, lấy theo bảng 13-1.

Bảng 13-5
Trị số của hệ số sai lệch k_8

n \ l_k/t	4	8	12	16	20	24
0	1,00	1,05	1,22	1,43	1,73	2,14
0,25	1,00	1,06	1,24	1,47	1,80	2,27
0,50	1,00	1,07	1,27	1,53	1,80	2,39
0,60	1,00	1,08	1,29	1,53	1,92	2,45
0,75	1,01	1,09	1,31	1,58	1,97	2,53
1,00	1,01	1,10	1,34	1,63	2,07	2,70
1,25	1,01	1,11	1,37	1,69	2,18	2,89
1,50	1,01	1,13	1,40	1,76	2,31	3,10
1,75	1,01	1,15	1,44	1,83	2,44	3,35
2,00	1,02	1,16	1,48	1,91	2,60	3,70

Chỉ dẫn bảng 13-5.

l_k — chiều dài oản :

$$l_k = rh, \quad (13-5)$$

trong đó r — hệ số, phụ thuộc vào điều kiện gối của tường (h. 13-9), lấy theo bảng 13-6; h — chiều cao tầng.

Bảng 13-6

Trị số của hệ số r đối với tường bê tông và bê tông cốt thép

Loại gối	Biểu đồ phân bố ứng suất	r	Bê tông nhẹ	Bê tông nặng
Gối theo hai hướng		1,0		
Gối theo ba hướng		$(1,05 - 0,225\eta_4) \times \sqrt{\frac{0,5 + \eta_5}{1,5}}$	$1 \leq \eta_4 \leq 1,6$	$0,8 \leq \eta_4 \leq 1,6$
Gối theo ba hướng		$(1,05 - 0,225\eta_4) \times \sqrt{\frac{2,7 + \eta_5}{3,7}}$	$1 \leq \eta_4 \leq 1,6$	
Gối theo bốn hướng		$\frac{1}{1 + \eta_4^2} \times \sqrt{\frac{1,1 + \eta_5}{2,1}}$	$0,5 \leq \eta_4 \leq 0,8$	$0,4 \leq \eta_4 \leq 0,8$

Chỉ dẫn bảng 13-6.

L_t — chiều dài tường;

$$\eta_4 = \frac{h}{L_t}; \quad (13-16)$$

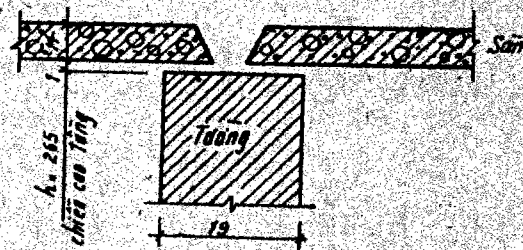
$$\eta_5 = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \quad (0 \leq \eta_5 \leq 1). \quad (13-17)$$

Vi dụ 13-3. Kiểm tra oằn của tường ngang ở hình 13-9;

Ta kiểm tra oằn theo biểu thức (13-13). Ta tính chiều dài oằn theo biểu thức (13-15), ở đây lấy $r = 1$ (bảng 13-6), vì đã chọn gối tựa theo hai hướng. Vậy

$$l_k = 1 \cdot 2,65 = 2,65m.$$

$$\text{Tính: } \frac{l_k}{l} = \frac{2,65}{0,19} = 14.$$



Hình 13-9. Sàn gối lên tường.

Tra bảng 13-5 được (nội suy) $k_8 = 1,41$ ($n = 0,6$ đã tính ở trên).
 Tính hệ số τ_2 theo biểu thức (13-14):

$$\tau_2 = \frac{1}{1,41} = 0,71.$$

Ở đây tương tằm do đó lấy $\tau_2 = 1$.

Vậy: $\tau_2 \tau_3 [\sigma] = 0,71 \cdot 1 \cdot 70 \cdot 1,2 = 59,6 \text{ kG/cm}^2$.

Do đó biểu thức (13-13) không thỏa mãn (vì tất cả các $\Sigma \delta_{\max}$ không nhỏ hơn $59,6 \text{ kG/cm}^2$) và cần tăng chiều dày tương. Như vậy sau khi đã tăng chiều dày tương sẽ phải kiểm tra lại các điều kiện như ở trên cho đến khi đạt được yêu cầu.

c) Kiểm tra xoắn

Để kiểm tra xoắn, người ta cũng áp dụng biểu thức (13-13) nhưng k_8 phụ thuộc vào l_x chứ không phải là l_k (cần chú ý là khi tra k_8 theo bảng 13-5 thì phải dùng $\frac{l_x}{100l}$):

$$l_x = r_1 H_x, \quad (13-18)$$

trong đó r_1 — hệ số:

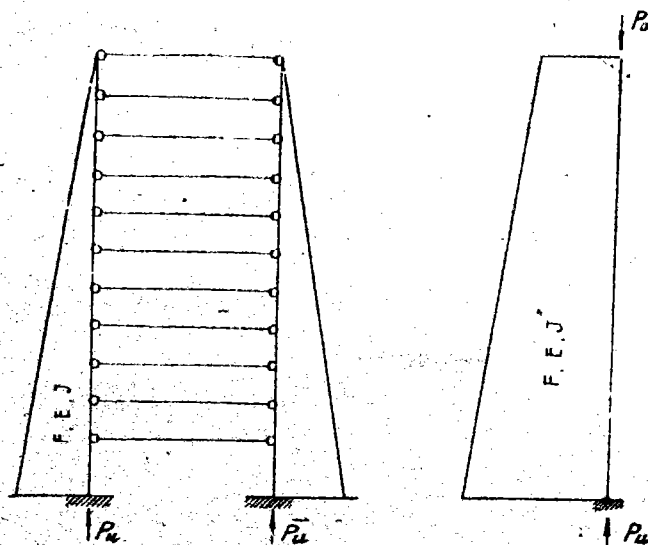
$$r_1 = 2\sqrt{0,305(1 + \tau_6) + 0,695(\tau_7 + \tau_8 \tau_6)}; \quad (13-19)$$

$$\tau_6 = \frac{\bar{P}_u}{P_u}; \quad (13-20)$$

$$\eta_1 = \frac{\bar{P}_v}{P_v}; \quad (13-21)$$

$$\tau_8 = \frac{\bar{P}_\bullet}{P_u}; \quad (12-22)$$

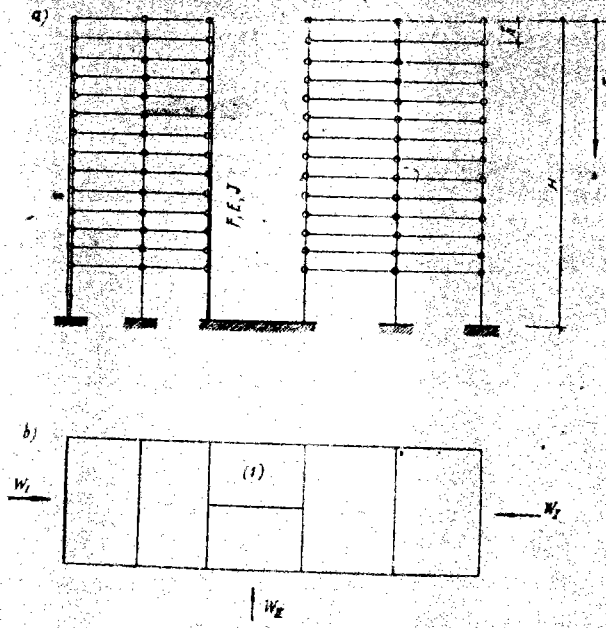
P_0 và P_u — tổng tải trọng thẳng đứng ở mép trên và mép dưới của tương cố định (nếu không có cầu thang và mái thì $P_0 = 0$; còn P_u thì gồm toàn bộ trọng lượng tương và mái) (h. 13-10);



Hình 13-10. Biểu đồ tải trọng.

\bar{P}_0 và \bar{P}_u -- tổng trọng lượng của tường (cộng sàn, mái) được làm ổn định (đối với giằng thì lấy theo hướng gió để xác định);

H_x -- chiều cao kể từ mái đến giữa tầng đang xét (x) (h. 13-11).



Hình 13-11. Sơ đồ kết cấu (a) và mặt bằng của nhà chịu tải trọng nằm ngang và hướng gió tác dụng (b).

Ví dụ 13-4. Kiểm tra xoắn của tường ngang ở ví dụ 13-2.

Ta kiểm tra xoắn theo biểu thức (13-13). Ta tính chiều dài xoắn l_x theo biểu thức (13-18), trong đó r_1 tính theo biểu thức (13-19).

Tính η_6 theo biểu thức (13-20), ở đây $\bar{P}_u = 3600l$ và $P_u = \Sigma N = 86,7 \cdot 5,8 + 54,7 \cdot 10,2 + 59,7 \cdot 7,2 = 1490l$.

Vậy:
$$\eta_6 = \frac{3600}{1490} = 2,43.$$

Tính η_7 và η_8 theo các biểu thức (13-21) và (13-22). Ở đây ta giả thiết biểu đồ tải trọng phân bố tuyến tính, do đó

$$\eta_7 = \eta_8 = \frac{1}{24}.$$

Vậy:

$$r_1 = 2 \sqrt{0,305(1 + 2,43) + 0,695 \left(\frac{1}{24} + \frac{1}{24} \cdot 2,43 \right)} = 2,14.$$

Do đó:

$$l_x = 2,14 \cdot 67,6 = 145m.$$

Tính:

$$\frac{l_x}{100l} = \frac{145}{100 \cdot 0,19} = 7,61.$$

Tính e_o :

$$e_o = \frac{M}{P_u} = \frac{\omega h^2}{2P_u} = \frac{2,39 \cdot 67,6^2}{2 \cdot 1490 \cdot 100} = 3,63 \text{ cm.}$$

Cho nên:

$$n = \frac{6 \cdot 3,63}{100 \cdot 0,19} = 1,15.$$

Tra bảng 13-5 ta được $k_g = 1,08$.

$$\text{Vậy: } \eta_2 \eta_3 [\sigma] = \frac{1}{1,08} \cdot 1 \cdot 70 \cdot 1,2 = 78 \text{ kG/cm}^2$$

(η_3 lấy như ở ví dụ 13-3).

Như vậy, biểu thức (13-13) không thỏa mãn (vì $\Sigma \sigma_{\max} = 82,6 \text{ kG/cm}^2$ đã tính ở ví dụ 13-2 không nhỏ hơn 78 kG/cm^2), do đó cần tăng chiều dày tường để tính lại.

Ví dụ 13-5. Tính cốt thép tại dầm của tường ngang ở ví dụ 13-2.

Tính diện tích cốt thép theo biểu thức thông thường:

$$F_{ct} = F'_{ct} = \mu \frac{w}{135} l h_o \quad (13-23)$$

trong đó μ — hệ số, tra trong các bảng thông thường, phụ thuộc δ ;

$$\delta = \delta' = \frac{k M_{\max}}{w l h_o^2}; \quad (13-24)$$

k — hệ số an toàn, lấy bằng 1,7;

$$M_{\max} = Q_{\max} \frac{b}{2}; \quad (13-25)$$

$Q_{\max} = T_{\max} = 24,8 \text{ t}$ (đã tính ở ví dụ 13-2);

w — hệ số, tra ở các bảng thông thường.

Vậy:

$$M_{\max} = \frac{24,8 \cdot 0,9}{2} = 11,2 \text{ tm};$$

$$\delta = \frac{1,7 \cdot 11,2}{0,18 \cdot 0,19 \cdot 52^2} = 0,212 (h_o = h_d - 3 = 55 - 3 = 52 \text{ cm});$$

$$\delta = 0,212 \rightarrow \mu = 0,58.$$

$$F_{ct} = 0,58 \frac{180}{135} 0,19 \cdot 52 = 7,62 \text{ cm}^2.$$

Tính ứng suất tiếp theo biểu thức

$$\tau_o = \frac{Q_{\max}}{K_z \cdot h_{ot}}, \quad (13-26)$$

với điều kiện cho phép là: $\tau_o \leq [\tau] = 20 \text{ kG/cm}^2$.

Vậy:

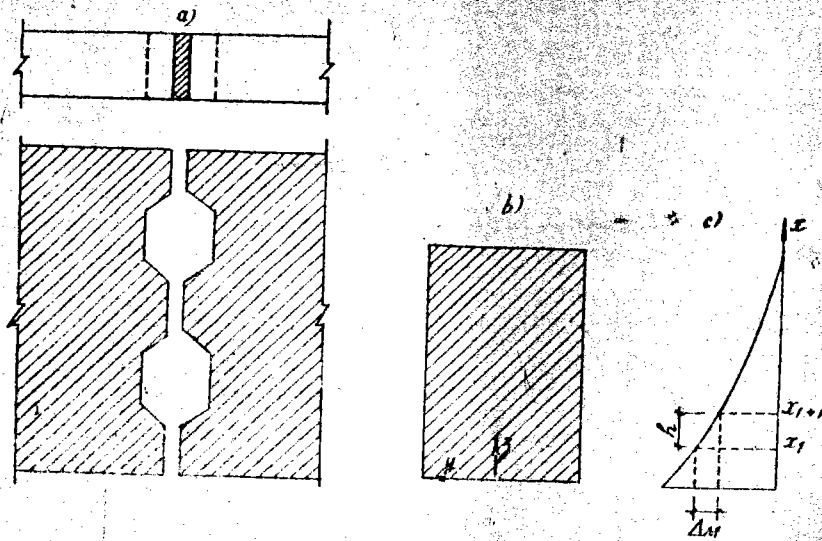
$$\tau_o = \frac{24800}{K_z \cdot 52 \cdot 19}$$

Tính cốt thép xiên theo biểu thức

$$F_{ctx} = \frac{\nu_{ctx} Q_{\max}}{\sqrt{2} \sigma_{ctx}} \quad (13-27)$$

d) Tính khe nối ngang

Hình dạng nối ngang như ở hình 13-12a.



Hình 13-12. Mặt bằng khe nối giữa hai tường (a), trục tọa độ đối với tường (b) và biểu đồ mômen trong tường (c).

Đối với trường không có lỗ cửa, ứng suất tiếp trong khe nối ngang tính theo biểu thức

$$\tau_x = \frac{Q_x S}{J b_{kn}} \quad (13-28)$$

trong đó Q_x — lực cắt tại tiết diện x ;

S — mômen tĩnh của mặt tiếp xúc;

J — mômen quán tính của mặt cắt ngang tầng;

b_{kn} — chiều rộng tác dụng của khe nối ngang.

Lực cắt của mỗi tầng xác định theo biểu thức

$$T = \Delta M \frac{S}{J} \quad (13-29)$$

trong đó ΔM — hiệu mômen uốn giữa hai tầng (h.13-12c).

Cần kiểm tra ứng suất tiếp theo điều kiện

$$\tau_o = \frac{T_{max}}{hI} \leq [\tau] = 2 \text{ kG/cm}^2, \quad (13-30)$$

trong đó h — chiều cao tầng.

Nếu $\tau_o > [\tau]$ thì phải thiết kế khe nối ngang theo kiểu răng cưa (h.13-13) và lúc đó cần phải kiểm tra theo các điều kiện sau đây:

$$h_1 \geq \frac{T}{nb [\tau_{kn}]} \quad (13-31)$$

$$h_2 > \frac{T}{nb [\tau_1]}; \quad (13-32)$$

$$a > \frac{T}{nb [\sigma_{kn}]} > 2 \text{ cm}, \quad (13-33)$$

trong đó h_1 — chiều cao của nêm;

h_2 — chiều cao của răng;

a — chiều sâu của răng;

b — chiều rộng của răng;

n — số răng;

$[\tau_{kn}]$ — ứng suất tiếp cho phép của bê tông khe nối, lấy theo bảng 13-7;

$[\tau_1]$ — như trên, của bê tông tường, lấy theo bảng 13-7;

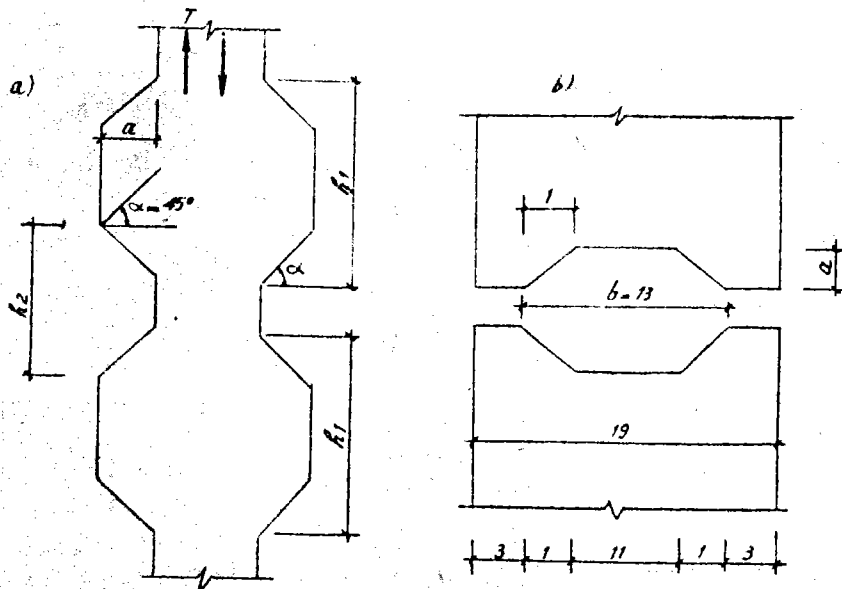
$[\sigma_{kn}]$ — ứng suất nén cho phép của bê tông khe nối, lấy theo bảng 13-1.

Bảng 13-7

Ứng suất cho phép của bê tông (kG/cm^2)

Mac bê tông	160	225	300
$[\sigma_k]$	5	6	7
$[\tau_{kn}] = [\tau_1]$	12	14	15

Chi dẫn bảng 13-7: $[\sigma_k]$ — ứng suất kéo cho phép của bê tông.



Hình 13-13. Mặt cắt đứng của răng chịu cắt giữa hai tấm tường (a) và kích thước mặt bằng của nó (b).

Tính diện tích cốt thép trong khe nối theo biểu thức

$$F_{ct} = \frac{T_{max}}{\sigma_{ct}}, \quad (13-34)$$

trong đó σ_{ct} — ứng suất kéo của cốt thép.

Khoảng cách đặt cốt thép e và uốn cốt thép D xác định như sau (h.13-14):

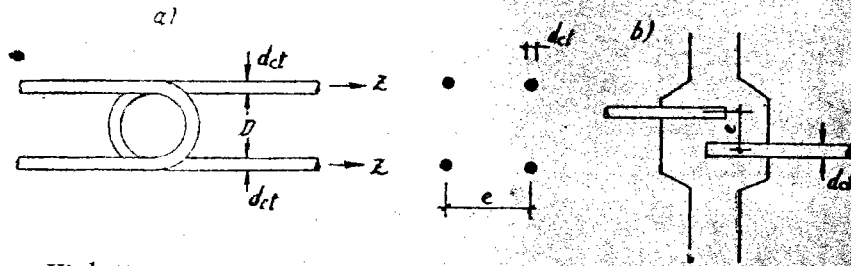
$$\text{-- khi } \frac{e}{d_{ct}} < 5 \text{ thì } \frac{D}{d_{ct}} = \frac{2\pi\sigma_{ct}}{1 + e/d_{ct}}; \quad (13-35)$$

$$\text{-- khi } \frac{e}{d_{ct}} > 5 \text{ thì } \frac{D}{d_{ct}} = \frac{\pi\sigma_{ct}}{3r_9}, \quad (13-36)$$

trong đó d_{ct} — đường kính cốt thép (h.13-14);

r_9 — hệ số, lấy theo bảng (1).

Người ta đã lập bảng để tính tỷ số D/d_{ct} theo e/d_{ct} (bảng 13-8).



Hình 13-14. Vị trí và khoảng cách đặt, uốn cốt thép trong mối nối: mặt bằng (a) và mặt cắt (b).

Bảng 13-8

Tri số D/d_{ct}

Mac vật liệu		Tri số D/d_{ct}		
cốt thép	bê tông	khi e/d_{ct} bằng		
		3	4	≥ 5
StA — I	160	16	13	11
	225	12	9	8
	300	9	7	6
StA — III	160	29	23	19
	225	20	16	14
	300	15	12	10
	≥ 450	10	10	10

Chỉ dẫn bảng 13-8. Mac cốt thép StA (của CHDC Đức) ứng với cốt thép Ct của Liên Xô (NBT).

Ví dụ 13-6. Tính khe nối ngang trong tường ngang.

Kiểm tra τ_0 theo biểu thức (13-30). Ta có:

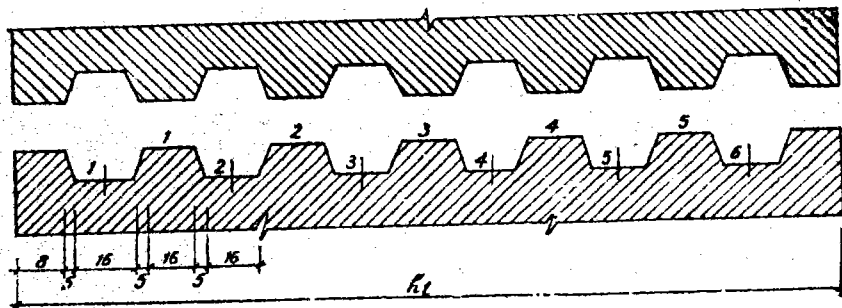
$$\tau_0 = \frac{24800}{280 \cdot 19} = 4,67 \text{ kG/cm}^2.$$

1. Nhưng ở đây ta tính D/d_{ct} theo bảng 13-8 nên không cần bảng này.

Vậy :

$$\tau_o = 4,67 \text{ kG/cm}^2 > [\tau] = 2 \text{ kG/cm}^2.$$

Điều kiện (13-30) không thỏa mãn, do đó phải làm khe nối ngang. Lúc đó ta phải kiểm tra theo các điều kiện (13-31), (13-32) và (13-33). Ta chọn $h_1 = h_2 = 26 \text{ cm}$; $a = 5 \text{ cm}$; $b = 13 \text{ cm}$ và $n = 6$ (h. 13-15).



Hình 13-15. Mặt cắt (đứng) của khe nối ngang theo kiểu răng cưa (ứng với ví dụ 13-6).

Ta lấy $[\tau_{kn}] = [\tau] = 16 \text{ kG/cm}^2$ (bảng 13-7). Do đó :

$$\frac{T}{nb[\tau_{kn}]} = \frac{T}{nb[\tau]} = \frac{24800}{6 \cdot 13 \cdot 16} = 19,9 \text{ cm}.$$

Vậy $h_1 = h_2 = 26 \text{ cm} > 19,9 \text{ cm}$, do đó các điều kiện (13-31) và (13-32) thỏa mãn.

Tính : $\frac{T}{nb[\sigma_{kn}]} = \frac{24800}{6 \cdot 13 \cdot 70} = 4,5 \text{ cm}.$

Vậy $a = 5 \text{ cm} > 4,5 \text{ cm} > 2 \text{ cm}$, do đó điều kiện (13-33) thỏa mãn.

Chiều cao tấm tường (h. 13-15) là :

$$h_t = 16 \cdot 11 + 6 \cdot 2 \cdot 5 + 2 \cdot 8 = 252 \text{ cm} = 2,52 \text{ m}.$$

Tính diện tích cốt thép trong khe nối theo biểu thức (13-34). Ta có :

$$T_{\max} = Q = Z = 24,8 \text{ t/chiều cao tầng}.$$

Vậy :

$$F_{ct} = \frac{24,8}{2,4} = 10,3 \text{ cm}^2/\text{chiều cao tầng}.$$

Ta chọn 20 $\phi 8$ (có $F_{ct} = 10,1 \text{ cm}^2$).

Chọn $\frac{e}{d_{ct}} > 5$, tra bảng 13-8 được $\frac{D}{d_{ct}} = 10$

(ứng với thép StA — III và bê tông mac 300).

Do đó :

$$D \geq 10 d_{ct} = 10 \cdot 0,8 = 8,0 \text{ cm}.$$

e) Tính lực cắt trong khe nối đứng

Trên đây trong tính toán đã xét đến lỗ cửa. Kết quả xác định nội lực của tường (phương pháp Rosman) cho ta lực cắt ở đầu các liên kết (tức là dầm trên các lỗ cửa liên kết của mảng tường). Lực cắt này có thể xem như gần đúng ở các khe nối đứng khác. Trong ví dụ 13-5 ta đã lấy Q hoặc T của dầm vách cứng hay dầm liên kết để tính cho khe nối đứng, đó là một cách lấy gần đúng.

Việc phân chia cả một vách cứng lớn thành nhiều vách cứng nhỏ (chẳng hạn tường ngang chịu lực dài 12 m ta chia làm ba vách cứng) là do yêu cầu nâng của cần cầu và cấu tạo. Ở đây ta lấy Q lớn nhất để tính, cho nên ta có thể cắt ở chỗ nào cũng được.

Tính gần đúng ta xem vách cứng như là một tấm đặc. Ta có biểu thức tính ứng suất tiếp tương tự biểu thức (12-28):

$$\tau_x = \frac{Q_x S}{J b_{kd}}, \quad (12-37)$$

hay
$$T_x = \tau_x b_{kd} = \frac{Q_x S}{J}, \quad (12-38)$$

trong đó b_{kd} — chiều rộng tác dụng của khe nối đứng.

Vi dụ 13-7. Tính lực cắt trong khe nối đứng của tường ngang ở vi dụ 13-2 với các số liệu: $\Sigma \alpha_k = 2,47$; $\Delta_1 = 0,0059$ m; tải trọng gió $\omega = 5,85$ t/m và $E = 30,5 \cdot 10^4$ kG/cm² (bê tông mac 300).

Tính lực cắt tại các cao trình của tường theo biểu thức

$$Q_{x1} = \frac{\omega x_1}{\Sigma \alpha_k}. \quad (13-39)$$

Ta có:

$$Q_{x=67,6} = \frac{5,85 \cdot 67,6}{2,47} = 160 \text{ t};$$

$$Q_{x=64,8} = \frac{5,85 \cdot 64,8}{2,47} = 153 \text{ t}.$$

Tính mômen quán tính của tường theo biểu thức (12-6):

$$J_1 = \frac{\omega H^4}{8 E \Delta_1} = \frac{5,85 \cdot 74,6^4}{8 \cdot 30,5 \cdot 10^4 \cdot 0,0059} = 215 \text{ m}^4.$$

Tính chiều dài của tường theo biểu thức quen thuộc

$$L_1 = \sqrt[3]{\frac{J_1 \cdot 12}{t}}. \quad (13-40)$$

trong đó t — chiều dày của tường (ở đây $t = 0,19$ m).

Ta có:

$$L_1 = \sqrt[3]{\frac{215 \cdot 12}{0,19}} = 23,9 \text{ m}.$$

Tính mômen tĩnh của tường theo biểu thức

$$S = \frac{t L_1^3}{8}. \quad (13-41)$$

Ta có:

$$S = \frac{0,19 \cdot 23,9^3}{8} = 13,5 \text{ m}^3.$$

Tính lực cắt của mỗi tầng theo biểu thức (13-38):

$$T_{x-67,6} = \frac{160 \cdot 13,5}{215} = 10,1 \text{ t/m};$$

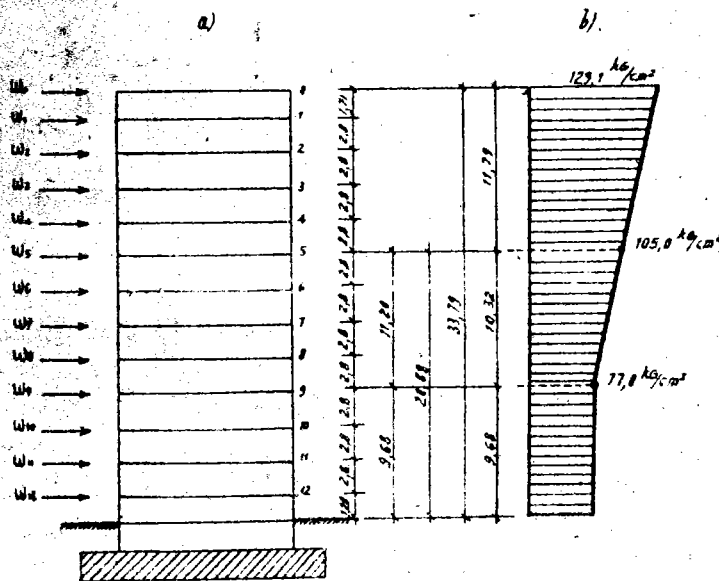
$$T_{x-64,8} = \frac{153 \cdot 13,5}{215} = 9,6 \text{ t/m}.$$

Vậy lực cắt trong khe nối đứng sẽ là:

$$Q = 1/2 (T_{x1} + T_{x2}) h = 1/2 (10,1 + 9,6) 2,8 = 28,3 \text{ t}.$$

§ 14. PHƯƠNG PHÁP PHÂN TẢI TRỌNG NẪM NGANG CHO CÁC TẦNG SÀN

Để làm ví dụ, ta tính cụ thể cho nhà ở hình 14-1a.



Hình 14-1. Sơ đồ tính toán tải trọng gió (a) và biểu đồ cường độ tải trọng gió (b).

Theo các giả thiết đã nêu, sàn được xem như dầm liên tục gối lên các tường ngang. Khi phân tải trọng nằm ngang lên các sàn (vách cứng nằm ngang), có hai trường hợp xảy ra:

1. trực tác dụng của tải trọng gió đi qua tâm xoắn của nhà;
2. trực tác dụng của tải trọng gió không đi qua tâm xoắn của nhà.

Việc xác định tải trọng gió (và do đó tìm được lực Q và mômen M tại các cao trình của nhà) phải dựa vào quy phạm phân vùng khí hậu và quy phạm tải trọng gió.

Chẳng hạn ở ví dụ này biểu đồ cường độ tải trọng gió tính được như ở hình 14-1b.

Từ biểu đồ cường độ tải trọng gió ta tính được tải trọng gió lớn nhất (1)
 $\omega_2 = 340 \text{ kG/m}$ và mômen (2) tại tiết diện 2 (tiết diện bất lợi nhất) là

$$M_2 = 57 \cdot 448,8 \text{ kGm/m} \approx 57,45 \text{ tm/m}$$

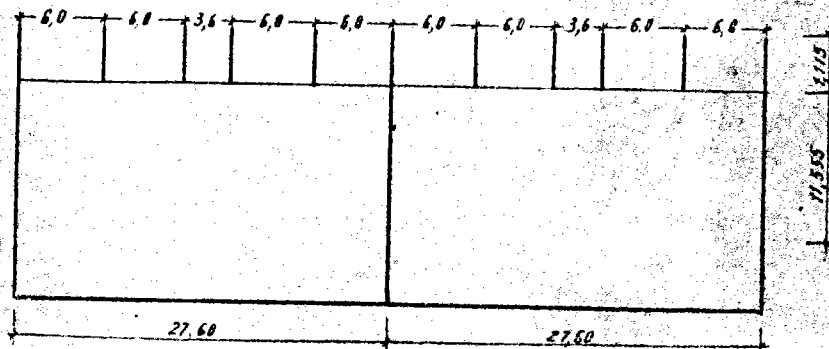
Tính tải trọng gió theo chiều dài nhà:

$$\Sigma \omega = 340 \cdot 55,4 = 18,85 \text{ t}$$

1. Phạm vi gió tác dụng

Xét trường hợp nhà có lôgia (h. 14-2).

Khi xét tải trọng gió tác dụng vào mặt hồi của nhà, ảnh hưởng của lôgia làm cho chiều rộng hứng gió tăng lên. Trong ví dụ này ta tính được chiều rộng hứng gió $b'' = 16,02 \text{ m}$.



Hình 14-2. Mặt bằng nhà có lôgia (kích thước tính bằng m).

2. Mômen do tải trọng gió

Ở trên ta đã tính được $M_2 = 57,45 \text{ tm/m}$ và $b'' = 16,02 \text{ m}$. Vậy mômen do tải trọng gió gây ra tại tiết diện 2 theo hướng ngang nhà là:

$$M_{gn} = 57,45 \cdot 16,02 = 920,35 \text{ tm}$$

và theo hướng chính diện (dọc nhà):

$$M_{gd} = 57,45 \cdot 55,4 = 3182,73 \text{ tm}$$

Các mômen này được truyền vào các tường cứng dọc lập tỷ lệ theo độ cứng của chúng (3) đồng thời phụ thuộc vào trục gió so với trục đi qua tâm xoắn của nhà.

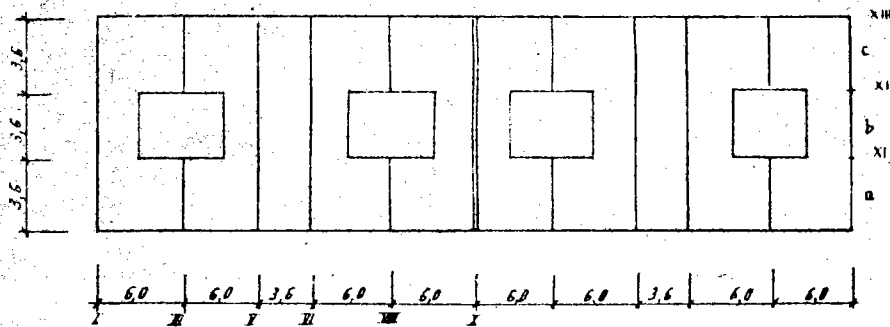
Ta xét từng trường hợp.

a) Trường hợp trục tác dụng của tải trọng gió trùng với trục đi qua tâm xoắn của nhà. Ta xét sơ đồ nhà ở hình 14-3.

1. Tính được tải trọng gió bằng cách lấy cường độ tải trọng gió nhân với chiều cao từ giữa tầng nọ đến giữa tầng kia.
2. Khi tính mômen ta xem như côngxon nằm tại tiết diện đang xét.
3. Tính độ cứng của tường có lỗ cửa theo phương pháp Rosman.

Tính mômen quán tính toàn nhà:

$$\begin{aligned}
 J_I &= 2.16,440 = 32,880m^4; \\
 J_{IIIa} &= 2.0,583 = 1,160m^4; \\
 J_{IIIc} &= 4.0,583 = 2,332m^4; \\
 J_V &= 2.14,200 = 28,400m^4; \\
 J_{VI} &= 2.10,710 = 21,420m^4; \\
 J_{VIIIa} &= 2.0,431 = 0,862m^4; \\
 J_X &= 1.16,440 = 16,440m^4; \\
 J_{\text{cầu thang}} &= 40,861 = 3,444m^4 \\
 \hline
 \Sigma J &= 106,944m^4
 \end{aligned}$$



Hình 14-3. Vị trí các tường cứng trên mặt bằng trong trường hợp nhà đối xứng (kích thước tính bằng m).

Mômen do gió gây ra tại tiết diện 2 sẽ phân cho các tường cứng tỷ lệ theo độ cứng của chúng như biểu thức (7-12):

$$\begin{aligned}
 M_I &= \frac{16,440}{106,944} \cdot 3182,73 = 490,0tm; \\
 M_{IIIa} &= M_{IIIc} = \frac{0,583}{106,944} \cdot 3182,73 = 17,4tm; \\
 M_V &= \frac{14,200}{106,944} \cdot 3182,73 = 423,0tm; \\
 M_{VI} &= \frac{10,710}{106,944} \cdot 3182,73 = 319,00tm; \\
 M_{VIIIa} &= \frac{0,431}{106,944} \cdot 3182,73 = 12,85tm; \\
 M_X &= \frac{16,44}{106,944} \cdot 3182,73 = 490,0tm.
 \end{aligned}$$

Trong tự, tải trọng gió cũng được phân cho các tường cứng tỷ lệ theo độ cứng của chúng:

$$W_I = \frac{16,440}{106,944} \cdot 18,85 = 2,90t;$$

$$W_{\text{III, IIIc và cầu thang}} = \frac{0,583 + 0,583 + 0,861}{106,944} \cdot 18,85 = 0,36t;$$

$$W_V = \frac{14,200}{106,944} \cdot 18,85 = 2,51t;$$

$$W_{VI} = \frac{10,710}{106,944} \cdot 18,85 = 1,89t;$$

$$W_{\text{VIII, VIIIc và cầu thang}} = \frac{0,431 + 0,583 + 0,861}{106,944} \cdot 18,85 = 0,33t;$$

$$W_N = \frac{16,440}{106,944} \cdot 18,85 = 2,90t.$$

Tính lực cắt:

$$Q_{II} = 0,340 \cdot 0,1 = 0,034t;$$

$$Q_{II} = 0,0340 - 2,9 = -2,866t;$$

$$Q_{III} = -2,866 + 0,34 \cdot 6 = -0,826t;$$

$$Q_{III} = -0,854 - 0,360 = -1,186t;$$

$$Q_{VI} = -1,186 + 0,340 \cdot 6 = +0,854t;$$

$$Q_{VI} = -0,854 - 2,51 = -1,656t;$$

$$Q_{VII} = -0,434 - 1,890 = -2,324t;$$

$$Q_{VII} = -1,656 + 0,34 \cdot 3,6 = -0,434t;$$

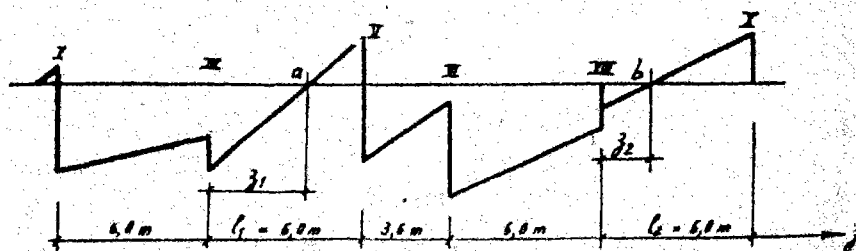
$$Q_{VIII} = -2,324 + 0,340 \cdot 6,0 = -0,284t;$$

$$Q_{VIII} = -0,284 - 0,333 = -0,617t;$$

$$Q_{XI} = -0,617 + 0,340 \cdot 6,0 = +1,423t;$$

$$Q_{XI} = 1,423 - 2,90 = -1,477t.$$

Từ các trị số lực cắt đã tính được, ta vẽ biểu đồ như ở hình 14-4.



Hình 14-4. Biểu đồ lực cắt của các tường cứng (vẽ cho nửa nhà).

Tính mômen lớn nhất tại vị trí có lực cắt $Q=0$, sau đó dùng trị số mômen này để tính thép giằng xung quanh sàn. Ở đây ta tính mômen tại các điểm a và b (h. 14-4). Xác định vị trí các điểm a và b :

$$z_1 = \frac{l_1 Q_{III}}{Q_{III} + Q_{VI}} = \frac{6,0 \cdot 1,186}{1,186 + 0,854} = 3,49m,$$

$$z_2 = \frac{l_2 Q_{VIII}}{Q_{VIII} + Q_{XI}} = \frac{6,0 \cdot 0,617}{0,617 + 1,423} = 1,82m.$$

Vậy:

$$M_a = +0,034 + 0,10 \cdot 0,5 - (2,866 + 0,826) \cdot 0,5 \cdot 6 - 1,186 \cdot 3,49 \cdot 0,5 = 13,161 \text{ tm};$$

$$M_b = 0,034 \cdot 0,10 \cdot 0,5 - (2,866 + 0,826) \cdot 0,5 \cdot 6 - 1,186 \cdot 3,49 \cdot 0,5 + 0,854 \cdot 2,51 \cdot 0,5 - (1,656 + 0,434) \cdot 0,5 \cdot 3,6 - (2,32 + 0,284) \cdot 0,5 \cdot 6 - 0,617 \cdot 1,82 \cdot 0,5 = 24,243 \text{ tm}.$$

Nếu tường không có lỗ cửa thì ta sử dụng trực tiếp các mômen lớn nhất này để tính toán ứng suất. Nếu tường có lỗ cửa và trực gió trùng với trục đi qua tâm xoắn của nhà thì mômen của tường cũng tính toán theo Rosman nhưng được nhân với hệ số

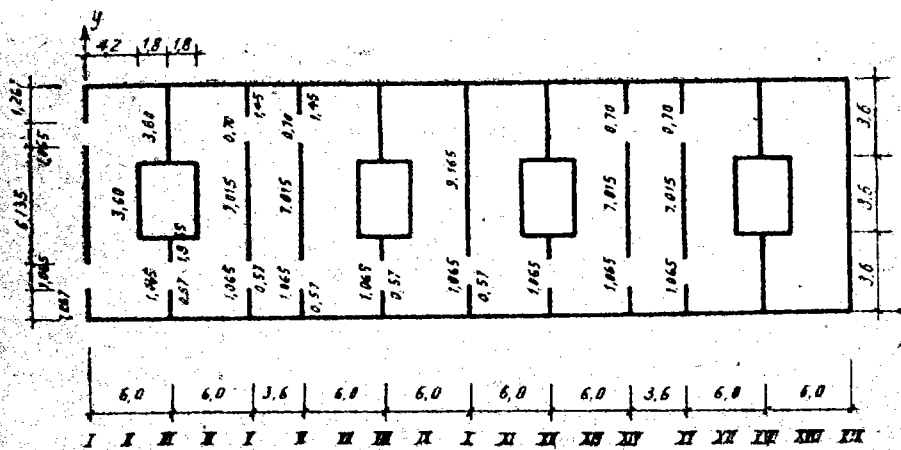
$$\gamma_{10} = \frac{2M_H}{H^2}, \quad (14-1)$$

trong đó M_H — mômen do tải trọng phân bố đều ω gây ra tại chân tường:

$$M_H = \frac{\omega H^2}{2}, \quad (14-2)$$

H — chiều cao tường cứng.

b) Trường hợp trực tác dụng của tải trọng gió không trùng với trục đi qua tâm xoắn của nhà (h.14-5)



Hình 14-5. Vị trí các tường cứng trên mặt bằng trong trường hợp trực tác dụng của tải trọng gió không trùng với trục đi qua tâm xoắn của nhà (kích thước tính bằng m).

Trường hợp trực tác dụng của tải trọng gió lệch với trục đi qua tâm xoắn của nhà thì hệ số γ_{10} được tính thêm sự chênh lệch do mômen lệch tâm của tải trọng gió gây ra, tức là khi tính mômen của tường theo Rosman phải nhân với hệ số

$$\gamma_{11} = \gamma_{10} + \frac{\alpha_k}{\sum \alpha_k} \sum \omega : \frac{\alpha_k s_k}{\sum \alpha_k s_k^2} e \sum \omega, \quad (14-3)$$

trong đó z_k — hệ số độ võng, xác định theo biểu thức (13-3);

s_k — khoảng cách từ trục đi qua tâm xoắn đến tường cứng k ;

e — khoảng cách lệch tâm, xác định theo biểu thức (7-45).

Ta xác định trục đi qua tâm xoắn của nhà theo phương pháp diện tích, tức là áp dụng biểu thức (13-1). Tường dày 0,15m. Ta có:

$$\begin{aligned}
 F_I &= 0,15 (1,267 + 6,135 + 1,267) = 1,30 \text{ m}^2; \\
 F_{II} &= 0,15 \cdot 3,6 = 0,54 \text{ m}^2; \\
 F_{III} &= 0,15 (0,57 + 1,965 + 3,6) = 0,92 \text{ m}^2; \\
 F_{IV} &= 0,15 \cdot 3,6 = 0,54 \text{ m}^2; \\
 F_V &= 0,15 (0,57 + 7,015 + 1,45) = 1,35 \text{ m}^2; \\
 F_{VI} &= 0,15 (0,57 + 7,015 + 1,45) = 1,35 \text{ m}^2; \\
 F_{VII} &= 0,15 \cdot 3,6 = 0,54 \text{ m}^2; \\
 F_{VIII} &= 0,15 (0,57 + 1,965 + 3,6) = 0,92 \text{ m}^2; \\
 F_{IX} &= 0,15 \cdot 3,6 = 0,54 \text{ m}^2; \\
 F_X &= 0,15 (0,57 + 9,165) = 1,45 \text{ m}^2; \\
 F_{XI} &= 0,15 \cdot 3,6 = 0,54 \text{ m}^2; \\
 F_{XII} &= 0,15 (0,57 + 1,965 + 3,6) = 0,92 \text{ m}^2; \\
 F_{XIII} &= 0,15 \cdot 3,6 = 0,54 \text{ m}^2; \\
 F_{XIV} &= 0,15 (0,57 + 7,015 + 1,45) = 1,35 \text{ m}^2; \\
 F_{XV} &= 0,15 (0,57 + 7,015 + 1,45) = 1,35 \text{ m}^2; \\
 F_{XVI} &= 0,15 \cdot 3,6 = 0,54 \text{ m}^2; \\
 F_{XVII} &= 0,15 (3,6 + 3,6) = 1,08 \text{ m}^2; \\
 F_{XVIII} &= 0,15 \cdot 3,6 = 0,54 \text{ m}^2; \\
 F_{XIX} &= 0,15 \cdot 10,8 = 1,60 \text{ m}^2;
 \end{aligned}$$

$$\Sigma F_k = 17,92 \text{ m}^2.$$

Để xác định vị trí tâm xoắn, ta tính ΣS_k theo biểu thức (13-2):

$F_{Iz_I} = 0$ (vì ta chọn trục chuẩn trùng với trục tường I nên $z_I = 0$);

$$\begin{aligned}
 F_{IIz_{II}} &= 0,54 \cdot 4,2 = 2,268 \text{ m}^3; \\
 F_{IIIz_{III}} &= 0,92 \cdot 6,0 = 5,520 \text{ m}^3; \\
 F_{IVz_{IV}} &= 0,54 \cdot 7,8 = 4,212 \text{ m}^3; \\
 F_{Vz_V} &= 1,35 \cdot 12 = 16,200 \text{ m}^3; \\
 F_{VIz_{VI}} &= 1,35 \cdot 15,6 = 21,060 \text{ m}^3; \\
 F_{VIIz_{VII}} &= 0,54 \cdot 19,8 = 10,692 \text{ m}^3; \\
 F_{VIIIz_{VIII}} &= 0,92 \cdot 21,6 = 19,872 \text{ m}^3; \\
 F_{IXz_{IX}} &= 0,54 \cdot 23,4 = 12,636 \text{ m}^3; \\
 F_{Xz_X} &= 1,45 \cdot 27,6 = 40,020 \text{ m}^3; \\
 F_{XIz_{XI}} &= 0,54 \cdot 31,8 = 17,172 \text{ m}^3; \\
 F_{XIIz_{XII}} &= 0,92 \cdot 33,6 = 30,912 \text{ m}^3; \\
 F_{XIIIz_{XIII}} &= 0,54 \cdot 35,4 = 19,116 \text{ m}^3; \\
 F_{XIVz_{XIV}} &= 1,35 \cdot 39,6 = 53,46 \text{ m}^3; \\
 F_{XVz_{XV}} &= 1,35 \cdot 43,2 = 58,320 \text{ m}^3; \\
 F_{XVIz_{XVI}} &= 0,54 \cdot 47,4 = 25,590 \text{ m}^3; \\
 F_{XVIIz_{XVII}} &= 1,08 \cdot 49,2 = 53,136 \text{ m}^3; \\
 F_{XVIIIz_{XVIII}} &= 0,54 \cdot 51,0 = 27,540 \text{ m}^3; \\
 F_{XIXz_{XIX}} &= 1,60 \cdot 55,2 = 89,424 \text{ m}^3.
 \end{aligned}$$

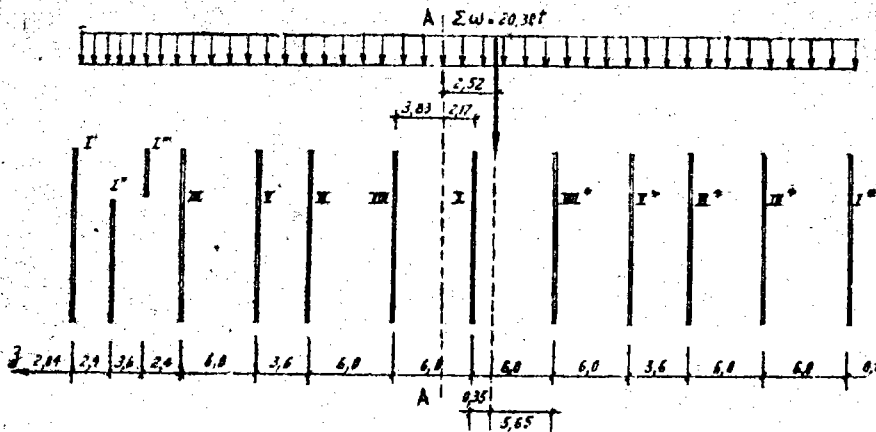
$$\Sigma S_k = 507,120 \text{ m}^3.$$

Vậy :

$$c = \frac{507,12}{17,93} = 28,5 \text{ m.}$$

Bây giờ ta tính trường hợp tải trọng nằm ngang phân bố cho các tường cứng của nhà không đối xứng ở hình 14-6.

Ta tính độ võng của từng tường.



Hình 14-6. Sơ đồ tính toán tải trọng nằm ngang phân bố cho các vách cứng trong trường hợp nhà không đối xứng.

Tường I và tường X không có lỗ cửa nên có thể tính độ võng như dầm côngxon có đầu ngàm chặt vào đất (tải trọng gió được phân bố đều lên côngxon $\omega = 1t/m$), tức là tính theo biểu thức (12-6) :

$$\Delta_I = \frac{\omega l^4}{8EJ_I} = \frac{1,0 \cdot 30 \cdot 634^4}{8 \cdot 305 \cdot 10^4 \cdot 16,44} = 0,0022 \text{ m,}$$

còn lại là những tường có lỗ cửa thì không tính trực tiếp được, mà phải tính theo phương pháp Rosman đã trình bày ở trên, kết quả như sau :

$$\begin{aligned} \Delta_I &= 0,0022 \text{ m;} \\ \Delta_{I'} &= 0,003476 \text{ m;} \\ \Delta_{I''} &= 0,011894 \text{ m;} \\ \Delta_{I'''} &= 0,088554 \text{ m;} \\ \Delta_{III} = \Delta_{III'} &= 0,001785 \text{ m;} \\ \Delta_{V} = \Delta_{V'} &= 0,002539 \text{ m;} \\ \Delta_{VI} = \Delta_{VI'} &= 0,003367 \text{ m;} \\ \Delta_{VIII} = \Delta_{VIII'} &= 0,01930 \text{ m;} \\ \Delta_X &= 0,002200 \text{ m;} \end{aligned}$$

Vậy ta tính được α_k theo biểu thức (13-3) :

$$\begin{aligned} \alpha_{I'} &= \frac{0,0022}{0,003476} = 0,634 ; \\ \alpha_{I''} &= \frac{0,0022}{0,011894} = 0,185 ; \end{aligned}$$

$$\alpha_1''' = \frac{0,0022}{0,088554} = 0,025 ;$$

$$\alpha_{III} = \alpha_{III}^* = \frac{0,0022}{0,01785} = 0,123 ;$$

$$\alpha_V = \alpha_V^* = \frac{0,0022}{0,002539} = 0,866 ;$$

$$\alpha_{VI} = \alpha_{VI}^* = \frac{0,0022}{0,00336} = 0,655 ;$$

$$\alpha_{VIII} = \alpha_{VIII}^* = \frac{0,0022}{0,01930} = 0,114 ;$$

$$\alpha_I = \alpha_X = \frac{0,0022}{0,00220} = 1 ;$$

$$\frac{\sum z_k}{\sum z_k} = 6,630$$

Cần chú ý rằng, nếu bên phải trục đi qua tâm xoắn A ta chọn là dấu (-) thì bên trái lấy (+) và ngược lại, trong ví dụ này các tường I', I'', I''', III, V, VI và VIII mang dấu (+), còn các tường X, VIII*, V*, VI*, III* và I thì mang dấu (-).

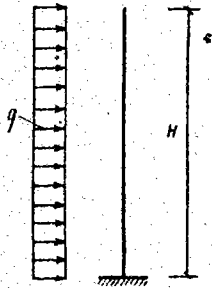
Ta có:

$\alpha_I' s_I'$	$= 0,634 (+ 27,83) =$	$17,68 ;$
$\alpha_I'' s_I''$	$= 0,185 (+ 25,43) =$	$4,72 ;$
$\alpha_I''' s_I'''$	$= 0,025 (+ 21,83) =$	$0,54 ;$
$\alpha_{III} s_{III}$	$= 0,123 (+ 19,43) =$	$2,39 ;$
$\alpha_V s_V$	$= 0,866 (+ 13,43) =$	$11,63 ;$
$\alpha_{VI} s_{VI}$	$= 0,655 (+ 9,83) =$	$6,45 ;$
$\alpha_{VIII} s_{VIII}$	$= 0,114 (+ 3,83) =$	$0,44 ;$
$\alpha_X s_X$	$= 1,00 (- 2,17) =$	$- 2,17 ;$
$\alpha_{VIII}^* s_{VIII}^*$	$= 0,114 (- 8,17) =$	$- 0,93 ;$
$\alpha_V^* s_V^*$	$= 0,866 (- 14,17) =$	$- 12,26 ;$
$\alpha_{III}^* s_{III}^*$	$= 0,123 (- 23,17) =$	$- 2,92 ;$
$\alpha_{VI}^* s_{VI}^*$	$= 0,655 (- 17,77) =$	$- 11,62 ;$
$\alpha_I s_I$	$= 1,00 (- 29,77) =$	$- 29,77 ;$
	$\frac{\sum \alpha_k s_k}{\sum \alpha_k s_k} =$	$- 15,82.$

Vậy ta tính được e theo biểu thức (7-45):

$$e = \frac{-15,82}{6,63} = -2,52 m.$$

Trong trường hợp trục tác dụng của tải trọng gió lệch với trục đi qua tâm xoắn A của nhà thì sẽ gây ra mômen xoắn (do lệch tâm). Mômen này tính bằng tích $e \Sigma \omega$ (áp lực gió nhân với khoảng lệch tâm). Từ mômen xoắn ta tính được phân lực gối tựa của vách cứng tường theo biểu thức (12-16).



Hình 14-7. Chiều cao tường côngxon.

Các tường ngang có chiều cao bằng nhau (h. 14-7) và $H = 30,635m$, do đó $H^2 = 939,116m^2$; $H^2/2 = 469,558m^2$. Ta có:

$$q_{\omega i} = \frac{M}{469,558}$$

Tường dọc nhà có chiều dài $L = 30,785m$, do đó $L^2 = 947,716m^2$; $L^2/2 = 473,858m^2$. Ta có:

$$q_{\omega i} = \frac{M}{473,858}$$

Xét yếu tố ảnh hưởng

$$\psi = \frac{q_{\omega i}}{q_{\omega}} \quad (14-4)$$

Ở đây cho $q_{\omega} = 1,0l$.

Do đó: $\psi = q_{\omega i}$.

Ta có:

$$\psi_1 = \frac{3400,00}{469,558} 1,222 = 0,886;$$

$$\psi_1'' = \frac{99,60}{469,558} 1,203 = 0,255;$$

$$\psi_1''' = \frac{13,32}{469,558} 1,175 = 0,0331;$$

$$\psi_V = \frac{467,00}{469,558} 1,117 = 1,111;$$

$$\psi_{VI \logia} = \frac{458,00}{469,558} 1,117 = 1,090;$$

$$\psi_{VI} = \frac{352,00}{469,558} 1,091 = 0,819;$$

$$\psi_{VIIIa} = \frac{14,12}{469,558} 1,047 = 0,0315;$$

$$\psi_{VIIIa'} = \frac{4,56}{469,558} = 0,00972.$$

c) Một số điểm kết luận

1. Hệ số điều chỉnh mômen gió do độ lệch giữa trục tác dụng của tải trọng gió và trục đi qua tâm xoắn của nhà cần phải xét đến.

2. Phân phối áp lực gió cho các tường cứng theo nguyên tắc tỷ lệ với độ cứng EJ (nếu tường có lỗ cửa thì lấy J chính xác, nếu tường đặc thì lấy J thông thường). Sự phân phối mômen gió tỷ lệ theo

$$\eta_{12} = \frac{\sum_{\omega} h_1}{1 \cdot H^2} \quad (14-5)$$

(vì gió phân bố theo hình thang dọc theo chiều cao của nhà). Tường dọc ở trên cùng một trục có thể cắt ra làm nhiều đoạn thành các tường cứng có một dây lỗ cửa hoặc hai dây lỗ cửa để tính. Nếu các tường cứng này có độ cứng giống nhau thì sẽ tiếp nhận lượng mômen do áp lực gió sinh ra bằng nhau.

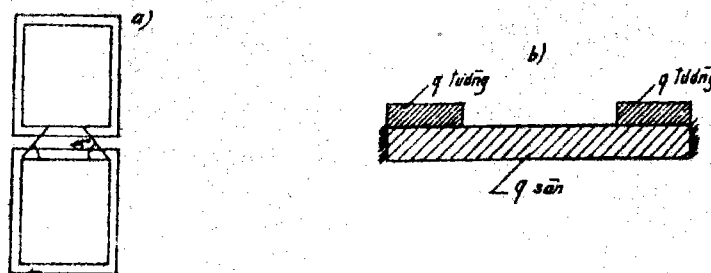
3. Tính các tường cứng này bình thường theo phương pháp Rosman với áp lực đơn vị $2\omega = 11/m$ thì sẽ được các trị số M và T theo tải trọng 2ω ở các tường độc lập.

4. Mômen M và lực cắt T thực tế ở các tường bộ phận sẽ điều chỉnh lại bằng cách nhân với η_{12} .

5. Để kiểm tra, ta tính độ võng Δ , rồi tính lại J_{cx} (chính xác) và so sánh với J_u (thực tế) theo điều kiện

$$\frac{J_{cx}}{J_u} \leq 1. \quad (14-6)$$

6. Tính các tấm tường ngoài có lanhtô cửa chịu lực phân bố đều do sàn và hai đoạn lực phân bố do tường tầng trên truyền xuống (h. 14-8).



Hình 14-8. Tường gối qua sàn, góc truyền lực giữa hai tấm tường (a) và lực phân bố của tường tầng trên truyền xuống sàn (b).

PHỤ LỤC

Bảng 1

Trị số của hệ số η_M , $\eta_{\bar{M}}$, η_Q và $\eta_{\bar{Q}}$ trong trường hợp tải trọng phân bố đều

Thông số độ cứng A của hệ vách cứng			0,00	0,25	0,50	0,75	1,00
η_M	$\eta_M =$	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		0,1	0,010	0,008	0,003	0,000	-0,013
		0,2	0,040	0,036	0,025	0,010	-0,006
		0,3	0,090	0,081	0,068	0,045	0,022
		0,4	0,160	0,152	0,130	0,101	0,069
		0,5	0,250	0,240	0,213	0,177	0,137
		0,6	0,360	0,348	0,317	0,274	0,226
		0,7	0,490	0,477	0,442	0,392	0,338
		0,8	0,640	0,626	0,587	0,553	0,473
		0,9	0,810	0,795	0,754	0,697	0,633
		1,0	1,000	0,985	0,943	0,884	0,819
$\eta_{\bar{M}}$	$\eta_{\bar{M}} =$	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		0,1	0,000	0,002	0,007	0,015	0,023
		0,2	0,000	0,004	0,015	0,030	0,046
		0,3	0,000	0,006	0,022	0,045	0,068
		0,4	0,000	0,008	0,030	0,059	0,091
		0,5	0,000	0,010	0,037	0,073	0,113
		0,6	0,000	0,012	0,043	0,086	0,134
		0,7	0,000	0,013	0,048	0,098	0,152
		0,8	0,000	0,014	0,053	0,107	0,167
		0,9	0,000	0,015	0,056	0,113	0,177
		1,0	0,000	0,015	0,057	0,116	0,181
η_Q	$\eta_Q =$	0,0	0,000	-0,010	-0,037	-0,071	-0,111
		0,1	0,100	0,090	0,063	0,025	-0,014
		0,2	0,200	0,190	0,163	0,125	0,083
		0,3	0,300	0,290	0,263	0,226	0,186
		0,4	0,400	0,390	0,365	0,328	0,288
		0,5	0,500	0,491	0,467	0,432	0,393
		0,6	0,600	0,592	0,570	0,538	0,502
		0,7	0,700	0,693	0,675	0,648	0,616
		0,8	0,800	0,795	0,781	0,761	0,736
		0,9	0,900	0,897	0,889	0,878	0,864
		1,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\eta_{\bar{Q}}$	$\eta_{\bar{Q}} =$	0,0	0,000	0,010	0,037	0,071	0,111
		0,1	0,000	0,010	0,037	0,075	0,114
		0,2	0,000	0,010	0,037	0,075	0,114
		0,3	0,000	0,010	0,037	0,074	0,114
		0,4	0,000	0,010	0,035	0,072	0,112
		0,5	0,000	0,009	0,033	0,068	0,107
		0,6	0,000	0,008	0,030	0,062	0,098
		0,7	0,000	0,007	0,025	0,052	0,084
		0,8	0,000	0,005	0,019	0,039	0,064
		0,9	0,000	0,003	0,011	0,022	0,036
		1,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Bảng 2

Trị số của các hệ số η_M , $\bar{\eta}_M$, η_Q và $\bar{\eta}_Q$ trong trường hợp tải trọng phân bố tam giác

Thông số độ cứng A của hệ vách cứng			0,0	0,25	0,50	0,75	1,00
η_M	$\xi =$	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		0,1	0,015	0,014	0,007	-0,002	-0,011
		0,2	0,056	0,053	0,039	0,022	0,004
		0,3	0,122	0,115	0,097	0,072	0,045
		0,4	0,208	0,197	0,175	0,141	0,105
		0,5	0,313	0,302	0,272	0,231	0,186
		0,6	0,432	0,418	0,384	0,336	0,283
		0,7	0,564	0,552	0,510	0,456	0,395
		0,8	0,704	0,686	0,646	0,586	0,520
		0,9	0,851	0,835	0,789	0,726	0,657
		1,0	1,000	0,984	0,937	0,873	0,802
$\bar{\eta}_M$	$\eta =$	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		0,1	0,000	0,001	0,008	0,017	0,026
		0,2	0,000	0,003	0,017	0,034	0,052
		0,3	0,000	0,007	0,025	0,050	0,077
		0,4	0,000	0,011	0,033	0,067	0,103
		0,5	0,000	0,011	0,041	0,082	0,127
		0,6	0,000	0,014	0,048	0,096	0,149
		0,7	0,000	0,012	0,054	0,108	0,169
		0,8	0,000	0,018	0,058	0,118	0,184
		0,9	0,000	0,016	0,062	0,125	0,194
		1,0	0,000	0,016	0,063	0,127	0,198
η_Q	$\eta =$	0,0	0,000	-0,015	-0,056	-0,112	-0,171
		0,1	0,190	0,175	0,134	0,078	0,018
		0,2	0,360	0,345	0,304	0,248	0,188
		0,3	0,510	0,496	0,455	0,400	0,339
		0,4	0,640	0,626	0,587	0,534	0,474
		0,5	0,750	0,737	0,701	0,651	0,594
		0,6	0,840	0,829	0,797	0,751	0,699
		0,7	0,910	0,901	0,874	0,836	0,792
		0,8	0,960	0,953	0,934	0,905	0,872
		0,9	0,990	0,986	0,976	0,960	0,941
		1,0	1,000	1,000	1,000	0,000	1,000
$\bar{\eta}_Q$	$\eta =$	0,0	0,000	0,015	0,056	0,112	0,171
		0,1	0,000	0,015	0,056	0,112	0,172
		0,2	0,000	0,015	0,056	0,112	0,172
		0,3	0,000	0,014	0,055	0,110	0,171
		0,4	0,000	0,014	0,053	0,106	0,166
		0,5	0,000	0,013	0,049	0,099	0,156
		0,6	0,000	0,011	0,043	0,089	0,141
		0,7	0,000	0,009	0,036	0,074	0,118
		0,8	0,000	0,007	0,026	0,055	0,088
		0,9	0,000	0,004	0,014	0,030	0,049
		1,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Bảng 3

Trị số hệ số độ võng η_{Δ} của vách cứng chịu cắt tổng thể trong trường hợp tải trọng phân bố đều và mép dưới của hệ là gối tựa loại I

Thông số độ cứng A của hệ vách cứng		0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25
$\eta_{\Delta} =$	0,0	0,000	0,0154	0,057	0,116	0,181	0,245
	0,1	0,000	0,0134	0,050	0,101	0,158	0,215
	0,2	0,000	0,0112	0,042	0,086	0,135	0,185
	0,3	0,000	0,0092	0,035	0,071	0,113	0,154
	0,4	0,000	0,0074	0,027	0,057	0,090	0,124
	0,5	0,000	0,0054	0,020	0,043	0,068	0,094
	0,6	0,000	0,0039	0,014	0,030	0,047	0,066
	0,7	0,000	0,0022	0,009	0,018	0,029	0,041
	0,8	0,000	0,0013	0,004	0,009	0,014	0,020
	0,9	0,000	0,0006	0,001	0,003	0,004	0,005
1,0	0,000	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	

Bảng 4

Trị số hệ số độ võng η_{Δ} của vách cứng chịu cắt tổng thể trong các trường hợp tải trọng và mép dưới của hệ là gối tựa loại I

Thông số độ cứng A của hệ vách cứng	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00
Tải trọng phân bố đều	0,000	0,015	0,057	0,116	0,181
Tải trọng phân bố hình thang	0,000	0,016	0,059	0,120	0,188
Tải trọng phân bố tam giác	0,000	0,016	0,063	0,127	0,198
Tải trọng tập trung	0,000	0,020	0,076	0,153	0,239

Bảng 5

Trị số hệ số độ võng η_{Δ}^H của vách cứng chịu uốn tổng thể trong các trường hợp tải trọng và mép dưới của hệ là gối tựa loại I

Thông số độ cứng A của hệ vách cứng	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25
Tải trọng phân bố đều	0,9408	0,9117	0,8217	0,7228	0,6270
Tải trọng phân bố hình thang	0,9374	0,9114	0,8211	0,7220	0,6256
Tải trọng phân bố tam giác	0,9300	0,9110	0,8204	0,7208	0,6244
Tải trọng tập trung	0,9754	0,9092	0,8167	0,7152	0,6170
Mômen tập trung	0,9741	0,9054	0,8093	0,7039	0,6022

TÀI LIỆU THAM KHẢO CHÍNH

1. Nguyễn Đình Công, Ngô Thế Phong, Huỳnh Chánh Thiên. Kết cấu bê tông cốt thép. NXB ĐHTH-CN. HN-1978.
2. Nguyễn Thế Hồng. Xác định lực ngang do sai số lắp ghép gây ra trong sàn lắp ghép. Nội san Thông tin số 2/1972. Viện Thiết kế dân dụng - Bộ Xây dựng.
3. Nguyễn Thế Hồng. Nhà lắp ghép khung cột với hệ khung khớp, tườn; cứng và sàn chịu tải trọng ngang. Tập san Xây dựng số 3/1977.
4. Nguyễn Thế Hồng. Nhà lắp ghép tấm lớn cải tiến TN-TL-V-76 của Hà Nội. Tập san Xây dựng số 11/1977.
5. Nguyễn Thế Hồng. Giải pháp kết cấu trong nhà lắp ghép khung khớp. Tập san Xây dựng số 3/1980.
6. Những chỉ dẫn về thiết kế kết cấu nhà ở tấm lớn. NXBKHK. HN-1972.
7. L. E. Linovits. Tính toán và cấu tạo các bộ phận nhà dân dụng. NXBKHK. HN-1974.
8. Các quy phạm Liên Xô (СН-231-65; СН-258-66; СНИП-А.11-62; СНИП-Б1-62; СНИП-В.3-62, ...) và một số tạp chí của Liên Xô (Бетон и ж/Б các số 7,8/1970; 12/1973; 1, 2, 4/1974).
9. СБ. «Статические расчеты крупнопанельных зданий». ЦНИИСК - 1963.
10. СБ. «Прочность крупнопанельных конструкций» 1968, 1972.
11. В.З. Власов. Тонкостенные пространственные системы. 1958.
12. Гагарин. Работа стеновип панелей на вертикальную нагрузку. Стройздат. 1971.
13. П.Ф. Дроздов. Крупноэлементы жилые здания из сборных ж/б. Госстройздат-1963.
14. П.Ф. Дроздов, И.М. Себекин. Проектирование крупнопанельных зданий. 1967.
15. Ю.А. Дыховичный. Конструирование и расчет жилых и общественных зданий повышенной этажности. 1970.
16. В.В. Жанджи. Расчет многоэтажных зданий со связевым каркасом. Москва-1977.
17. С.Н. Клепиков. Расчет бескаркасных крупнопанельных зданий на неравномерные осадки оснований. Киев-1966.
18. Б.А. Косицын. Статический расчет крупнопанельных и каркасных зданий. Стройздат-1971.
19. А.Н. Печенов. Расчет и конструирование многоэтажных каркаснопанельных зданий. 1972.
20. П.Л. Шагин. Статический расчет каркаснопанельных жилых зданий большой этажности. 1966.

21. M. Arcan. Probleme de calcul al diafragmelor verticale de rigidizare beletinul stiintific al institutului de constructie bucuresti. 10/1963.
22. Albiges—Goulet. Contreventement des batiments. Annales de l'institut technique du bâtiment et des travaux publics. 5/1960.
23. Beck. Ein neues berechnungsverfahren für gegliederte scheiben dargestellt am beispiel der vicrendeltragers. Der Bauingenieur. 11/1956.
24. Beck. Die großtafelbauweise. Der Bauingenieur. 10/1961.
25. Halasz. Industrialisierung der Bautechnik. Werner—Verlag. 1966.
26. Halasz—Stantow. Großtafelbauten. Konstruktion und berechnung. Bauingenieur Heft 55. Wilh. ernst Sohn 1966.
27. Halasz—Stantow. Ausbildung der fugen im großtafelbau. Heft 39. Wilh. ernst Sohn 1964.
28. Halasz—Stantow. Schubfestigkeit der vertikalfugen im großtafelbau und verteilung der horizontalkräfte auf die aussteifenden querschnitte im großtafelbau Heft 45. Wilh. ernst Sohn 1965.
29. Hirschfeld. Baustatik. Springer—Verlag 1965.
30. Keintzel. Berechnung elastische gestützter durchbrochener wände. Der Bauingenieur Heft 9/1968.
31. Michaels. Contemporary structure in architecture New York—1965.
32. A. Mihalade, C. Paulet. Calculul diafragmelor cu baza daformabila la actiune seismică. Revista constructiilor si a materialelor de constructii. 10/1965.
33. Rosman. Beitrag zur statischen berechnung waagerechte belasteter querwände. Der Bauingenieur 37. Heft 1/1962.
34. Rosman. Beitrag zur statischen berechnung im erdgeschob aufgeloster windscheiben bei hochbauten. Der Bauingenieur 40. 1965.
35. Rosman. Die statische berechnung von hochbauswänden mit offnungsreihen. Bauingenieur praxis Heft 65. Wilh. ernst Sohn 1965.
36. Rosman. Zahntafeln für die schnittkräfte von windscheiben mit offnungsreihen. Bauingenieur praxis Heft 66/1966.
37. Rosman. Statik und dynamik der scheibensysteme des hochbaus. New York 1968.
38. Sanden. Praxis der differentialgleichungen. Berlin 1955.
39. Beton und stanbet. bau 2/1967.
40. Städte bau und architekture. Heft 16. Deutsche Bauakademie 1967.

MỤC LỤC

	Trang
Lời giới thiệu	2
Lời nói đầu	3
CHƯƠNG I. Nhà khung lắp ghép	
§ 1. Khái niệm chung	5
§ 2. Tính toán nhà khung cứng có vách cứng gián đoạn	14
§ 3. Tính toán nhà khung cứng có vách cứng liên tục	20
§ 4. Tính toán động lực cho nhà khung có vách cứng	55
§ 5. Ví dụ tính toán nhà khung theo Rosman	69
§ 6. Tính toán thiết kế nhà khung khớp	88
CHƯƠNG II. Nhà tấm lớn lắp ghép	
§ 7. Tính toán tĩnh lực các tường ngang chịu tác dụng của tải trọng nằm ngang	122
§ 8. Tính toán tĩnh lực các tường ngang có số hàng lỗ cửa tùy ý	133
§ 9. Nhận xét về các phương pháp tính toán tĩnh lực các tường ngang chịu tác dụng của tải trọng nằm ngang	147
§ 10. Cải tiến phương pháp Rosman và Beck	150
§ 11. Phương pháp phân tải trọng nằm ngang cho các tường cứng	161
§ 12. Tác dụng của sàn lên tường ngàm chặt vào nền đàn hồi khi chịu tác dụng của tải trọng nằm ngang	170
§ 13. Tính toán tường ngang có lỗ cửa theo Rosman	176
§ 14. Phương pháp phân tải trọng nằm ngang cho các tấm sàn	196
Phụ lục	206
Tài liệu tham khảo chính	209

NGUYỄN THẾ HỒNG
TÍNH TOÁN VÀ CẤU TẠO
NHÀ LẮP GHÉP NHIỀU TẦNG
TẬP I

Biên tập: NGUYỄN BA ĐỒ
Trình bày bìa: NGUYỄN THUẬN
Trình bày kỹ thuật: BUI XUÂN THU
Sửa bản in: NGUYỄN THỊ NỘI

In 3100 quyển khổ 19 × 27 tại Nhà in Sách Khoa học Kỹ thuật Hà Nội
Số in 129. Số xuất bản 10/82
In xong và nộp lưu chiểu tháng 10 năm 1982