

TÍNH TOÁN TẢI TRỌNG DO ĐỘNG ĐẤT GÂY RA CHO NHÀ NHIỀU TẦNG CÓ ĐỘ CỨNG NGANG KHÔNG ĐỀU

Ths. NGUYỄN HẢI QUANG TRƯỜNG

CĐXDCTĐT, Công ty CP TV ĐT TK và XD Sông Đà

1. Mở đầu

Hiện nay việc tính toán dao động và tải trọng do động đất gây ra cho nhà nhiều tầng có độ cứng tầng không đổi (hình 1) đã được nhiều tài liệu đề cập tới. Nhưng việc tính toán dao động, tải trọng do động đất gây ra cho nhà nhiều tầng có độ cứng ngang không đều (hình 2) thì chỉ có ít tài liệu đề cập tới. Trong thực tế do yêu cầu của kiến trúc có những công trình làm bằng khung có độ cứng tầng không đều. Do vậy trong bài này tác giả đề cập tới một phương pháp tính dao động và tải trọng do động đất gây ra cho nhà nhiều tầng có độ cứng ngang không đều.

2. Thiết lập ma trận độ cứng

2.1. Khung có độ cứng ngang đều

Khi tính toán dao động của khung nhà nhiều tầng có độ cứng ngang đều (hình 1) chịu tác dụng của động đất thì ma trận độ cứng chỉ có một dạng duy nhất (2-1) [3]

$$[K] = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1n} \\ R_{21} & R_{22} & \dots & R_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{n1} & R_{n2} & \dots & R_{nn} \end{bmatrix} \quad (2-1)$$

Trong đó

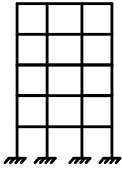
$$R_{ii} = R_i + R_{i+1};$$

$$R_{i,i+1} = -R_i;$$

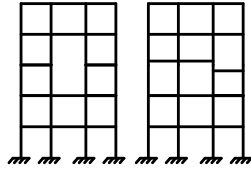
$$R_{i-1,i} = -R_i;$$

Với R_i, R_{i+1} là độ cứng tầng thứ i và tầng thứ $i+1$.

Các phần tử còn lại đều bằng không



Hình 1. Khung có độ cứng ngang đều



Hình 2. Khung có độ cứng ngang không đều

2.2.1 Độ cứng ngang tương đối của cột

Độ cứng ngang tương đối giữa hai mức liên tiếp k và j là:

$$R_{jk} = \frac{T_{jk}}{\Delta_{jk}} \quad (2-2)$$

Trong đó

T_{jk} là lực cắt ngang giữa hai mức;

Δ_{jk} là chuyển vị ngang tương đối giữa hai mức;

- Nếu trong một tầng có nhiều cột thì độ cứng tương đối của cột thứ s giữa hai mức k và j là

$$R_{jk}^{(s)} = A_{jk}^{(s)} R_{jk}^{(s)\infty} \quad (2-3)$$

Trong đó

$R_{jk}^{(s)\infty}$ là độ cứng tương đối của cột s khi nút (k,s) và (j,s) chuyển vị tịnh tiến ngang không xoay (dầm được coi như cứng tuyệt đối);

$A_{jk}^{(s)}$ là hệ số kể đến ảnh hưởng của chuyển vị xoay tại các nút ở hai đầu cột đó do sự biến dạng của các dầm và cột đó.

- Trong các tiết diện của các cột chọn một tiết diện đặc trưng ký hiệu là b_0 và h_0 . thì mô men quán tính của nó là:

$$J_0 = \frac{b_0 \cdot h_0^3}{12} \quad (2-4)$$

- Hoặc J_0 là trung bình cộng của mô men quán tính của tất cả các tiết diện cột.
- Trong các chiều cao của các cột ta chọn một cột có chiều cao đặc trưng nhất ký hiệu là l_0 , hoặc l_0 bằng trung bình cộng chiều cao của tất cả các cột.
- Mô men quán tính của mặt cắt của cột thứ s giữa mức k và j là:

$$J_{jk}^{(s)} = \frac{b_s \cdot h_s^3}{12} \quad (2-5)$$

- Chiều cao của cột s giữa hai mức k và j là l_{jk}

$$\text{- Với hệ số } k_{jk}^{(s)} = \frac{J_{jk}^{(s)}}{J_0} \text{ và } \lambda_{jk} = \frac{l_{jk}}{l_0} \quad (2-6)$$

Ta có độ cứng quy ước của cột s giữa j và k là:

$$\rho_{jk}^{(s)} = \frac{k_{jk}^{(s)}}{\lambda_{jk}} \quad (2-7)$$

Độ cứng tương đối của cột s khi các nút ở hai đầu của cột chỉ chuyển vị ngang không có chuyển vị xoay là:

$$R_{jk}^{(s)} \infty = \frac{12EJ_{jk}^{(s)}}{l_{jk}^3} = \frac{12E \cdot J_0}{l_0^3} \cdot \frac{k_{jk}^{(s)}}{\lambda_{jk}^3} = \frac{\rho_{jk}^{(s)}}{\lambda_{jk}^2} R_0 \quad (2-8)$$

Thay (2-7) vào (2-3) ta được:

$$R_{jk}^{(s)} = \frac{\rho_{jk}^{(s)}}{\lambda_{jk}^2} A_{jk}^{(s)} R_0 = \eta_{jk}^{(s)} R_0 = \eta_{jk}^{(s)} \frac{12EJ_0}{l_0} \quad (2-9) \quad \text{Với} \quad \eta_{jk}^{(s)} = \frac{\rho_{jk}^{(s)}}{\lambda_{jk}^2} A_{jk}^{(s)} \quad (2-10)$$

được gọi là hệ số độ cứng tương đối giữa hai mức k và j của cột s .

* Cách tính $A_{jk}^{(s)}$:

- Tính $\sum_{(j,s)} \rho$, $d_{jk}^{(s)}$ theo công thức của Wibur và Ibrim [3]

+ Độ cứng quy ước tại các nút bằng tổng độ cứng quy ước của các dầm và cột quy tụ tại nút đó, ký hiệu là $\sum_{(j,s)} \rho$, được tính như sau:

$$\sum_{(j,s)} \rho = \rho_{s-1,s}^{(j)} + \rho_{s,s+1}^{(j)} + \rho_{j-1,j}^{(s)} + \rho_{j,j+1}^{(s)} \quad (2-11)$$

+ Độ cứng quy ước của đầu cột bằng tỷ số giữa độ cứng quy ước của cột đó và độ cứng quy ước của nút chứa đầu cột đó, ký hiệu là $d_{jk}^{(s)}$:

$$d_{jk}^{(s)} = \frac{\rho_{jk}^{(s)}}{\sum_{(j,s)} \rho} \quad (2-12)$$

- Tính $\bar{\rho}_{jk}^{(k)}$, $\bar{\rho}_{01}^{(s)}$ theo công thức của Muto:

$$\bar{\rho}_{jk}^{(k)} = \frac{\rho_{s-1,s}^{(k)} + \rho_{s,s+1}^{(k)} + \rho_{s-1,s}^{(j)} + \rho_{s,s+1}^{(j)}}{2\rho_{jk}^{(s)}} \quad (2-13)$$

$$\bar{\rho}_{01}^{(s)} = \frac{\rho_{s-1,s}^{(1)} + \rho_{s,s+1}^{(1)}}{2\rho_{01}^{(s)}} \quad (2-14)$$

Từ bảng 2-1 ta có các công thức tính hệ số điều chỉnh $A_{kj}^{(s)}$ sau đó tính được độ cứng tương đối của mỗi cột $R_{kj}^{(s)}$.

Bảng 2-1

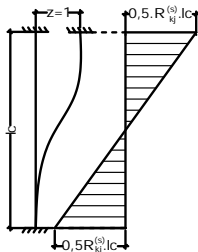
Tác giả	Sơ đồ tính	Hệ số điều chỉnh $A_{kj}^{(s)}$
---------	------------	---------------------------------

K.MUTO		$A_{kj}^{(s)} = \frac{\rho_{jk}^{(s)}}{2 + \rho_{jk}^{(s)}}$
		$A_{01}^{(s)} = \frac{0,5 + \rho_{01}^{(s)}}{2 + \rho_{01}^{(s)}}$
		$A_{01}^{(s)} = \frac{0,5 \cdot \rho_{01}^{(s)}}{1 + 2 \cdot \rho_{01}^{(s)}}$
JB.WILBRUR		$A_{kj}^{(s)} = 1 - 0,5(d_{jk}^{(s)} + d_{j,j-1}^{(s)} + d_{kj}^{(s)} + d_{k,k+1}^{(s)})$
		$A_{01}^{(s)} = 1 - 0,5(d_{10}^{(s)} + d_{1,2}^{(s)})$
M.IFRIM		$A_{kj}^{(s)} = 1 - 0,75(d_{jk}^{(s)} + d_{kj}^{(s)} - d_{kj}^{(s)} \cdot d_{j,k}^{(s)})$
		$A_{01}^{(s)} = 1 - 0,75d_{1,0}^{(s)}$
		$A_{01}^{(s)} = 0,25(1 - d_{1,0}^{(s)})$

2.2.2 Vẽ biểu đồ mô men cho hệ cơ bản

- Trong hệ cơ bản, ứng với mỗi một liên kết phụ, ta phải vẽ một biểu đồ mômen. Trị số mô men được xác định như hình 3.

Nhận xét: Trong biểu đồ mô men của hệ cơ bản thì dầm không có mômen, chỉ có cột mới có mômen.

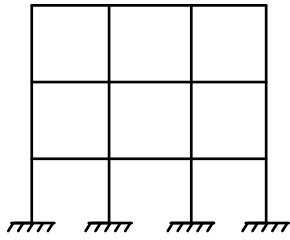


Hình 3. Biểu đồ mô men của cấu kiện cơ bản

Ví dụ 2-1:

Cho khung (hình 4), sau khi đã tính được $R_{kj}^{(s)}$.

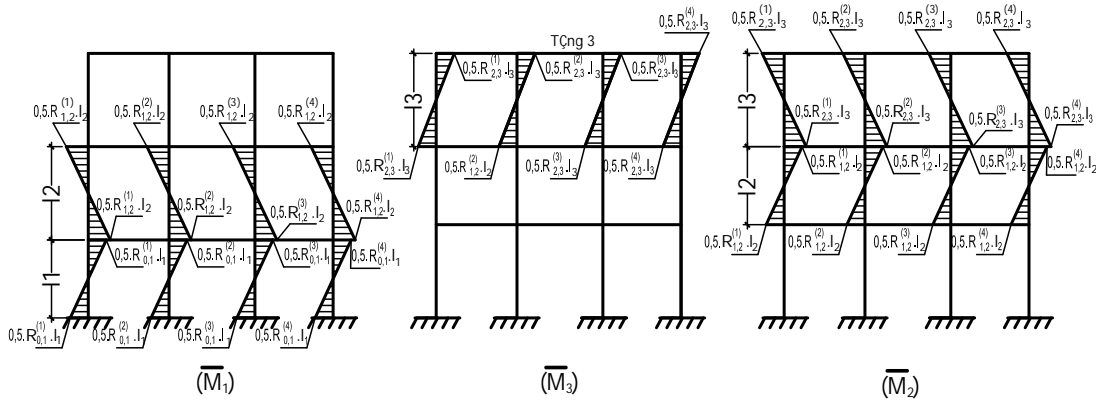
Yêu cầu vẽ biểu đồ mômen (\bar{M}_1) , (\bar{M}_2) , (\bar{M}_3) cho hệ cơ bản ứng với chuyển vị $z_1=1$, $z_2=1$, $z_3=1$ gây ra.



Hình 4. Cấu tạo của khung trong ví dụ 1

Giải:

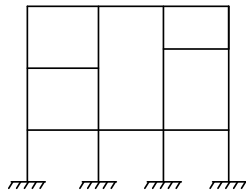
Khung đã cho có 3 tầng (hình 4), sau khi đã tính được $R_{kj}^{(s)}$ của từng cột và ứng với mỗi chuyển vị $z_1=1, z_2=1, z_3=1$, sử dụng cấu kiện cơ bản hình 3, ta vẽ được các biểu đồ mômen tương ứng là $(\bar{M}_1), (\bar{M}_2), (\bar{M}_3)$ (hình 5).



Hình 5. Biểu đồ mô men do các chuyển vị đơn vị gây ra

Ví dụ 2-2:

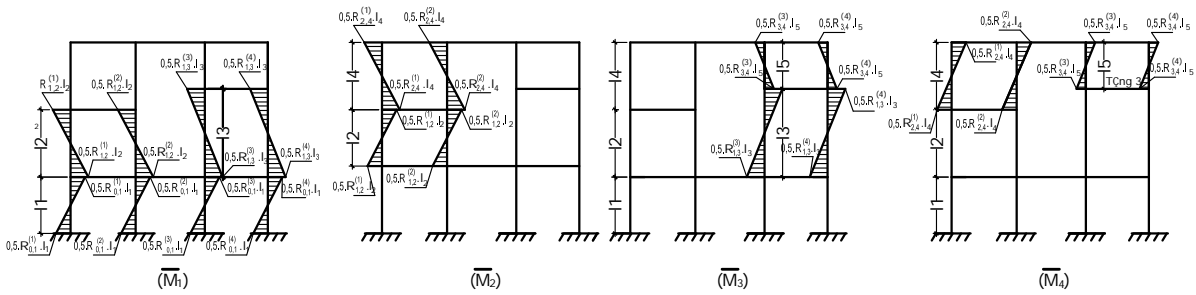
Cho Khung (hình 6), sau khi đã tính được $R_{ki}^{(s)}$. Yêu cầu vẽ biểu đồ mômen (\bar{M}_i) cho hệ cơ bản, ứng với chuyển vị $z_i=1$ gây ra.



Hình 6. Cấu tạo của khung trong ví dụ 2

Giải

Khung đã cho có 4 tầng (hình 6) sau khi đã tính được $R_{kj}^{(s)}$ của từng cột và ứng với mỗi một chuyển vị $z_1=1, z_2=1, z_3=1, z_4=1$, sử dụng cấu kiện cơ bản (hình 3) ta vẽ được một biểu đồ mô men tương ứng $(\bar{M}_1), (\bar{M}_2), (\bar{M}_3), (\bar{M}_4)$ (hình 7).



Hình 7. Biểu đồ mô men do các chuyển vị đơn vị gây ra

2.2.3 Xác định các hệ số r_{ij}

r_{ij} là phản lực tại liên kết phụ thứ i do chuyển vị $z_i=1$ gây ra trong hệ cơ bản. Như vậy muốn tìm r_{ij} ta tách mức thứ i trong biểu đồ mô men (\bar{M}_j). Hoặc tách mức thứ j trong biểu đồ mô men (\bar{M}_i) và xét cân bằng mức đó ta sẽ tính được r_{ij} nên $r_{i,j} = r_{j,i}$.

Ví dụ 2-3:

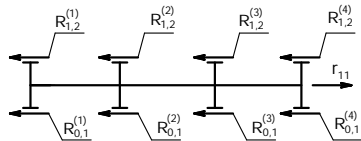
Cho khung (hình 4) và các biểu đồ mô men (\bar{M}_1), (\bar{M}_2), (\bar{M}_3) (hình 5). Hãy thiết lập ma trận độ cứng.

Giải

Vì khung đã cho có 3 tầng nên ma trận độ cứng có cỡ bằng 3. Ma trận độ cứng có dạng sau:

$$[K] = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \quad (2-15)$$

Tìm r_{11} bằng cách tách mức có chứa r_{11} của biểu đồ mô men (\bar{M}_1) (xem hình 8).



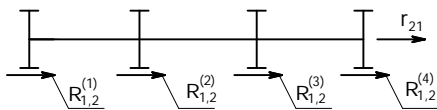
Hình 8. Sơ đồ tính r_{11}

Chiếu các lực ở hình 8 lên trục x ta được phương trình sau:

$$\sum x = 0 \Leftrightarrow -R_{0,1}^{(1)} - R_{0,1}^{(2)} - R_{0,1}^{(3)} - R_{0,1}^{(4)} - R_{1,2}^{(1)} - R_{1,2}^{(2)} - R_{1,2}^{(3)} - R_{1,2}^{(4)} + r_{11} = 0 \quad (2-15)$$

$$\Leftrightarrow r_{11} = R_{0,1}^{(1)} + R_{0,1}^{(2)} + R_{0,1}^{(3)} + R_{0,1}^{(4)} + R_{1,2}^{(1)} + R_{1,2}^{(2)} + R_{1,2}^{(3)} + R_{1,2}^{(4)} \quad (2-16)$$

Tìm r_{21} bằng cách tách mức có chứa r_{21} ở biểu đồ mô men (\bar{M}_1) (xem hình 9).



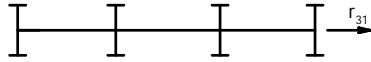
Hình 9. Sơ đồ tính r_{21}

Chiếu các lực ở hình 9 lên trục x ta được phương trình sau:

$$\sum x = 0 \Leftrightarrow R_{1,2}^{(1)} + R_{1,2}^{(2)} + R_{1,2}^{(3)} + R_{1,2}^{(4)} + r_{21} = 0 \quad (2-17)$$

$$\Leftrightarrow r_{21} = -R_{1,2}^{(1)} - R_{1,2}^{(2)} - R_{1,2}^{(3)} - R_{1,2}^{(4)} \quad (2-18)$$

Tìm r_{31} bằng cách tách mức có chứa r_{31} ở biểu đồ mô men (\overline{M}_1) (xem hình 10).



Hình 10. Sơ đồ tính r_{31}

Chiếu các lực ở hình 10 lên trục x ta được phương trình sau:

$$\sum x = 0 \Leftrightarrow r_{31} = 0 \quad (2-19)$$

$$\Leftrightarrow r_{31} = 0 \quad (2-20)$$

Tương tự như cách tính r_{11} , r_{21} ta tính được r_{22} , r_{23} , r_{33}

$$r_{22} = R_{1,2}^{(1)} + R_{1,2}^{(2)} + R_{1,2}^{(3)} + R_{1,2}^{(4)} + R_{2,3}^{(1)} + R_{2,3}^{(2)} + R_{2,3}^{(3)} + R_{2,3}^{(4)} \quad (2-21)$$

$$r_{23} = -R_{2,3}^{(1)} - R_{2,3}^{(2)} - R_{2,3}^{(3)} - R_{2,3}^{(4)} \quad (2-22)$$

$$r_{33} = R_{2,3}^{(1)} + R_{2,3}^{(2)} + R_{2,3}^{(3)} + R_{2,3}^{(4)} \quad (2-23)$$

Thay các hệ số r_{ij} vào ma trận độ cứng (2-15) ta được ma trận độ cứng cần tìm.

Ví dụ 2-4

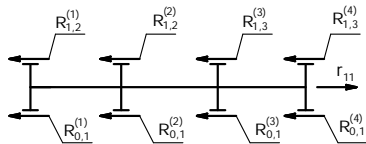
Cho khung (hình 6) và các biểu đồ mô men (\overline{M}_1) , (\overline{M}_2) , (\overline{M}_3) , (\overline{M}_4) (hình 7). Hãy thiết lập ma trận độ cứng.

Giải:

Vì khung đã cho có 4 tầng nên ma trận độ cứng có cỡ bằng 4. Ma trận độ cứng có dạng sau:

$$[K] = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & r_{34} \\ r_{41} & r_{42} & r_{43} & r_{44} \end{bmatrix} \quad (2-24)$$

Tìm r_{11} bằng cách tách mức có chứa r_{11} ở biểu đồ mô men (\overline{M}_1) ở hình 7. (xem hình 11)



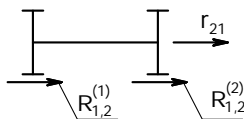
Hình 11. Sơ đồ tính r_{11}

Chiếu các lực ở hình 11 lên trục x ta được phương trình sau:

$$\sum x = 0 \Leftrightarrow -R_{0,1}^{(1)} - R_{0,1}^{(2)} - R_{0,1}^{(3)} - R_{0,1}^{(4)} - R_{1,2}^{(1)} - R_{1,2}^{(2)} - R_{1,3}^{(3)} - R_{1,3}^{(4)} + r_{11} = 0 \quad (2-25)$$

$$\Leftrightarrow r_{11} = R_{0,1}^{(1)} + R_{0,1}^{(2)} + R_{0,1}^{(3)} + R_{0,1}^{(4)} + R_{1,2}^{(1)} + R_{1,2}^{(2)} + R_{1,3}^{(3)} + R_{1,3}^{(4)} \quad (2-26)$$

Tìm r_{21} bằng cách tách mức có chứa r_{21} ở biểu đồ mô men (\overline{M}_1) ở hình 7. (xem hình 12)



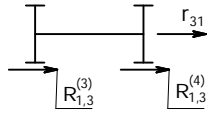
Hình 12. Sơ đồ tính r_{21}

Chiếu các lực ở hình 12 lên trục x ta được phương trình sau:

$$\sum x = 0 \Leftrightarrow R_{1,2}^{(1)} + R_{1,2}^{(2)} + r_{21} = 0 \quad (2-27)$$

$$\Leftrightarrow r_{21} = -R_{1,2}^{(1)} - R_{1,2}^{(2)} \quad (2-28)$$

Tìm r_{31} bằng cách tách mức có chứa r_{31} ở biểu đồ mô men (\overline{M}_1) ở hình 7. (xem hình 13)



Hình 13: S- ảnh tính r_{31}

Chiếu các lực ở hình 13 lên trục x ta được phương trình sau:

$$\sum x = 0 \Leftrightarrow R_{1,3}^{(3)} + R_{1,3}^{(4)} + r_{31} = 0 \quad (2-29)$$

$$\Leftrightarrow r_{31} = -R_{1,3}^{(3)} - R_{1,3}^{(4)} \quad (2-30)$$

Tương tự như cách tính r_{11} , r_{21} , r_{31} ta tính được r_{14} , r_{22} , r_{23} , r_{24} , r_{33} , r_{34} , r_{44}

$$r_{14} = 0 \quad (2-31)$$

$$r_{22} = R_{1,2}^{(1)} + R_{1,2}^{(2)} + R_{2,4}^{(1)} + R_{2,4}^{(2)} \quad (2-32) \quad r_{23} = 0 \quad (2-32)$$

$$r_{24} = -R_{2,4}^{(1)} - R_{2,4}^{(2)} \quad (2-33)$$

$$r_{33} = R_{1,3}^{(3)} + R_{1,3}^{(3)} + R_{3,4}^{(3)} + R_{3,4}^{(4)} \quad (2-34)$$

$$r_{34} = -R_{3,4}^{(3)} - R_{3,4}^{(4)} \quad (2-35)$$

$$r_{44} = R_{2,4}^{(1)} + R_{2,4}^{(2)} + R_{3,4}^{(3)} + R_{3,4}^{(4)} \quad (2-36)$$

Thay các hệ số r_{ij} vào ma trận độ cứng (2-24) ta được ma trận độ cứng cần tìm.

2.2.4. Nhận xét

- Từ ví dụ 2-3 nếu ta đặt tổng độ cứng của các cột trong một tầng thành độ cứng tầng thì.

$$R_1 = R_{0,1}^{(1)} + R_{0,1}^{(2)} + R_{0,1}^{(3)} + R_{0,1}^{(4)} \quad (2-37)$$

$$R_2 = R_{1,2}^{(1)} + R_{1,2}^{(2)} + R_{1,2}^{(3)} + R_{1,2}^{(4)} \quad (2-38)$$

$$R_3 = R_{2,3}^{(1)} + R_{2,3}^{(2)} + R_{2,3}^{(3)} + R_{2,3}^{(4)} \quad (2-39) \text{ Thì ma trận độ cứng (2-15) và kết quả của bài giải ví}$$

dụ 2-3 được viết lại là.

$$[K] = \begin{bmatrix} R_1 + R_2 & -R_2 & 0 \\ -R_2 & R_2 + R_3 & -R_3 \\ 0 & -R_3 & R_3 \end{bmatrix} \quad (2-40)$$

Ma trận độ cứng $[K]$ (2-40) phù hợp với ma trận tổng quát của khung nhà nhiều tầng có độ cứng ngang đều ở trong tài liệu [3].

- Từ ví dụ 2-4 ta cũng đặt tổng độ cứng của các cột trong một tầng thành độ cứng tầng thì

$$R_1 = R_{0,1}^{(1)} + R_{0,1}^{(2)} + R_{0,1}^{(3)} + R_{0,1}^{(4)} \quad (2-41)$$

$$R_2 = R_{1,2}^{(1)} + R_{1,2}^{(2)} \quad (2-42)$$

$$R_3 = R_{1,3}^{(3)} + R_{1,3}^{(4)} \quad (2-43)$$

$$R_4 = R_{2,4}^{(1)} + R_{2,4}^{(2)} \quad (2-44)$$

$$R_5 = R_{3,4}^{(3)} + R_{3,4}^{(4)} \quad (2-45)$$

Thì ma trận độ cứng (2-24) và kết quả của bài giải ví dụ 2-4 được viết lại là:

$$[K] = \begin{bmatrix} R_1 + R_2 + R_3 & -R_2 & -R_3 & 0 \\ -R_2 & R_2 + R_3 & 0 & -R_4 \\ -R_3 & 0 & R_3 + R_5 & -R_5 \\ 0 & -R_4 & -R_5 & R_4 + R_5 \end{bmatrix} \quad (2-46)$$

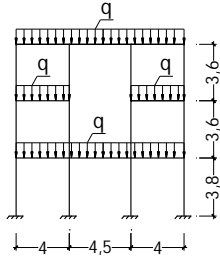
Suy ra ma trận độ cứng của khung có độ cứng ngang không đều thì không có dạng ma trận tổng quát. Ứng với mỗi một khung khác nhau thì có một ma trận độ cứng khác nhau.

3. Xác định tần số và dạng dao động bằng phương pháp lập năng lượng [2]

4. Bài toán

Cho khung chịu lực (hình 13). Tải trọng phân bố đều là $q=2$ (tấn/m) bê tông mác 200 có $E=240(t/cm^2)$, tiết diện của cột là $0,22 \times 0,3$ (m), tiết diện của dầm là $0,22 \times 0,35$ (m). Khung được đặt trong vùng có động đất cấp 8.

Yêu cầu: Xác định tải trọng do động đất gây ra theo tiêu chuẩn của Nga CHnII II-7-81.



Hình 14. Khung trong ví dụ tính toán

5. Giải

* Từ khung đã cho ta thấy có ba tầng và một mức sàn không liền khối do đó khung đã cho có số bậc siêu tĩnh là bốn.

* Tính độ cứng tầng

- Vì các cột đều có tiết diện là $0,22 \times 0,3$ (m) nên ta lấy tiết diện đó là tiết diện đặc trưng.

$$J_0 = 49500 \text{ (cm}^4\text{)}, \text{ và } l_0 = 366,7 \text{ (cm)} \quad (5-2)$$

- Mô men quán tính của mặt cắt của các cột là:

$$J_{ik}^{(s)} \frac{b_c \cdot h_c^3}{12} = 49500 \text{ (cm}^4\text{)} \quad (5-3)$$

- Mô men quán tính của mặt cắt của các dầm là:

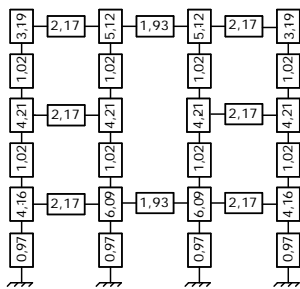
$$J_{sl}^{(i)} \frac{b_d \cdot h_d^3}{12} = 117333,3 \text{ (cm}^4\text{)} \quad (5-4)$$

- Độ cứng tương đối của dầm và cột thì bằng độ cứng mô men quán tính của dầm, cột đó chia cho J_0 .
Kết quả thể hiện trên hình 14.

- Độ cứng quy ước ở nút chứa cột s và tầng i , bằng tổng độ cứng của cột, dầm quy tụ ở nút đó.

$$J_{is}^{nut} = J_{i-1,i}^{(s)} + J_{i,i+1}^{(s)} + J_{s-1,s}^{(i)} + J_{s,s+1}^{(i)} \quad (5-5)$$

- Kết quả thể hiện trên hình 14

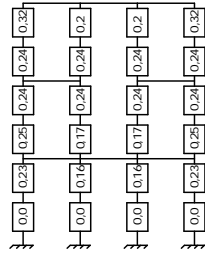


Hình 15. Các trị số của $J_{ik}^{(s)}$, $J_{sl}^{(i)}$, J_{is}^{nut}

- Độ cứng quy ước ở đầu cột s giữa hai sàn $i-1$ và sàn i bằng tỷ số giữa độ cứng tương đối của cột đó chia cho độ cứng quy ước ở nút chứa đầu cột đó.

$$dd_{i-1,i}^{(s)} = \frac{J_{i-1,i}^{(s)}}{J_{i-1,s}^{nut}}, \quad dt_{i-1,i}^{(s)} = \frac{J_{i-1,i}^{(s)}}{J_{i,s}^{nut}} \quad (5-6)$$

- Kết quả thể hiện trên hình 15



Hình 16. Các trị số của $dd_{i-1,i}^{(s)}$, $dt_{i-1,i}^{(s)}$

- Hệ số độ cứng tương đối của cột

$$hs_{ik}^{(s)} = \frac{k_{ik}^{(s)} * [1 - 0,75 * (dd_{ik}^{(s)} + dt_{ik}^{(s)} - dd_{ik}^{(s)} * dt_{ik}^{(s)})]}{\lambda_{ik}^2} \quad (5-7)$$

Trong đó:

$hs_{ik}^{(s)}$ là hệ số độ cứng tương đối của cột thứ s ở giữa hai mức sàn i và k;

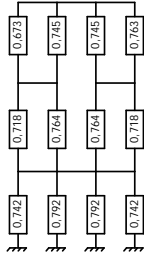
$k_{ik}^{(s)}$ là độ cứng tương đối của cột s ở giữa hai mức sàn i và k;

$dd_{ik}^{(s)}$ là độ cứng quy ước ở đầu dưới của cột s ở giữa hai mức sàn i và k;

$dt_{ik}^{(s)}$ là độ cứng quy ước ở đầu trên của cột s ở giữa hai mức sàn i và k.

$$\lambda_{ik}^{(s)} = \frac{l_{ik}^{(s)}}{l_0} \quad (5-8)$$

- Kết quả tính toán được thể hiện trên hình 16



Hình 17. Các trị số của $h_{i,k}^{(a)}$

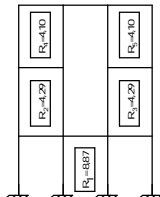
- Độ cứng tầng (ta phải chú ý sàn của tầng 3 bị tách thành hai khối lượng).

$$R_i = \sum_{s=1}^n hs_{ik}^s * K_0 \quad (5-9)$$

+ Với K_0 là độ cứng của cột đặc trưng.

$$K_0 = \frac{12.E.J_0}{l_0^3} = 3,05(t/cm) \quad (5-10)$$

+ Kết quả tính độ cứng tương đối của cột (hình 11)



Hình 18. Các trị số của R_i

* Thiết lập ma trận độ cứng

- Vì khung đã cho có số bậc tự do là bốn nên ma trận độ cứng có dạng

$$K = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & R_{14} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & R_{24} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} & R_{34} \\ R_{41} & R_{42} & R_{43} & R_{44} \end{bmatrix} \quad (5-11)$$

Trong đó:

$$R_{11} = R_1 + R_2 + R_3 = 8,87 + 4,29 + 4,29 = 17,45;$$

$$R_{12} = -R_2 = -4,29;$$

$$R_{13} = -R_3 = -4,29;$$

$$R_{14} = 0;$$

$$R_{22} = R_2 + R_4 = 4,29 + 4,10 = 8,39;$$

$$R_{23} = 0;$$

$$R_{24} = -R_4 = -4,10;$$

$$R_{33} = R_3 + R_5 = 4,29 + 4,10 = 8,39;$$

$$R_{34} = -R_4 = -4,10;$$

$$R_{44} = R_4 + R_5 = 4,10 + 4,10.$$

Các phần tử còn lại được lấy đối xứng qua đường chéo chính của ma trận.

$$K = \begin{bmatrix} 17,44 & -4,29 & -4,29 & 0 \\ -4,29 & 8,39 & 0 & -4,10 \\ -4,29 & 0 & 8,39 & -4,10 \\ 0 & -4,10 & -4,10 & 8,20 \end{bmatrix} \quad (\text{t/cm}) \quad (5-12)$$

* *Tính tần số và dạng dao động riêng*

- Tính ma trận nghịch đảo của ma trận độ cứng ta được ma trận độ mềm.

$$F = \begin{bmatrix} 0,113 & 0,113 & 0,113 & 0,113 \\ 0,113 & 0,289 & 0,17 & 0,229 \\ 0,113 & 0,17 & 0,289 & 0,229 \\ 0,113 & 0,229 & 0,229 & 0,351 \end{bmatrix} \quad (\text{cm/t}) \quad (5-13)$$

- Sử dụng phương pháp năng lượng để tìm $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ và $\{\varphi_1\}, \{\varphi_2\}, \{\varphi_3\}$.

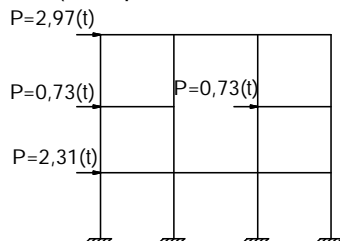
$$\omega_1 = 8,76 \text{ (s)} \text{ và } \{\varphi_1\}^T = \{0,42 \quad 0,76 \quad 0,76 \quad 1\}^T$$

$$\omega_2 = 23,25 \text{ (s)} \text{ và } \{\varphi_2\}^T = \{-1,59 \quad -0,68 \quad -0,68 \quad 1\}^T$$

$$\omega_3 = 37,65 \text{ (s)} \text{ và } \{\varphi_3\}^T = \{1,55 \quad -3,4 \quad -3,4 \quad 1\}^T$$

* *Tính tải trọng do động đất tác dụng lên công trình.*

Từ tần số và dạng dao động riêng ta tính tải trọng $\{P\} = \{2,31 \quad 0,73 \quad 0,73 \quad 2,97\}^T$. Kết quả thể hiện trên hình 18. (Kết quả tính toán được sử dụng từ phần mềm [4])



Hình 19. Tải trọng do động đất gây ra

6. Kết luận

Với phương pháp tác giả đã trình bày ở trên thì ta tính được dao động, tải trọng do động đất gây ra cho mọi khung của nhà nhiều tầng bất kỳ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. PHẠM ĐÌNH BA (chủ biên), Nguyễn Tài Trung (2005) Động lực học công trình. NXB Xây dựng.
2. PHẠM ĐÌNH BA. (2003) Bài tập động lực học công trình. NXB Xây dựng.
3. PHAN VĂN CÚC, NGUYỄN LÊ NINH (1994) Tính toán và cấu tạo khung chần các công trình nhiều tầng. NXB khoa học kỹ thuật.
4. NGUYỄN HẢI QUANG (2006) Luận văn thạc sĩ xây dựng dân dụng và công nghiệp. Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội.