

NHÀ NHIỀU TẦNG

1. Mở đầu:

Cùng với sự phát triển của KHKT, sự gia tăng dân số, giá đất tăng nhanh, nhà nhiều tầng ngày càng được xây dựng nhiều. Ở một số nước nhà nhiều tầng chiếm khoảng 30-50% tổng khối lượng xây dựng nói chung. Nhà nhiều tầng dùng làm nhà ở, văn phòng, khách sạn và cả trong sản xuất công nghiệp dệt, hóa chất,...

Việc phân loại nhà nhiều tầng còn mang tính chất tương đối tùy theo từng nước, gắn liền với các điều kiện kinh tế, kỹ thuật và xã hội riêng biệt.

* Trong hội thảo Quốc tế 1971 tại Moxkva, các nhà khoa học tạm phân loại:

+ Nhà nhiều tầng loại I : 9 - 16 tầng (dưới 50m)

+ Nhà nhiều tầng loại II : 17 - 25 tầng (dưới 75m)

+ Nhà nhiều tầng loại III : 26 - 40 tầng (dưới 100m)

+ Nhà siêu cao (chọc trời) : trên 40 tầng (trên 100m)

* Một khái niệm được đưa ra về nhà cao tầng mang tính khoa học hơn: Nhà nhiều tầng là nhà mà chiều cao của nó ảnh hưởng tới ý đồ và cách thức thiết kế khác với nhà thông thường.

* Ở Trung Quốc, nhà dân dụng /8 tầng được xem là nhà cao tầng, **thiết kế kết cấu** phải tuân theo các qui định có liên quan về thiết kế nhà cao tầng. Nhà/30 tầng (hay/100m) là nhà siêu cao.

Những ngôi nhà cao nhất thế giới là Sears Tower, Chicago (72/74), 110 tầng, 443m; tháp đôi Petronas - Malaysia 452m (1997), 88 tầng; Taipei 101 - Taiwan (2004), 101 tầng... Ở Dubai đang xây dựng tháp BURJ DUBAI dự kiến cao đến 800m

Ở nước ta, đã có một số nhà cao 20- 30 tầng ở Hà Nội và thành phố Hồ Chí Minh. Hiện đang có các dự án sẽ xây dựng 50 - 60 tầng (Cty Kinh doanh XNK Bình Minh đang xây một nhà 60 tầng ở thành phố Hồ Chí Minh).



TRUMP TOWER CHICAGO
(92 TẦNG - 343M)



Tháp đôi Petronas - Malaysia
(1997, cao 452m)



World Trade Center
(110 tầng, 1368ft)



Taipei 101- Taiwan
(101 tầng, 509m)



BURJ DUBAI BUILDING CAO 800M
(1/2004 - 12/2009)

*** Phân loại nhà nhiều tầng:**

Được phân theo nhiều cách sau:

1. Theo mục đích sử dụng :

- Nhà ở,
- Nhà làm việc và các dịch vụ khác,
- Khách sạn.

2. Theo hình dạng :

- Nhà dạng tháp,
- Nhà dạng thanh.

3. Theo vật liệu cơ bản dùng để thi công kết cấu chịu lực :

- Nhà bằng BTCT,
- Nhà bằng thép,
- Nhà hỗn hợp thép và BTCT.

Theo thống kê trong 10 nhà cao trên 300m, có 7 nhà bằng KC thép, 3 nhà bằng BTCT.

Trong 100 nhà nhiều tầng xây dựng năm 1991, có 54 nhà bằng thép, 19 nhà bằng BTCT, còn 27 nhà bằng hỗn hợp.

4. Theo sơ đồ kết cấu :

- Nhà khung,
- Nhà tấm,
- Nhà hệ lõi,
- Nhà hệ hộp.
- Nhà hỗn hợp,

2. Các hệ KC chịu lực và sơ đồ làm việc của nhà nhiều tầng:

2.1. Các hệ kết cấu chịu lực cơ bản của nhà nhiều tầng:

a. Các cấu kiện chịu lực cơ bản :

Các cấu kiện chịu lực cơ bản của nhà gồm:

- Cấu kiện dạng thanh như: Cột, dầm..
- Cấu kiện phẳng: Tường, hệ lưới thanh dạng dàn phẳng, tấm sàn phẳng hoặc có sườn..
- Cấu kiện không gian: Lõi cứng, lưới hộp gồm các cấu kiện thanh hoặc tấm phẳng ghép lại.

Hệ kết cấu chịu lực của nhà nhiều tầng là bộ phận chủ yếu của công trình, tiếp nhận các loại tải trọng rồi truyền xuống nền đất. Nó được tạo thành từ một hoặc nhiều loại cấu kiện cơ bản trên.

Trong các nhà cao tầng tải trọng ngang là yếu tố chủ yếu của thiết kế kết cấu, việc hạn chế chuyển vị ngang là cần thiết, đòi hỏi kết cấu phải có độ cứng lớn và bố trí hợp lý.

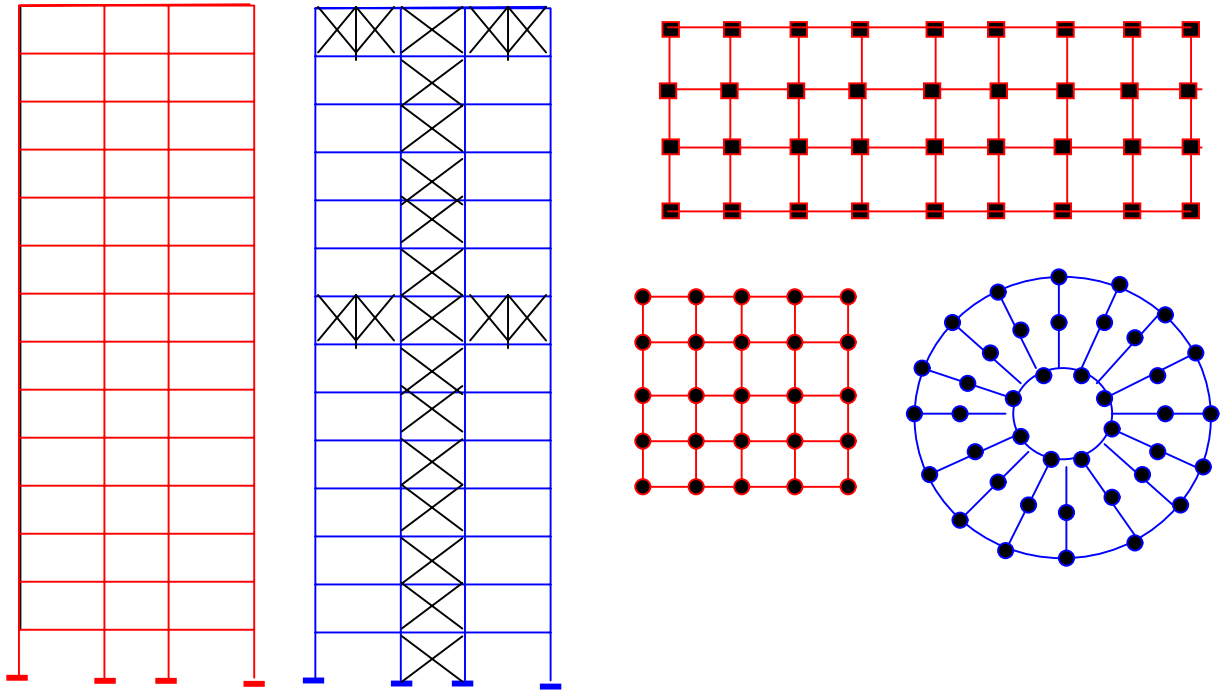
Yêu cầu đối với hệ chịu lực của nhà là:

- Mỗi cấu kiện phải đủ khả năng chịu lực, có biến dạng và dao động không quá lớn.
- Hệ kết cấu phải đảm bảo sự ổn định tổng thể

b. Các hệ kết cấu chịu lực cơ bản của nhà gồm:

Hệ khung chịu lực:

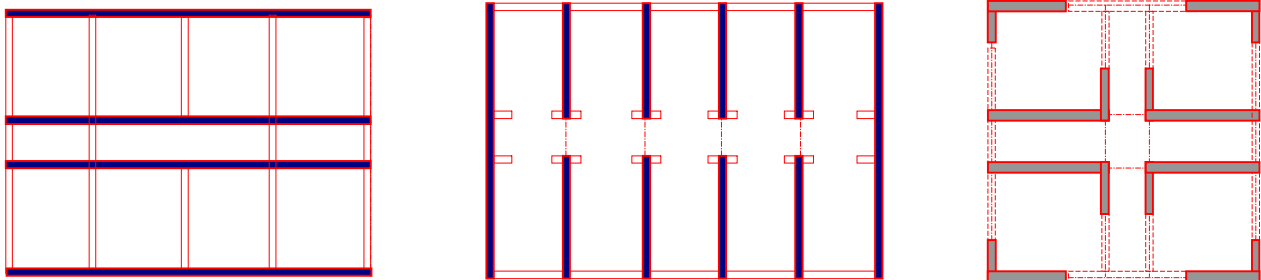
Được tạo thành từ các cấu kiện dạng thanh như cột theo phương đứng, dầm theo phương ngang bằng liên kết cứng. Các khung phẳng liên kết với nhau qua các thanh ngang tạo thành một khối khung không gian có mặt bằng vuông, chữ nhật, đa giác, ...



* Để tăng độ cứng ngang của khung có thể bố trí thêm các thanh xiên tại một số nhịp trên suốt chiều cao của nhà, có thể còn thêm một số dầm ngang ở tầng trên cùng và một số tầng trung gian, liên kết các khung với kết cấu dầm đứng này thì hiệu quả chịu lực của hệ có thể tăng thêm **30%**.

Hệ tường (vách cứng) chịu lực:

Các cấu kiện thẳng đứng chịu lực của nhà là các tấm tường phẳng. Theo cách bố trí tường có các sơ đồ sau: Tường dọc chịu lực, tường ngang chịu lực, tường ngang và tường dọc cùng chịu lực.



* Tường chịu tải trọng ngang và tải trọng đứng.

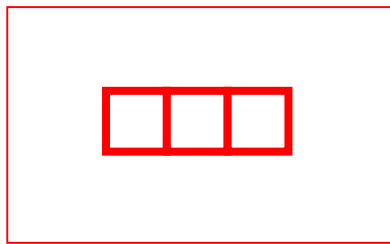
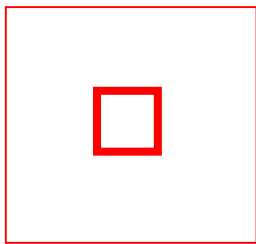
* Tải trọng ngang được truyền đến các tấm tường chịu tải thông qua các bản sàn (xem là tuyệt đối cứng trong mặt phẳng của chúng). Do đó các vách cứng làm việc như một công xon có chiều cao tiết diện lớn. Khả năng chịu tải của vách cứng phụ thuộc phần lớn vào hình dạng tiết diện ngang của chúng (tùy theo cấu tạo có thể có dạng chữ nhật, chữ I, chữ T hay chữ C).

* Hiện nay VLXD đa dạng, nên cấu trúc các tấm tường cũng đa dạng. Ngoài việc xây bằng gạch đá, hệ lưới thanh tạo thành từ các cột đặt gần nhau liên kết qua các dầm ngang, xiên cũng được xem là loại kết cấu này.

* Hệ tường chịu lực thích hợp cho các loại nhà cần phân chia không gian bên trong (nhà ở, làm việc, khách sạn,...), có thể cao đến 20 tầng.

- Hệ lõi chịu lực:

Lõi có dạng hộp rỗng, tiết diện kín hoặc hở, tiếp nhận các loại tải trọng và truyền xuống nền đất. Phần không gian bên trong lõi thường bố trí các thang máy, khu WC, đường ống kỹ thuật.

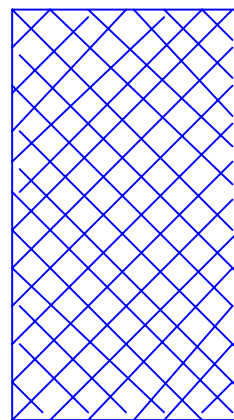
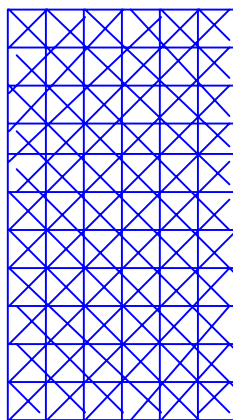
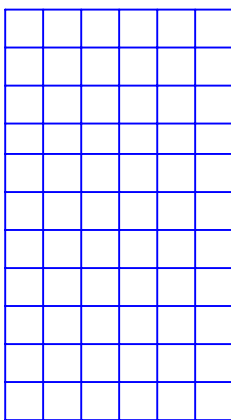


- Hệ hộp chịu lực:

Ở hệ này, các bản sàn được gối lên các kết cấu chịu tải nằm trong mặt phẳng tường ngoài mà không cần các gối trung gian khác bên trong.

* Có nhiều giải pháp kết cấu khác nhau cho các bức tường ngoài chịu tải của hệ hộp.

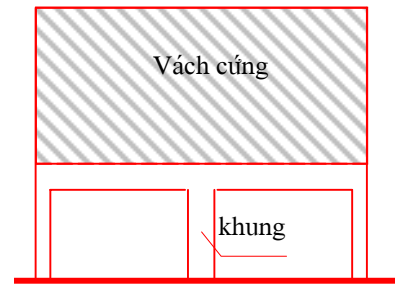
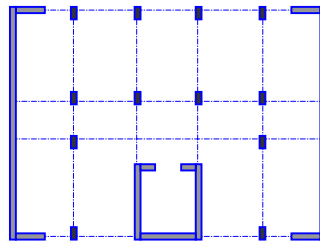
* Hệ hộp với giải pháp lưới không gian có các thanh chéo thường dùng cho các nhà có chiều cao cực lớn.



- Hệ hỗn hợp:

Các hệ hỗn hợp được tạo thành từ sự kết hợp giữa hai hoặc nhiều hệ cơ bản kể trên :

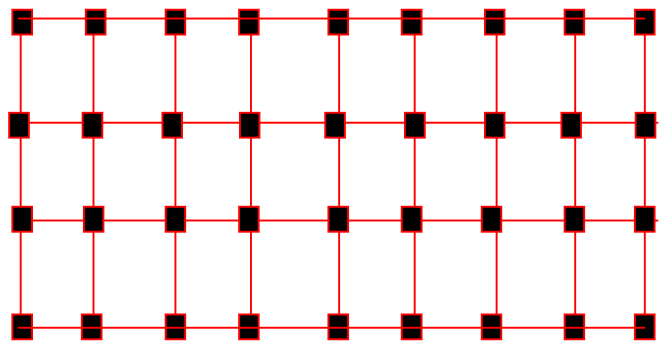
- . Hệ khung + vách cứng
- . Hệ khung + lõi chịu lực, ...



3. Các loại sơ đồ kết cấu nhà nhiều tầng phổ biến:

3.1. Nhà có sơ đồ khung :

- Kết cấu chịu lực chính là các khung, tường chỉ có tác dụng bao che, phân chia không gian và tự chịu lực. Tùy thuộc mặt bằng công trình có thể bố trí khung phẳng hay khung không gian.
- **Ưu điểm:** Kết cấu rõ ràng.
Bố trí mặt bằng linh hoạt, dễ tạo không gian lớn.
- **Nhược điểm:** Chưa tận dụng được khả năng chịu lực của tường, độ cứng ngang nhỏ ,
Với nhà cao tầng kích thước cột và dầm quá lớn, ảnh hưởng đến sử dụng, thẩm mỹ,...



3.2. Nhà có sơ đồ vách cứng :

- Kết cấu chịu lực chính là các vách cứng (tường). Sàn chịu tải trọng đứng rồi truyền lên tường.
- **Ưu điểm:** Các tấm tường vừa có tác dụng chịu lực, vừa bao che hoặc vách ngăn;
Có khả năng cơ giới hóa cao trong thi công xây dựng.
- **Nhược điểm:** Bố trí mặt bằng không linh hoạt;
Khó tạo được không gian lớn.

3.3. Nhà có sơ đồ kết hợp khung - vách :

Sử dụng sơ đồ nhà kết hợp dựa vào sự làm việc hợp lý của kết cấu

Kết hợp theo phương đứng: Hệ thống khung không gian lớn ở tầng dưới đỡ vách cứng ở bên trên, biện pháp này đáp ứng được yêu cầu không gian tương đối lớn ở các tầng dưới: nhà ăn, cửa hàng..., đồng thời khả năng chịu tải trọng ngang cũng lớn.

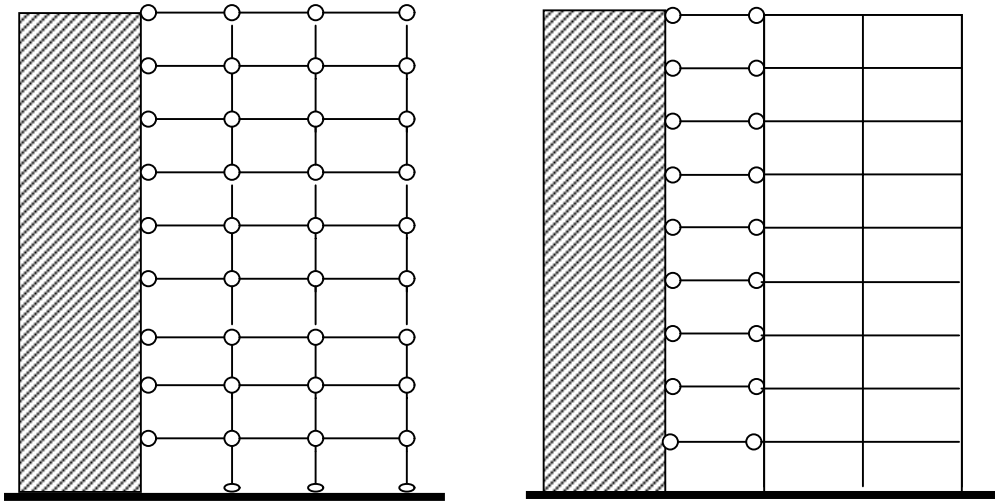
Kết hợp theo phương ngang: Bố trí mặt bằng gồm khung và vách cứng, vách cứng chủ yếu chịu tải trọng ngang. Biện pháp này có thể lấy lợi thế của cái này bổ sung cho cái kia, công trình vừa có không gian theo yêu cầu vừa có khả năng chịu tải trọng cao.

Tùy theo cách làm việc của hệ, có hai dạng nhà kết hợp theo phương ngang:

Nhà có sơ đồ giằng: Khi khung chỉ chịu phần tải trọng đứng tương ứng với diện tích truyền tải đến nó, còn toàn bộ tải trọng ngang và một phần tải trọng đứng còn lại do vách cứng

chịu. Trong sơ đồ này tất cả các nút khung đều có cấu tạo khớp, hoặc các cột đều có độ cứng chống uốn vô cùng bé.

Nhà có sơ đồ khung giằng: Khung cùng tham gia chịu tải trọng đứng và tải trọng ngang với vách cứng. Khung có liên kết cứng tại các nút.



4. Tải trọng tác dụng lên nhà nhiều tầng:

4.1. Tải trọng thẳng đứng:

+ **Tĩnh tải:** Trọng lượng của công trình, lấy theo cấu tạo cụ thể.

+ **Hoạt tải:** Tải trọng sử dụng trên sàn, lấy theo qui phạm. Bởi vì xác suất xuất hiện đồng thời của tải trọng sử dụng trên tất cả các sàn giảm khi tăng số tầng nhà, nên các tiêu chuẩn thiết kế đưa ra **hệ số giảm tải** khi tính các cấu kiện thẳng đứng chịu lực (phụ thuộc số tầng và diện tích sàn đang tính, xem tiêu chuẩn thiết kế "tải trọng và tác động" **TCVN 2737-95**).

Tải trọng thẳng đứng trong nhà nhiều tầng có cấu trúc đơn điệu được xem phân bố đều theo

chiều cao:

$$q_i^0 = \frac{\sum Q_{i, \text{tầng}}^0}{H}$$

Trong đó $Q_{i, \text{tầng}}^0$ - tải trọng thẳng đứng tác dụng lên cấu kiện thứ i theo diện tích truyền tải tương ứng của một tầng.

H - chiều cao nhà.

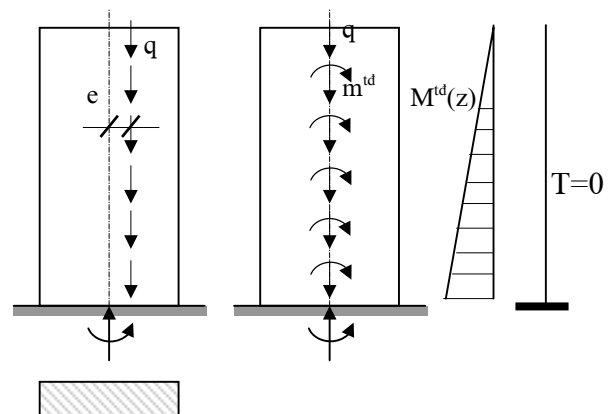
Độ lệch tâm của q_i^0 là e_{ix} và e_{iy} .

Tác dụng lệch tâm tương đương với mô men phân bố: $m_i^{td} = q_i^0 \cdot e_i$

Mô men uốn trong tường là $M_i^{td} = m_i^{td} \cdot z$

* Nếu cấu kiện đứng chịu lực có liên kết khớp với các cấu kiện khác thì tải trọng thẳng đứng phân bố đúng tâm không ảnh hưởng đến các cấu kiện khác (chỉ gây nén đều).

* Nếu các cấu kiện có liên kết với nhau bằng giằng trượt thì tải trọng đứng phân bố đúng tâm gây uốn trong liên kết và biến dạng không gian cho toàn hệ.



Tải trọng riêng : $\frac{q_i^0}{A_i} \neq \frac{q_{i+1}^0}{A_{i+1}}$

Trong đó: A độ cứng dọc trục $A = E.F$, E mô đun biến dạng;

F diện tích tiết diện ngang của cột tường .

Các cấu kiện có biến dạng dọc trục khác nhau và các hệ giằng cản trở sẽ làm cho cả hệ chịu lực cùng biến dạng. Do đó giữa các cấu kiện sẽ có sự phân phối lại tải trọng.

Xét hai cấu kiện cận kề nhau i và i+1. Đưa tải trọng về trục q_i^0 và q_{i+1}^0 , thêm vào các mô men tương ứng $m_i^{td} = q_i^0 e_i$ và $m_{i+1}^{td} = q_{i+1}^0 e_{i+1}$.

Thêm vào mỗi cấu kiện các lực $\pm \Delta q$:

$$\pm \Delta q = \frac{q_i^0 + q_{i+1}^0}{1 + \beta} - q_i^0 = q_{i+1}^0 - \frac{q_i^0 + q_{i+1}^0}{1 + \beta} \beta$$

Trong đó $\beta = \frac{A_{i+1}}{A_i}$.

Tải trọng trong mỗi cấu kiện sẽ kết hợp với Δq để có **trị số riêng** bằng nhau:

$$q_i = \frac{q_i^0 + q_{i+1}^0}{1 + \beta} \quad \text{và} \quad q_{i+1} = \frac{q_i^0 + q_{i+1}^0}{1 + \beta} \beta$$

Phần Δq còn lại với cánh tay đòn a sẽ tạo nên một mô men:

$$m_{i,i+1}^d = \Delta q \cdot a = \frac{q_{i+1}^0 - \beta \cdot q_i^0}{1 + \beta} \cdot a$$

Nếu hai cột giống nhau thì $m_{i,i+1}^d = \frac{q_{i+1}^0 - q_i^0}{2} \cdot a$

Như vậy tải trọng đã được biến đổi thành các lực q_i và q_{i+1} có **trị số riêng giống nhau không gây uốn**, và các mô men m_i^{td} , m_{i+1}^{td} và $m_{i,i+1}^d$ làm cho **cấu kiện bị uốn và gây ứng lực trong các liên kết**.

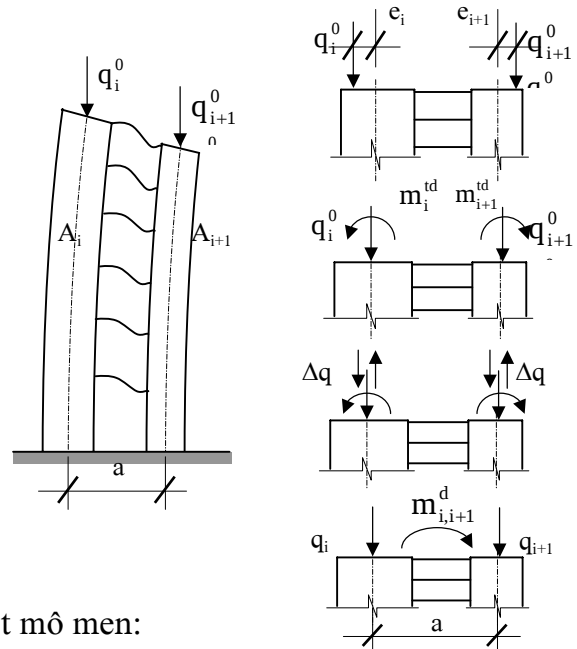
4.2. Tải trọng gió:

Sự phân bố áp lực gió lên bề mặt công trình là không đều (phía đón gió áp lực lớn nhất tại trục giữa, phía gió hút áp lực lớn nhất tại các mép, các góc của kết cấu bao che), do đó ngoài kiểm tra nội lực và chuyển vị tổng thể, cần kiểm tra các cấu kiện cục bộ chịu áp lực gió tăng cục bộ.

Lực gió tác động lên bề mặt công trình có tính chất từng đợt, thay đổi mạnh yếu theo thời gian làm cho công trình chấn động, vì thế tác động của gió gồm hai thành phần **tĩnh và động**. Theo TCVN 2737-95, khi tính toán **nhà nhiều tầng cao dưới 40m, nhà công nghiệp một tầng cao < 36m với tỷ số độ cao trên nhịp (H/B) < 1,5, không cần xét đến thành phần động** .

* **Thành phần tĩnh** (trị số tiêu chuẩn) của tải trọng gió ở độ cao Z so với cốt chuẩn:

$$W = W_0 \cdot k \cdot c$$



Trong đó: W_0 - giá trị áp lực gió lấy theo bản đồ phân vùng (TCVN 2737-95).

k - hệ số tính đến sự thay đổi độ cao và dạng địa hình.

c - hệ số khí động.

*** Thành phần động của tải trọng gió ở độ cao z xác định :**

- a) Đối với công trình và các bộ phận kết cấu có tần số dao động riêng cơ bản $f_1(H_z)$ lớn hơn tần số dao động riêng f_L quy định:

$$W_p = W \cdot \zeta \cdot v$$

Trong đó: W giá trị tiêu chuẩn của thành phần tĩnh của tải trọng gió

ζ hệ số áp lực động của tải trọng gió ở độ cao z .

v hệ số tương quan không gian áp lực động của tải trọng gió, lấy theo bề mặt tính toán (gồm bề mặt đón gió, khuất gió, tường bên, mái... mà qua đó áp lực gió truyền lên kết cấu chịu lực)

- b) Đối với các nhà có mặt bằng đối xứng có $f_1 < f_L$ và mọi công trình có $f_1 < f_L < f_2$ (f_2 là tần số dao động riêng thứ 2 của công trình):

$$W_p = m \cdot \xi \cdot \psi \cdot y$$

m - khối lượng của phần công trình mà trọng tâm có độ cao z ;

ξ - hệ số động lực xác định bằng đồ thị.

y - dịch chuyển ngang của công trình ở độ cao z ứng với dạng dao động riêng thứ nhất

ψ - hệ số xác định bằng cách chia công trình thành r phần, trong mỗi phần tải trọng

gió không đổi:
$$\psi = \frac{\sum_{k=1}^r y_k \cdot W_{pk}}{\sum_{k=1}^r y_k^2 \cdot M_k}$$

M_k - khối lượng phần thứ k của công trình;

y_k - dịch chuyển ngang của trọng tâm phần thứ k ứng với dao động riêng thứ nhất;

W_{pk} - Thành phần động phân bố đều của tải trọng gió ở phần thứ k của công trình, xác định theo trường hợp a.

- c) Đối với nhà nhiều tầng có độ cứng, khối lượng và bề rộng mặt đón gió không đổi theo

chiều cao:
$$W_p = 1,4 \frac{Z}{h} \cdot \xi \cdot W_{ph}$$

W_{ph} - giá trị tiêu chuẩn thành phần động của tải trọng gió ở độ cao H tại đỉnh công trình, xác định theo công thức trường hợp a.

Các công trình có $f_s < f_L$ cần tính toán động lực có kể đến s dạng dao động đầu tiên, s xác định như sau: $f_s < f_L < f_{s+1}$.

4.3. Tải trọng động đất:

Động đất hay địa chấn là rung động của vỏ trái đất (do hoạt động kiến tạo hoặc do các vụ nổ), diễn ra bất ngờ và không kéo dài, làm phát sinh **lực quán tính** ở các bộ phận của công

trình. Cấu tạo và tính toán kháng chấn để công trình có thể chịu được các trận động đất yếu thường xảy ra, còn với động đất mạnh công trình có thể bị hư hỏng nhưng không bị sụp đổ để đảm bảo an toàn tính mạng người sử dụng.

Hiện nay việc xác định tải trọng động đất tác dụng lên công trình một cách chính xác là rất khó khăn và phụ thuộc vào nhiều yếu tố (tính chất chuyển động địa chấn, tính chất động học của công trình, của nền đất,...). Có thể tính toán công trình chịu động đất theo hai phương pháp sau :

- **Phương pháp động lực:** Xác định trực tiếp trạng thái ứng suất - chuyển vị của kết cấu chịu tải từ các gia tốc đồ ghi lại chuyển động của nền đất khi động đất xảy ra.
- **Phương pháp tĩnh lực:** Thay thế các lực động đất thực tác dụng lên công trình bằng các lực tĩnh ảo có hiệu ứng tương đương (phương pháp tải trọng ngang thay thế). Theo phương pháp này toàn bộ công trình được xem như một **vật rắn tuyệt đối đặt trên nền đất**, lực động đất tác dụng lên công trình theo phương ngang, bằng **tích khối lượng công trình với gia tốc**.

* Ưu điểm cơ bản : tính toán đơn giản, áp dụng cho công trình có hình dáng bất kỳ.

* Nhược điểm: không phản ánh được trạng thái chịu lực thực. *Tuy phương pháp động lực cho kết quả chính xác nhưng tính toán phức tạp và đòi hỏi phải có các số liệu thực tế cho nên hiện nay phổ biến tính toán theo phương pháp tĩnh lực .*

Trọng lượng công trình trong phạm vi các tầng được qui về tại trọng tâm các tầng Q_k .

Tải trọng ngang động đất tác động lên tầng thứ k ở dạng dao động thứ i, được xác định :

$$F_{ki} = C_{ki} \cdot Q_k$$

C_{ki} - hệ số địa chấn ứng với tầng thứ k và dạng dao động thứ i;

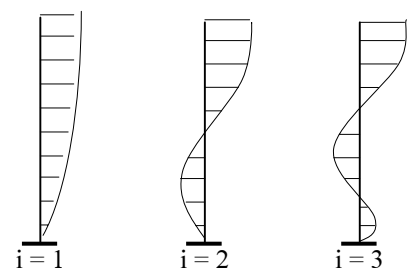
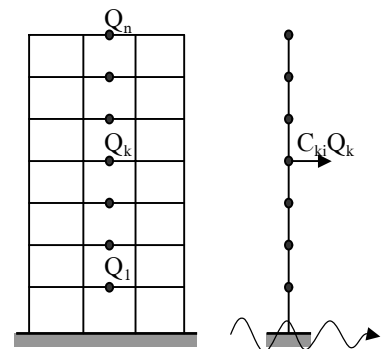
Hệ số địa chấn phụ thuộc các yếu tố chính sau:

- Cường độ và tần suất hoạt động động đất tại nơi xây dựng
- Cấu tạo địa chất của nền đất
- Chu kỳ trội của nền
- Loại móng sử dụng
- Loại KC chịu lực, tính chất cơ lý của VL
- Độ lớn và sự phân bố khối lượng của công trình
- Sự phân bố độ cứng ngang của kết cấu
- Chu kỳ dao động riêng của công trình
- Khả năng phân tán năng lượng biến dạng của kết cấu
- Tính dẻo của các cấu kiện chịu lực
- Sự tác động tương hỗ giữa nền và công trình..;

Và tập hợp thành các đặc trưng sau:

$$C_{ki} = K_c \cdot \beta_i \cdot \psi \cdot \eta_{ki}$$

K_c - hệ số cường độ địa chấn, biểu diễn tỷ số giữa gia tốc cực đại của nền đất và gia tốc trọng trường g



β_i - hệ số động lực, hàm số của chu kỳ dao động riêng và đặc tính của nền đất;

ψ - hệ số giảm chấn, xét tới hiệu quả của tính giảm chấn nhớt, độ dẻo của kết cấu, khả năng phân phối lại nội lực và sự tham gia chịu lực của các kết cấu không chịu lực;

η_{ki} - hệ số hình dáng hay phân bố tải trọng địa chấn trên chiều cao công trình, ứng với tầng thứ k và dao động thứ i.

Theo nguyên tắc trên, tùy mỗi nước mà tiêu chuẩn kháng chấn qui định việc xác định hệ số C_{ki} theo những hệ số khác nhau:

- Tiêu chuẩn CHII II-7-81 (Liên xô) :

$$C_{ki} = K_c \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_\psi \cdot \beta_i \cdot \eta_{ki}$$

- $K_c = 0,1; 0,2$ và $0,4$ ứng với các cấp động đất 7, 8 và 9 theo thang MSK-64 (thể hiện mức độ kháng chấn của công trình).

- K_1 hệ số xét đến sự hư hỏng cho phép của công trình

$$K_1 = 0,12 \div 1.$$

- K_2 hệ số xét đến giải pháp kết cấu sử dụng

$$K_2 = 0,5 \div 1,5.$$

- K_ψ hệ số giảm chấn. $K_\psi = 1,0 \div 1,5$.

- $0,8 \leq \beta_i = \frac{1}{T_i} \leq 3$ - Đất loại I (nền đá cứng chưa bị phong hóa

và phong hóa yếu..), T_i - chu kỳ dao động dạng thứ i

$$0,8 \leq \beta_i = \frac{1,1}{T_i} \leq 2,7 \quad - \text{Đất loại II (đá phong hóa, phong hóa mạnh)}$$

$$0,8 \leq \beta_i = \frac{1,5}{T_i} \leq 2 \quad - \text{Đất loại III (cát, sét và các loại khác)}.$$

- η_{ki} hệ số xác định theo công thức sau:
$$\eta_{ki} = x_{ki} \frac{\sum_{k=1}^n Q_k \cdot x_{ki}}{\sum_{k=1}^n Q_k \cdot x_{ki}^2}$$

x_{ki} - chuyển vị ngang của điểm k trong dạng dao động thứ i.

Đối với nhà dưới 5 tầng, kể cả các ngôi nhà có khối lượng và độ cứng thay đổi không đáng kể theo chiều cao, và khi $T_1 < 0,4s$ cho phép xác định η_{ki} theo công thức gần đúng sau:

$$\eta_k = h_k \frac{\sum_{k=1}^n Q_k \cdot h_k}{\sum_{k=1}^n Q_k \cdot h_k^2}$$

h_k cao độ của tầng thứ k kể từ mặt móng.

- Tiêu chuẩn UBC của Mỹ, 1979 (Uniform Building Code):

Tiêu chuẩn kháng chấn của một số nước khác qui định xác định lực cắt ngang ở chân công trình trước rồi sau đó mới phân phối lên các tầng. Theo UBC, lực cắt cực đại ở chân công trình với dạng dao động thứ i:

$$F_i = C_i \cdot Q$$

Trong đó Q - trọng lượng toàn bộ công trình;

C_i - hệ số địa chấn ở dạng thứ i:

$$C_i = Z \cdot I \cdot K \cdot C \cdot S$$

Z - hệ số cường độ địa chấn $Z = \frac{3}{16} \div 1$

I - hệ số tầm quan trọng của công trình $I = 1 \div 1,5$

K - hệ số giảm chấn, K = 0,7 cho kết cấu dẻo,

K = 0,8 cho hệ khung giằng,

K = 1,3 cho hệ kết cấu hỗn hợp,

K = 1 cho các loại kết cấu khác.

C - hệ số động lực, $C = \frac{1}{15\sqrt{T_i}} \leq 0.12$

S - hệ số cộng hưởng nền đất - kết cấu,

$$S = 1 + \frac{T_i}{T_0} - 0.5 \left(\frac{T_i}{T_0} \right)^2 \geq 1 \text{ khi } \frac{T_i}{T_0} \leq 1$$

$$S = 1.2 - 0.6 \frac{T_i}{T_0} - 0.3 \left(\frac{T_i}{T_0} \right)^2 > 1 \text{ khi } \frac{T_i}{T_0} > 1$$

T_0 là chu kỳ dao động đặc trưng của nền.

* Một số dạng tác động khác lên nhà cao tầng:

- Tác động do co ngót, từ biến của bê tông.
- Ảnh hưởng của sự lún không đều.
- Do ảnh hưởng của sự thay đổi nhiệt độ, độ ẩm môi trường.
- Do các sai lệch khi thi công, do thi công các công trình lân cận.
- Do khai thác khoáng sản, nước ngầm dưới nhà,...

5. Đặc điểm thiết kế kết cấu, tính toán và cấu tạo :

5.1. Đặc điểm thiết kế kết cấu :

Thiết kế nhà nhiều tầng, vấn đề kết cấu chiếm vai trò rất quan trọng. Việc chọn các hệ kết cấu khác nhau, trực tiếp ảnh hưởng đến các vấn đề về bố trí mặt bằng, hình khối, độ cao các tầng, thiết bị điện, đường ống kỹ thuật, yêu cầu về kỹ thuật, tiến độ thi công, giá thành công trình. Các đặc điểm chủ yếu cần lưu ý là:

a. Tải trọng ngang là nhân tố chủ yếu của thiết kế kết cấu. Trong kết cấu nhà thấp tầng, ảnh hưởng do tải trọng ngang sinh ra rất nhỏ, chủ yếu là tải trọng đứng. Theo sự gia tăng của chiều cao, nội lực và chuyển vị do tải trọng ngang sinh ra tăng lên rất nhanh.

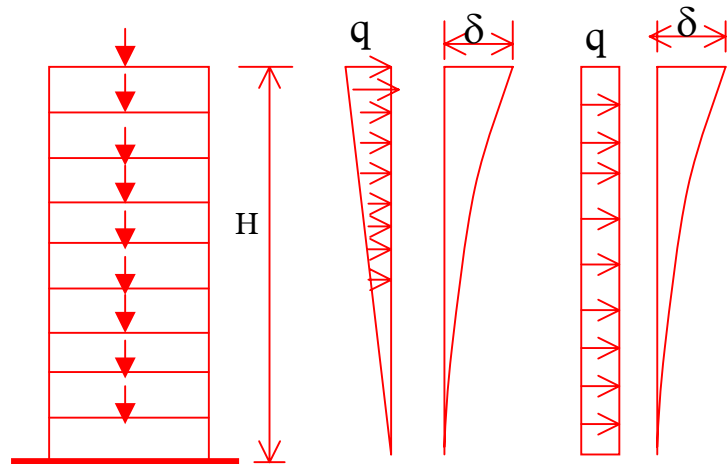
Nếu xem CT như một thanh ngàm :

* Tải phân bố tam giác :

$$M = \frac{qH^2}{3}, \quad \delta = \frac{11 qH^4}{120 EJ}$$

* Tải phân bố chữ nhật :

$$M = \frac{qH^2}{2}, \quad \delta = \frac{qH^4}{8 EJ}$$



b. Hạn chế chuyển vị ngang: Theo sự tăng chiều cao, chuyển vị ngang tăng rất nhanh, trong thiết kế không chỉ yêu cầu kết cấu đủ cường độ, mà phải đủ độ cứng để chống lực ngang, hạn chế chuyển vị ngang trong phạm vi nhất định . Nếu chuyển vị ngang quá lớn làm tăng thêm nội lực phụ, độ lệch tâm tăng nhanh, làm cho người ở cảm thấy khó chịu và có thể sụp đổ công trình. Chuyển vị lớn còn có thể làm cho tường, chi tiết trang trí, ốp lát, hệ thống điện nước nứt, hư hỏng, ray thang máy biến dạng, ..

c. Yêu cầu thiết kế chống động đất càng cao. Ở vùng có động đất, ngoài việc tính đến tải trọng đứng, tải trọng gió còn làm cho kết cấu có tính năng chống động đất tốt, để không bị hư hại khi có động đất nhỏ, khi gặp động đất tương đương cấp thiết kế qua sửa chữa bình thường có thể sử dụng được. Còn khi gặp động đất lớn có hư hại nhưng không nguy hiểm cho tính mạng con người và thiết bị sản xuất quan trọng, có thể nứt nhưng không sụp đổ.

d. Giảm nhẹ trọng lượng bản thân có ý nghĩa hơn công trình bình thường. Cùng điều kiện nền đất, nếu giảm trọng lượng bản thân có thể xây dựng được nhiều tầng hơn. Hiệu ứng của động đất tỷ lệ thuận với trọng lượng công trình, giảm nhẹ trọng lượng bản thân là giảm nội lực cấu kiện, do đó tiết kiệm vật liệu, hạ giá thành.

5.2. Các đặc điểm tính toán:

a. Tính toán nội lực dưới tác dụng của tải trọng đứng, nói chung không cần tiến hành tính toán vị trí bất lợi của hoạt tải. Vì nhà nhiều tầng thường là kết cấu không gian ba chiều, nhiều tầng nhiều nhịp, khả năng bố trí hoạt tải quá nhiều, không thể tính toán từng trường hợp một. Mặt khác, nhà nhiều tầng, trọng lượng bản thân kết cấu chiếm tỷ lệ rất lớn (**#1500kg/m²**) so với hoạt tải (**200-300kg/m²**) cho nên vị trí bất lợi của hoạt tải ảnh hưởng tới nội lực cũng rất nhỏ.

Khi hoạt tải tương đối lớn, mômen của nhịp dầm có thể có ảnh hưởng bất lợi, nên mômen giữa nhịp nhân với hệ số 1,1 - 1,2.

b. Các cấu kiện thẳng đứng chịu tải của công trình liên kết với nhau thành một **hệ không gian**. Những việc tính toán có thể thực hiện dưới dạng **bài toán phẳng** nếu tiến hành được việc **phân phối tải trọng ngang** theo độ cứng tương đối của các cấu kiện chịu tải.

c. Đối với nhà nhiều tầng việc tính toán với tải trọng động chủ yếu vẫn tập trung vào việc xác định chu kỳ và dạng dao động của chúng. Từ đó cho phép xác định được tải trọng tác dụng và tiếp đó xác định trạng thái ứng suất theo các phương pháp tĩnh học thông thường.

5.3 Các yêu cầu cấu tạo:

a. Dạng của công trình:

- **Hình dạng mặt bằng nhà:** Cần đơn giản (vuông, tròn là tốt nhất), gọn và có độ cứng chống xoắn lớn (tâm cứng trùng với trọng tâm). Nếu mặt bằng phức tạp, trải dài cần cấu tạo các khe kháng chấn.

- **Hình dạng theo chiều cao:** Theo phương đứng nhà phải đơn điệu và liên tục, cân đối, tránh sự thay đổi đột ngột hình dạng theo chiều cao nhà. Cân đối giữa tỷ lệ chiều cao và bề rộng nhà.

b. Độ cứng, cường độ :

- **Theo phương đứng:** Nên tránh sự thay đổi đột ngột sự phân bố độ cứng và cường độ trên chiều cao nhà. Nếu trên công trình có một tầng mềm thì các biến dạng sẽ có khuynh hướng tập trung ở tầng đó và dễ gây ra sự sụp đổ toàn công trình.

- **Theo phương ngang:** Nếu trong cùng một tầng có cột dài lẫn cột ngắn, lực cắt sẽ tập trung ở cột ngắn cứng hơn, nó sẽ bị phá hoại trước cột dài, điều này cũng tương tự đối với dầm. Trường hợp này nên tách các kết cấu tự mang (vách ngăn,...) ra khỏi kết cấu chịu lực, cũng như giảm bớt chiều cao tiết diện của các cấu kiện ngắn.

c. Bậc siêu tĩnh:

Ở những nhà chịu ứng suất phát sinh do chênh lệch nhiệt độ, do lún không đều thì số bậc siêu tĩnh nên thấp. Nhưng ngược lại khi chịu tải trọng ngang thì bậc siêu tĩnh phải cao để tránh cho công trình không bị đổ khi có một bộ phận nào đó bị phá hoại trước.

d. Tương quan độ cứng giữa cột và dầm:

Thông thường phải thiết kế sao cho khớp dẻo ở dầm xuất hiện trước sau đó mới ở các cột. Hay nói cách khác, thiết kế cột chắc hơn dầm, vì sự an toàn của công trình và tận dụng khả năng làm việc của các bộ phận công trình.

e. Lựa chọn vật liệu và loại nhà.

- Có thể lựa chọn vật liệu làm kết cấu chịu lực chính bằng thép, bê tông cốt thép hay hỗn hợp cho phù hợp.

- Có thể lựa chọn nhà khung, nhà tấm, nhà kết hợp,..

6. Đặc điểm tính toán nhà nhiều tầng:

6.1. Khái niệm về kết cấu biến dạng đồng điệu và không đồng điệu:

Biến dạng của một consol chịu tải trọng phân bố đều p có dạng:

$$v(z) = \frac{p}{EI} \varphi(z) + \frac{p}{GA} \psi(z)$$

EI - độ cứng chống uốn của cấu kiện ;

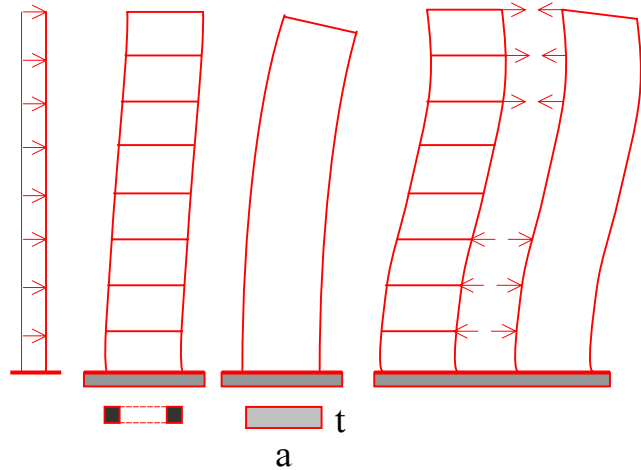
GA - độ cứng chống cắt của cấu kiện.

Với hai công xon có cùng chiều cao nhưng kích thước tiết diện khác nhau, để $v_1(z)$ và $v_2(z)$ là những đường cong

đồng dạng: $\frac{v_1(z)}{v_2(z)} = k$

($k = \text{const}$) thì phải có điều kiện:

- 1) $\frac{I_1}{A_1} = \frac{I_2}{A_2}$ hoặc
- 2) $A_1 = A_2 = \infty$ (các consol chỉ chịu uốn) hoặc
- 3) $I_1 = I_2 = \infty$ (các consol chỉ chịu cắt)



Như vậy các cấu kiện chịu tải có biến dạng đồng điệu khi chúng có cùng quy luật biến dạng.

Khi hai cấu kiện cùng làm việc có *biến dạng không đồng điệu* thì sự tác động tương hỗ giữa chúng sẽ tương đương một tải trọng phụ thay đổi theo chiều cao.

Ví dụ biến dạng của khung cứng và vách cứng chịu tải ngang là không đồng điệu: **biến dạng của khung giống biến dạng do lực cắt, còn biến dạng của vách cứng có dạng biến dạng uốn**. Khi chúng cùng làm việc với nhau, *phần trên của công trình sẽ có biến dạng theo khung cứng, còn phần dưới theo vách cứng*. Vì vậy việc tính toán công trình với các cấu kiện chịu lực có biến dạng không đồng điệu sẽ phức tạp hơn nhiều, theo tính chất biến dạng này khi tính toán phân phối tải trọng ngang cần phân biệt:

- *sơ đồ giằng* (bd đồng điệu) - *sơ đồ khung giằng* (không đồng điệu)

6.2. Tính toán nhà có sơ đồ vách cứng chịu lực:

6.2.1. Trường hợp các vách cứng đặc:

***. Phân phối tải trọng ngang đến các vách cứng:**

Xét hệ gồm các vách cứng, giả thuyết rằng:

- *Các bản sàn tuyệt đối cứng trong mặt phẳng của nó.*
- *Các cấu kiện thẳng đứng chịu tải (tường, lõi...) ngàm vào một móng cứng và có độ cứng không đổi theo chiều cao.*
- *Bỏ qua biến dạng trượt và bỏ qua độ cứng chống xoắn thuần túy của vách*

Xét hệ tường chịu lực có các trục chính của các vách cứng song song với hệ trục vuông góc xOy. Công trình chịu tải trọng ngang cường độ $p_y(z)$ song song với trục Oy.

Tọa độ tâm cứng của hệ xác định theo công thức:

$$x_{TC} = \frac{\sum \lambda_{xi} EI_{xi}}{\sum EI_{xi}}; \quad y_{TC} = \frac{\sum \lambda_{yi} EI_{yxi}}{\sum EI_{yi}};$$

Nếu đặt $EI_x = \sum EI_{xi}$ và $EI_y = \sum EI_{yi}$ là độ cứng chống uốn của công trình:

$EK_t = \sum (r_{xi}^2 \cdot EI_{xi} + r_{yi}^2 \cdot EI_{yi})$ - độ cứng chống xoắn của công trình.

r_{xi}, r_{yi} - khoảng cách từ tâm cứng G đến trọng tâm vách cứng thứ i.

Mô men xoắn $M_t = (b - x_{TC}) \cdot T_y$

Tải trọng ngang được phân cho vách cứng:

$$T_{yi}^* = \frac{EI_{xi}}{EI_x} T_y$$

Tải trọng ngang được phân thêm do mô men xoắn:

$$T_{xi}^{**} = r_{yi} \frac{M_t}{EK_t} EI_{yi}; \quad T_{yi}^{**} = r_{xi} \frac{M_t}{EK_t} EI_{xi}$$

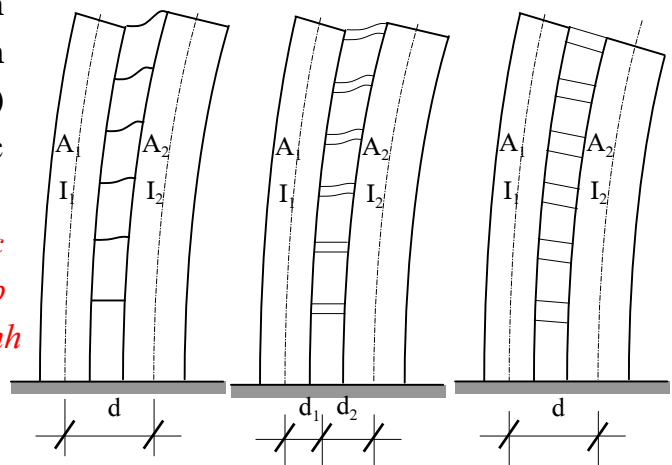
Vậy tải trọng ngang phân phối vào vách cứng là:

$$T_{xi} = r_{yi} \frac{M_t}{EK_t} EI_{yi}; \quad T_{yi} = \frac{EI_{xi}}{EI_x} T_y + r_{xi} \frac{M_t}{EK_t} EI_{xi}$$

6.2.2. Trường hợp vách cứng có một dãy lỗ cửa:

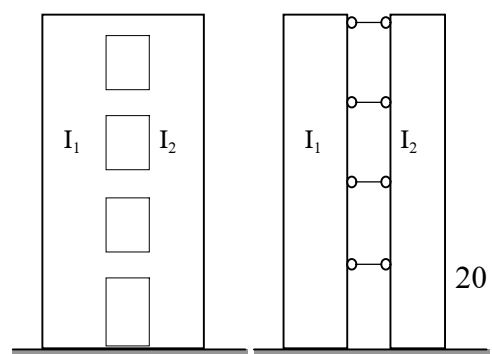
Dãy lỗ cửa chia vách cứng thành hai phần nối với nhau bởi các lanh tô, tùy theo kích thước lỗ cửa (thể hiện qua **hệ số liên khối α**) mà có ảnh hưởng khác nhau đến sự làm việc của vách.

Tính toán phân phối tải trọng ngang vào các vách cứng thực hiện tương tự như trường hợp vách cứng đặc, nhưng thay mô men quán tính I_i bằng mô men quán tính tương đương I_{tdi}



- Nếu có một dãy lỗ cửa lớn ($\alpha \leq 1$)

Độ cứng của lanh tô rất bé so với độ cứng của các phần tường do đó cho phép bỏ qua mô men uốn tại các tiết diện liên kết với tường, như vậy có thể xem lanh tô như những liên kết thanh nối khớp các phần tường với nhau. Mỗi phần sẽ làm việc như một vách



cứng đặc riêng biệt với độ cứng chống uốn là EI_1 và EI_2 . Toàn bộ vách có mô men quán tính tương đương là:

$$I_{td} = I_1 + I_2.$$

- Nếu có một dãy lỗ của bé ($\alpha \geq 10$):

Do độ cứng của lanh tô rất lớn, biến dạng của vách cứng sẽ tuân theo giả thuyết tiết diện phẳng. Mô men quán tính tương đương của vách sẽ là: $I_{td} = I_1 + I_2 + d_1^2 \cdot A_1 + d_2^2 \cdot A_2$.

Trong đó:

I_1, I_2, A_1, A_2 : mô men quán tính và diện tích tiết diện ngang của mỗi phần tường.

d_1, d_2 : khoảng cách từ trọng tâm của toàn bộ vách cứng đến các trọng tâm của từng phần tường.

Lực cắt tại điểm giữa của lanh tô:

$$Q_k = \frac{T_{jk} S_z}{I_{td}} h$$

Mô men uốn ở 2 đầu ngàm lanh tô :

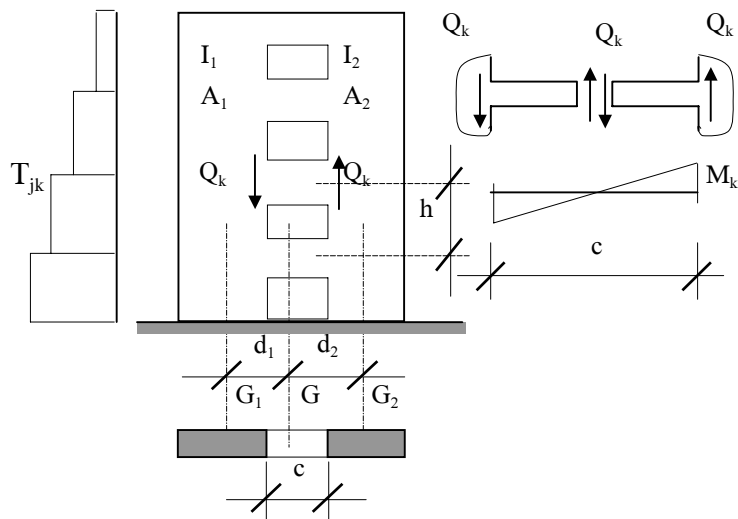
$$M_k = \pm Q_k \frac{c}{2}.$$

- T_{jk} lực cắt tầng jk

- S_z mô men tĩnh của 1 phần tường đối với tâm G: $S_z = d_1 A_1 = d_2 A_2$

- h chiều cao tầng ;

- c bề rộng lỗ cửa.



- Nếu có một dãy lỗ của với kích thước trung bình ($1 < \alpha < 10$)

Trong trường hợp này trạng thái biến dạng của vách cứng chịu ảnh hưởng của các lanh tô. Để đơn giản tính toán có thể theo hai mô hình sau:

Mô hình rời rạc (hay khung thay thế): các phần tường cùng với lanh tô làm việc như một khung nhiều tầng tương đương.

Mô hình rời rạc liên tục: Các lanh tô được thay thế bởi các thanh rải đều theo chiều cao, chịu biến dạng trượt với độ cứng xác định theo tính chất và khoảng cách của lanh tô.

* Hệ số liên khối của vách cứng α :

Mô men tĩnh của từng phần tường với trục qua trọng tâm vách cứng: $S = A_1 \cdot d_1 = A_2 \cdot d_2$

Trong đó d_1, d_2 là khoảng cách từ trọng tâm vách cứng đến trọng tâm của từng phần tường.

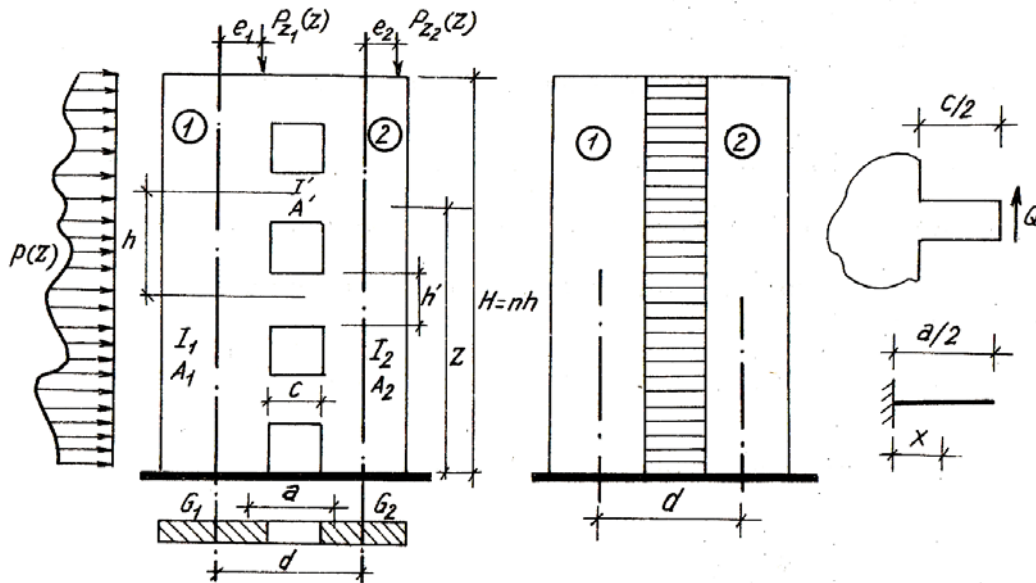
$$d = d_1 + d_2$$

Hoặc có thể viết lại
$$S = \frac{d}{\frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2}}$$

Mô men quán tính của vách cứng có xét đến sự giảm yếu do lỗ của xác định theo công thức:

$$I = I_1 + I_2 + S.d$$

Đặt
$$\lambda^2 = \frac{12d}{h.a^3.S} \frac{E'}{E} \frac{I.I'_{td}}{I_1 + I_2} \quad \text{Với} \quad I'_{td} = I' \frac{a^2}{a^2 + 2,76.h'^2}$$



I'_{td} - mômen quán tính tương đương của lanh tô.

E' , G' , I' , A' : môđun đàn hồi, môđun cắt, mômen quán tính và diện tích tiết diện lanh tô.

A - khoảng cách giữa các tiết diện ngàm thực tế của lanh tô $a = c + \frac{h'}{2}$

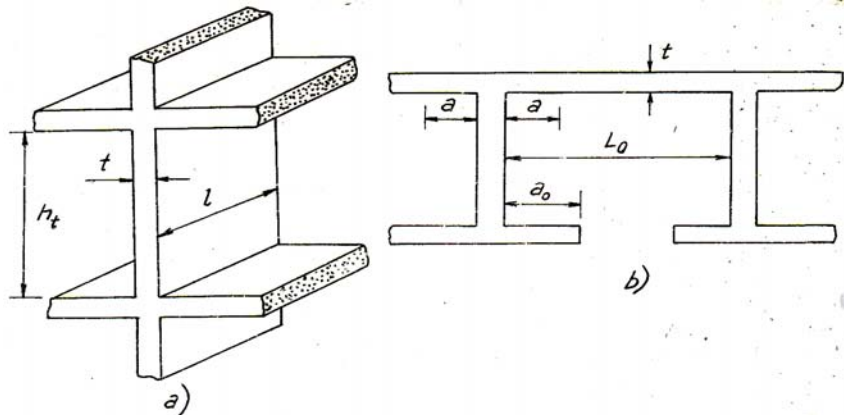
c : bề rộng lỗ cửa, h' : chiều cao tiết diện lanh tô;

Hệ số liên khối:
$$\alpha = \lambda.H = H \left[\frac{12d}{h.a^3.S} \cdot \frac{E'}{E} \cdot \frac{I.I'_{td}}{I_1 + I_2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

6.2.3. Đặc điểm tính toán các vách cứng:

6.2.3.1. Tính toán vách cứng ngang:

a) Các vách cứng không có lỗ cửa:



* Cấu kiện chịu tải coi là vách cứng nếu thỏa mãn: $l \geq h_t/2$ và $l \geq 5t$. Vách như một công xon ngàm vào móng.

* Vách cứng chỉ chịu tải trọng ngang tác dụng song song với mp của nó.

Khi có kể tường dọc tham gia chịu lực thì phần tường đưa vào tính toán mỗi bên bằng trị số nhỏ nhất trong các trị số ở hình bên

Với sơ đồ tính như một consol dễ dàng xác định M, Q.

Kiểm tra ứng suất trong tường: $\sigma = \frac{M}{I} y_1$ $\tau = \frac{Q.S}{I.b}$

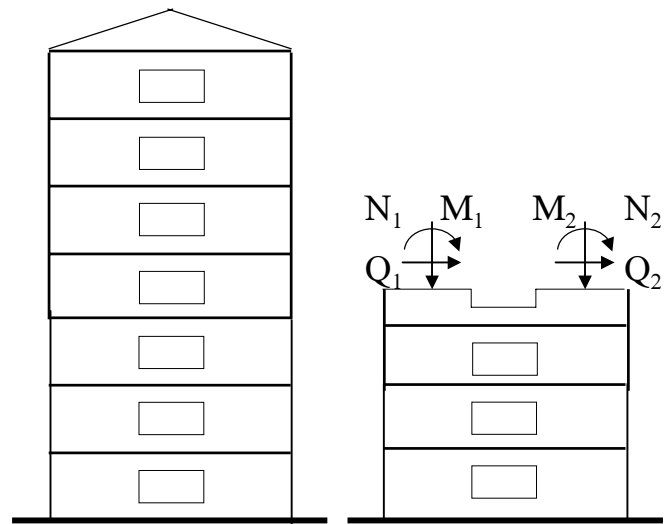
b) Các tấm tường có lỗ cửa:

Quan niệm gần đúng rằng nội lực phân bố vào các phần tường theo độ cứng:

$$M = M_1 + M_2$$

$$Q = Q_1 + Q_2$$

Và $M_1 = M \frac{B_1}{B_1 + B_2}$ $M_2 = M \frac{B_2}{B_1 + B_2}$

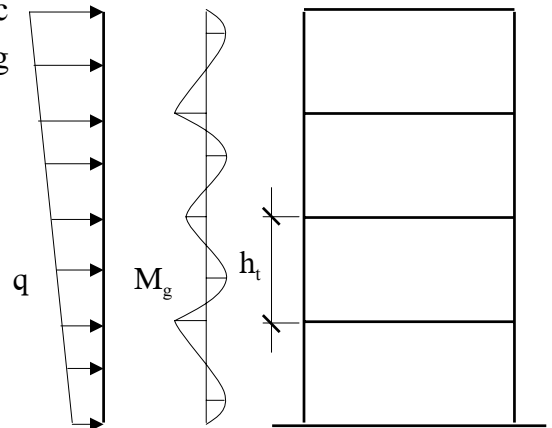


6.2.3.2. Tính toán tường dọc chịu tải trọng ngang:

Theo chiều cao nhà tường dọc như một dầm liên tục gối lên các tấm sàn (vách cứng ngang), chịu tải trọng ngang tác dụng vuông góc với mặt phẳng sàn.

Mô men tại gối xác định gần đúng:

$$M_g = \frac{q \cdot h_t^2}{12}$$

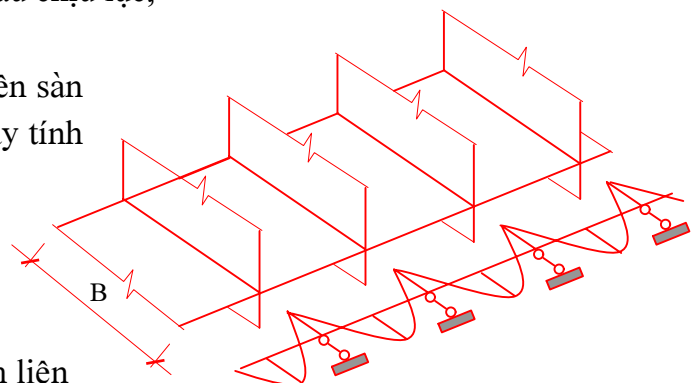


6.2.4. Tính toán sàn:

Sàn là các vách cứng ngang trong hệ kết cấu chịu lực, tải trọng tác dụng lên sàn:

- Tải trọng đứng tác dụng trực tiếp lên sàn gây uốn ngoài mặt phẳng sàn, tác động này tính toán như sàn phẳng.
- Tải trọng gió tác dụng lên tường ngoài, qua sàn truyền vào các tường chịu lực, gây uốn trong mặt phẳng sàn.

Trường hợp này sàn làm việc như một dầm liên



tụ tụ trên các tường trong. Cốt thép cần thiết chịu uốn trong mặt phẳng sàn:

$$Fa = \frac{M}{R_a \cdot B_o}$$

Lượng thép được tăng lên 50% để cấu tạo trong các giằng tường.

* Trong các nhà cao tầng hình dáng bất kỳ, hệ kết cấu hỗn hợp: khung, vách, lõi bố trí phức tạp thì sự phân phối tải trọng vào kết cấu chịu lực là rất khó xác định, đặc biệt các tấm tường giao nhau thường có độ cứng lớn nên chịu lực rất lớn, bố trí thép phải nhiều.

* Vì vậy không nên phân tích một các đơn giản thành các hệ phẳng, phân phối tải trọng theo khoảng cách giữa các kết cấu chịu lực làm cho kết cấu kém an toàn. Do đó nên dùng các chương trình phân tích không gian 3 chiều, xem xét hệ một cách tổng thể cho các dạng nhà: kết cấu ống, kết cấu có mặt bằng phức tạp, hình dáng mặt đứng thay đổi (nhô ra, thu vào....),...

* Trong phần tính toán các vách cứng thẳng đứng chịu lực chỉ xét trường hợp vách cứng có mở lỗ cửa đơn giản. Trong thực tế các lỗ có vị trí và hình dáng bất kỳ, để có kết quả tính toán chính xác nên dùng chương trình PTHH phẳng để phân tích tấm. Với các phần tử tam giác có thể phân tích tấm có hình dáng và vị trí lỗ cửa bất kỳ.

6.3. Tính toán nhà có sơ đồ khung chịu lực:

a) Sự phân bố tải trọng ngang:

Để thực hiện phân phối tải trọng ngang, cần xác định một số khái niệm cơ bản sau:

- **Độ cứng tương đối theo tầng** giữa hai tầng kế tiếp j & k của cấu kiện thẳng đứng chịu tải thứ i: là tỉ số giữa lực cắt tầng $T_{jk,i}$ và chuyển vị ngang tương đối của hai tầng $\Delta_{jk,i} = v_{ki} - v_{ji}$.

$$R_{jk,i} = \frac{T_{jk,i}}{\Delta_{jk,i}}$$

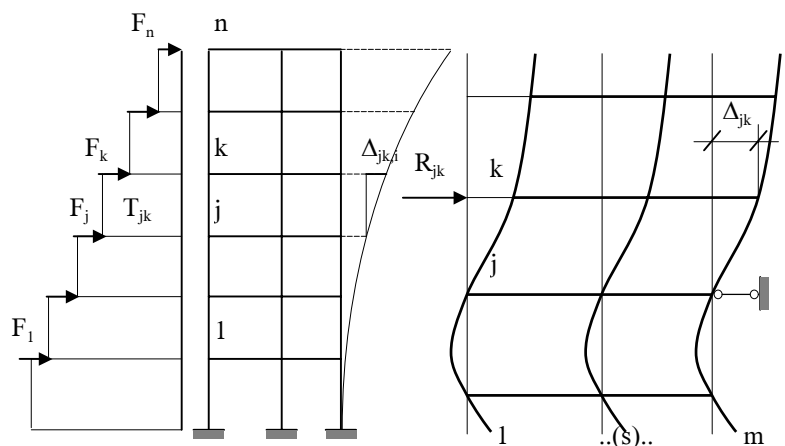
($R_{jk,i}$ là lực ngang tác động lên tầng thứ k để gây ra một chuyển

vị ngang tương đối bằng đơn vị giữa hai tầng k và k-1)

- **Độ cứng tổng thể của một cấu kiện** thứ i là lực ngang cần thiết để gây ra ở đỉnh của cấu kiện đó một chuyển vị ngang bằng đơn vị.

$$R_i = \frac{T_i}{v_i}$$

Trong đó: T_i - tải trọng ngang tác động lên cấu kiện,



v_i - chuyển vị ngang ở đỉnh cấu kiện do T_i gây ra.

Trong nhà khung việc phân phối tải trọng ngang được thực hiện tại cao trình của mỗi tầng.

- *Vị trí tâm cứng của hệ khung ở tầng jk :*

$$x_{TCjk} = \frac{\sum \lambda_{jk,i}^x R_{jk,i}^y}{\sum R_{jk,i}^y} \quad y_{TCjk} = \frac{\sum \lambda_{jk,m}^y R_{jk,m}^x}{\sum R_{jk,m}^x}$$

* Tương tự như khi xét hệ vách cứng đặc chịu tải trọng ngang, khi tải trọng ngang tác động theo hướng Oy, phần tải trọng ngang phân phối cho khung thứ i (khung ngang theo chiều Oy) ở tầng jk :

$$T_{jk,m}^y = \frac{R_{jk,i}^y}{\sum R_{jk,i}^y} T_{jk}^y + \frac{r_{jk,i}^x \cdot R_{jk,i}^y}{R_{t,jk}} M_{jk}^t$$

Phần tải trọng ngang phân phối cho khung thứ m (khung dọc) của tầng jk :

$$T_{jk,m}^x = \frac{r_{jk,m}^y \cdot R_{jk,m}^x}{R_{t,jk}} M_{jk}^t$$

Trong đó $R_{t,jk}$ độ cứng chống xoắn của công trình,

$$R_{t,jk} = \sum \left(R_{jk,m}^x \cdot (r_{jk,m}^y)^2 + R_{jk,i}^y \cdot (r_{jk,i}^x)^2 \right)$$

M_{jk}^t mô men gây xoắn của công trình, $M_{jk}^t = T_{jk}^y (b - x_{TCjk})$

$r_{jk,i}^x, r_{jk,m}^y$ khoảng cách từ tâm cứng của khung đến tâm cứng của công trình theo

phương x & y: $r_{jk,i}^x = \lambda_{jk,i}^x - x_{TCjk}$

$$r_{jk,m}^y = \lambda_{jk,m}^y - y_{TCjk}$$

b) Xác định độ cứng tương đối theo tầng của khung:

Độ cứng tương đối theo tầng của một khung bất kỳ: $R_{jk} = \sum_{s=1}^m R_{jk}^{(s)}$

$R_{jk}^{(s)} = A_{jk}^{(s)} \cdot R_{jk}^{(s)}(\infty)$ - độ cứng tương đối của cột s ($s=1,2..m$) ở tầng jk .

$R_{jk}^{(s)}(\infty)$: độ cứng tương đối của cột s khi các nút (k,s) & (j,s) chịu chuyển vị thẳng, còn chuyển vị xoay bằng 0 (tương tự như trường hợp xem dầm ngang tuyệt đối cứng $J_{dầm} = \infty$).

$A_{jk}^{(s)}$: hệ số điều chỉnh khi xét đến ảnh hưởng của chuyển vị xoay các nút (k,s) & (j,s) do biến dạng của dầm và cột gây ra (bảng tra)

Đặt: $I_{jk}^{(s)} = k_{jk}^{(s)} I_0$: mô men quán tính cột (s) ở tầng jk ,

$l_{jk} = \lambda_{jk} \cdot l_0$ - khoảng cách giữa hai nút kề nhau j & k của khung,

$\rho_{jk}^{(s)} = \frac{k_{jk}^{(s)}}{\lambda_{jk}}$ - độ cứng quy ước của cột(s) nằm giữa 2 nút kề nhau j,k.

I_0 và l_0 mômen quán tính và chiều dài thanh quy ước .

Độ cứng đơn vị của thanh quy ước : $R_0 = \frac{12EI_0}{l_0^3}$.

$$\Rightarrow R_{jk}^{(s)}(\infty) = \frac{12 EI_{jk}^{(s)}}{l_{jk}^3} = \frac{12 EI_0}{l_0^3} \frac{k_{jk}^{(s)}}{\lambda_{jk}^3} = \frac{\rho_{jk}^{(s)}}{\lambda_{jk}^2} R_0$$

$$R_{jk}^{(s)} = \frac{\rho_{jk}^{(s)}}{\lambda_{jk}^2} A_{jk}^{(s)} R_0 = \eta_{jk}^{(s)} R_0$$

$$\text{với } \eta_{jk}^{(s)} = \frac{\rho_{jk}^{(s)}}{\lambda_{jk}^2} A_{jk}^{(s)}$$

Độ cứng tương đối của khung ở tầng jk : $R_{jk} = \sum_{s=1}^m \eta_{jk}^{(s)} \cdot R_0 = \eta_{jk} R_0$

$$\text{Với } \eta_{jk} = \sum_{s=1}^m \eta_{jk}^{(s)} = \frac{1}{\lambda_{jk}^2} \sum_{s=1}^m \rho_{jk}^{(s)} A_{jk}^{(s)}$$

Độ cứng tương đối theo tầng của khung còn được sử dụng khi tính toán dao động công trình.

6.4. Tính toán nhà có sơ đồ khung giằng:

Trong nhà khung giằng khung và vách cứng cùng chịu tải trọng đứng và tải trọng ngang. Như đã trình bày ở 3.1 khung và vách cứng có biến dạng không đồng đều, việc tính toán phân phối tải trọng ngang vào kết cấu chịu lực thực hiện theo hai cách:

Cách thứ nhất: Thay khung thực bằng một vách cứng đặc tương đương có cùng chiều cao, cùng chuyển vị ngang ở đỉnh khi chịu cùng một loại tải trọng. Tính toán phân phối tải trọng ngang sẽ được thực hiện như nhà có tường chịu lực.

Cách thứ hai: Xem khung như một công xon chịu cắt (độ cứng chống uốn lớn vô cùng). Để tiến hành phân phối tải trọng ngang vào các kết cấu chịu lực, cần xác định độ cứng chống cắt tương đương của khung .
