

XÁC ĐỊNH GÓC NGHIÊNG TRONG HỆ KẾT CẤU NHÀ CAO TẦNG KHI HỆ SÀN ĐƯỢC XEM LÀ CÓ ĐỘ CỨNG HỮU HẠN

TS. Nguyễn Hữu Việt
CTy CP TVĐT và Thiết kế XD Việt Nam

Tóm tắt: Bài báo trình bày một phương pháp thiết lập công thức tính toán góc nghiêng toàn phần của hệ kết cấu nhà cao tầng khi có xét đến ảnh hưởng của độ cứng bản sàn các tầng. Góc nghiêng toàn phần của hệ là một trong những tham số cơ bản nhằm xác định lực dọc phụ trong các kết cấu đứng của hệ dưới tác động của các loại tải trọng lên công trình.

1. Mở đầu

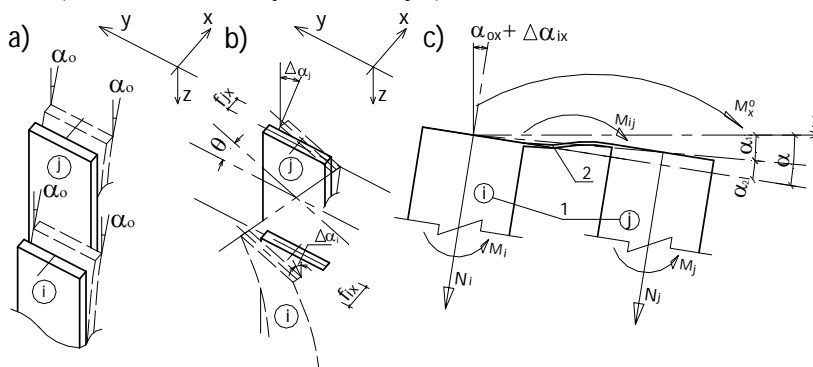
Trong thực tế làm việc của hệ kết cấu nhà cao tầng, độ cứng của sàn có ảnh hưởng đến trạng thái ứng suất, biến dạng của hệ kết cấu chịu lực. Dưới tác động của tải trọng, các liên kết (sàn, dầm, lanh tô trong các vách...) đã sinh ra các lực cắt. Các lực cắt xem như phân bố đều dọc theo biên của những kết cấu chịu lực đứng tạo nên các lực dọc phụ trong các kết cấu đứng có liên kết với chúng [2], [3]. Để có thể xác định lực dọc phụ trong các kết cấu đứng cần phải xác định được góc nghiêng toàn phần (α), hệ số mềm của các liên kết với kết cấu đứng thứ i (s_i) và giá trị mô men xoắn (M_θ) do các thành phần tải trọng tạo ra cho chúng. Bài báo giới thiệu một phương pháp nhằm xác định góc xoay toàn phần khi hệ sàn được xem là có độ cứng hữu hạn.

2. Xác định góc xoay toàn phần của hệ

Lực dọc phụ $N_i(z)$ trong kết cấu đứng thứ i ,

$$s_i = \frac{1}{6I_i} \left[(h_k + h_{k+1}) \frac{(b_i - v_i)^3 + v_i^3}{D_{Si}} + \frac{h_{k+1}^2}{2} \left(\frac{u_{i-1} + w_i}{Dd_i} w_i + \frac{u_i + w_{i+1}}{Dd_{i+1}} u_i \right) \right] \quad (3)$$

Để xác định được góc nghiêng của hệ do các nguyên nhân khác nhau tạo nên. Ta có thể xác định qua chuyển vị tịnh tiến (Hình 1a) và chuyển vị xoay (Hình 1b).



Hình 1: Các chuyển vị trong kết cấu đứng
a) Chuyển vị tịnh tiến; b) Chuyển vị xoay; c) Sơ đồ nghiêng

tại cao độ z sẽ có giá trị [3]:

$$N_i(z) = \int_0^z Q_{ij}(z) dz \quad (1)$$

Trong đó:

Q_{ij} : Lực cắt phân bố dọc theo biên của kết cấu đứng thứ i , có nối với kết cấu thứ j , thông qua liên kết ij , biểu thị qua mối quan hệ với góc nghiêng được tạo ra do có hiện tượng uốn và trượt của các liên kết giữa các kết cấu đứng cạnh nhau theo phương x và phương y : $\alpha_{2x} = \alpha_{2x}(z)$, $\alpha_{2y} = \alpha_{2y}(z)$ như sau:

$$\alpha_{2x} = s_{ij} Q_{ij} \quad (2)$$

s_{ij} : Hệ số mềm của liên kết ij tại kết cấu đứng thứ i có liên kết với kết cấu đứng thứ j . Hệ số mềm của các liên kết quy tụ tại kết cấu đứng thứ i trong hệ có nhiều liên kết trên cùng một phương được tính viết tổng quát [2], như sau:

Gọi: $\alpha = \alpha(z)$ là góc nghiêng toàn phần của kết cấu đứng

Gọi: $\alpha_{ox} = \alpha_{ox}(z)$, $\alpha_{oy} = \alpha_{oy}(z)$ là góc nghiêng của công trình do chuyển vị tịnh tiến theo phương x và phương y tạo nên. Các kết cấu trên cùng một hàng có giá trị góc nghiêng do chuyển vị tịnh tiến như nhau.

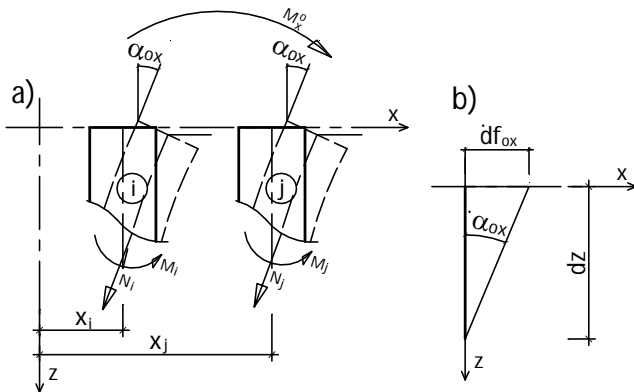
Gọi: $\Delta\alpha_{ix} = \Delta\alpha_{ix}(z)$ là góc nghiêng (góc xoay) của kết cấu đứng thứ i theo phương x và phương y do các kết cấu bị xoay tạo nên.

Góc nghiêng toàn phần của một kết cấu đứng sẽ có thể viết dưới dạng:

$$\alpha = \alpha_o \pm \Delta\alpha_i \quad (4)$$

Ngoài ra cũng có thể xác định góc nghiêng toàn phần của các kết cấu đứng thông qua góc nghiêng do hiện tượng chênh lệch dạng dọc trục của hai kết cấu đứng cạnh nhau và góc nghiêng do các liên kết chịu uốn trượt giữa chúng tạo ra (Hình 1c)

Góc nghiêng toàn phần của một kết cấu đứng sẽ là: $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$ (5)



Hình 2: Sơ đồ chuyển vị tịnh tiến
a) Sơ đồ chung; b) phân tố dz

Trong đó: $\alpha_{1x} = \alpha_{1x}(z)$, $\alpha_{1y} = \alpha_{1y}(z)$ là góc nghiêng được tạo ra do có sự chênh lệch biến dạng dọc trục của các kết cấu đứng cạnh nhau theo phương x và phương y

$\alpha_{2x} = \alpha_{2x}(z)$, $\alpha_{2y} = \alpha_{2y}(z)$ là góc nghiêng được tạo ra do có hiện tượng uốn và trượt của các liên kết giữa các kết cấu đứng cạnh nhau theo phương x và phương y

Kết hợp (2) và (3), lấy vi phân bậc nhất nhận được phương trình:

$$\alpha'_{2x} = \alpha'_{ox} \pm \Delta\alpha'_{ix} - \alpha'_{1x} \quad (6)$$

Từ điều kiện cân bằng của hệ trong mặt phẳng chịu uốn xoz (Hình 2)

viết được phương trình tổng quát theo phương x: $\alpha_{ox} = \frac{df_{ox}}{dz} \Rightarrow \alpha'_{ox} = f''_{ox}$ (7)

$$M_x^o = \sum_{i=1}^n M_{ix} + \sum_{i=1}^n N_i x_i \quad (8)$$

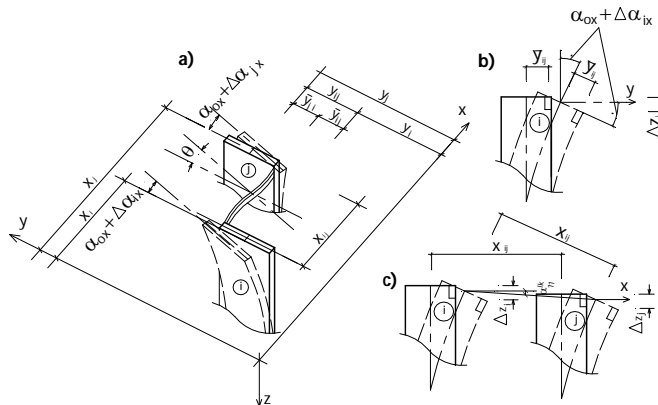
Theo lý thuyết về sức bền vật liệu thiết lập mối quan hệ giữa độ võng và mô men theo phương x, viết được:

$$f''_{ox} = -\frac{\sum_{i=1}^n M_{ix}}{D_y} \quad (9)$$

Thay (8) và (9) vào (7) rút ra:

$$\alpha'_{ox} = \frac{1}{D_y} \left(\sum_{i=1}^n N_i x_i - M_x^o \right) \quad (10)$$

Sự chênh lệch độ cao của hai kết cấu đứng cạnh nhau, nối với nhau bằng liên kết ij được biểu diễn trên hình 3, là do góc nghiêng toàn phần, các tải đứng tác động lệch tâm lên các kết cấu đứng và lực dọc phụ (N_i) tạo nên.



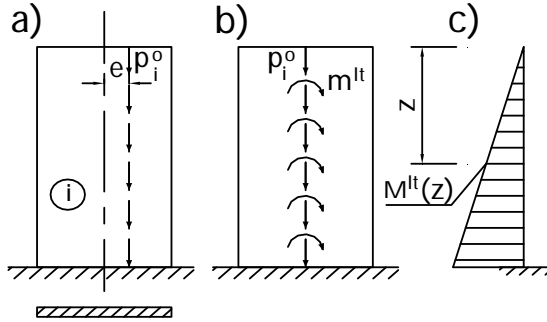
Hình 3: Sơ đồ xác định góc nghiêng α_1 do góc nghiêng toàn phần tạo ra

a) Góc nghiêng toàn phần; b,c) Sơ đồ biến dạng dọc trục của hệ

Góc nghiêng, do góc nghiêng toàn phần (Hình 3a) tạo nên sự chênh lệch độ cao giữa hai kết cấu đứng i, j tại cao độ z được xác định như sau:

$$\alpha_{1x}^{(1)} = \frac{1}{x_{ij}} [(\alpha_{oy} + \Delta\alpha_{iy})\bar{y}_{ij} - (\alpha_{oy} + \Delta\alpha_{jy})\bar{y}_{ji}] \quad (11)$$

Các tải trọng đứng lệch tâm P^0 tạo nên sự chênh lệch biến dạng dọc trục giữa hai kết cấu đứng i, j xem như được phân bố liên tục với một độ lệch tâm không đổi trong mỗi tầng nhà (Hình 4a).



Hình 4: Sơ đồ tính toán tải trọng đứng lệch tâm

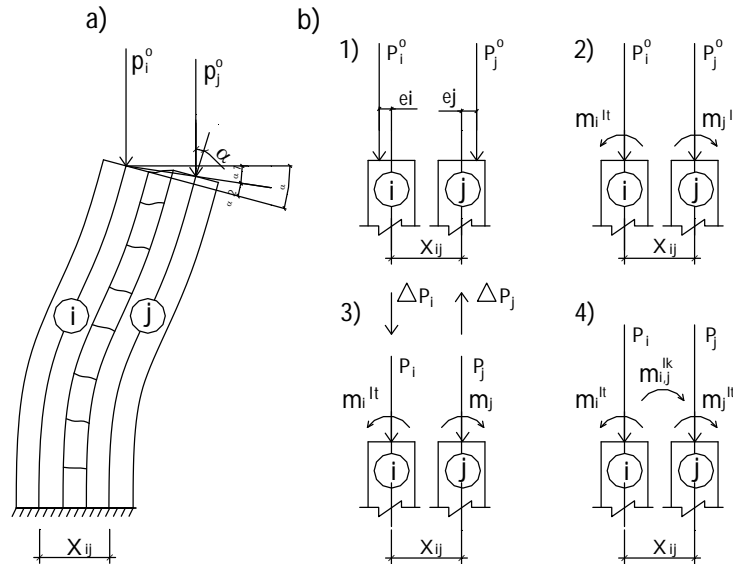
Khi chuyển đổi P^0 về trọng tâm của kết cấu, ngoài giá trị lực dọc kết cấu nhận thêm một giá trị mô men lệch tâm (Hình 4b).

Mô men phân bố có giá trị: $m_i^{lt} = p_i^0 e$

Mô men uốn tại toạ độ z (Hình 4c) sẽ là:

$$M_i^{lt} = z.m_i^{lt}$$

Sự tác dụng của tải trọng đứng lệch tâm lên các kết cấu thứ i, j được mô tả ở Hình 5a. Quá trình tính toán được tóm tắt ở Hình 5b [1], [3]:



Hình 5: Sơ đồ tính toán góc nghiêng do tải đứng lệch tâm

Khi các tải đứng lệch tâm P_i^0, P_j^0 tác dụng trên kết cấu đứng i, j , với các độ lệch tâm e_i và e_j . Các lực này sẽ được phân chia thành hai thành phần:

Phần không gây nên sự chênh lệch biến dạng dọc trục của hệ là lực P_i và P_j tác dụng lên các kết cấu đứng i, j tỷ lệ với độ cứng dọc trục A_i, A_j tương ứng. Số gia của tải trọng ΔP_i và ΔP_j giữa P_i^0 và P_j^0 với P_i và P_j là phần tạo nên sự chênh lệch biến dạng dọc trục của hệ. Gọi $A_i = EF_i, A_j = EF_j$ là độ cứng dọc trục của kết cấu đứng thứ i , thứ j , từ đó viết được biểu thức:

$$\frac{P_i}{A_i} = \frac{P_j}{A_j} \Rightarrow P_j = P_i \frac{A_j}{A_i};$$

$$\text{đặt } \beta_{ij} = \frac{A_j}{A_i} \text{ nhận được: } P_j = \beta_{ij} P_i$$

Mặt khác:

$$P_i^0 + P_j^0 = P_i + P_j \text{ suy ra: } P_i - P_i^0 = -(P_j - P_j^0)$$

Do vậy, nhận được số gia tải trọng của kết cấu thứ i :

$$\Delta P_i = P_i - P_i^0 = \frac{P_i^0 + P_j^0}{(1 + \beta_{ij})} - P_i^0 = \frac{P_j^0 - \beta_{ij} P_i^0}{(1 + \beta_{ij})}$$

Và số gia tải trọng của kết cấu thứ j :

$$\Delta P_j = -(P_j - P_j^o) = -\left(\frac{P_j^o + P_j^o}{(1 + \beta_{ij})} - P_j^o\right) = -\frac{P_j^o - \beta_{ij} P_j^o}{(1 + \beta_{ij})}$$

Có nghĩa là:

$$\Delta P = \Delta P_i = -\Delta P_j$$

Giá trị mô men do ΔP tạo ra giữa hai kết cấu đứng i, j là:

$$M_{ij}^{lk} = \Delta P \cdot x_{ij} \Rightarrow \Delta P = \frac{M_{ij}^{lk}}{x_{ij}} \quad (12)$$

Biến dạng dọc trục của kết cấu đứng thứ i (Δz_i) và thứ j (Δz_j) được tính theo công thức:

$$\Delta z_i = \int_z^H \frac{\Delta P}{A_i} dz \text{ và } \Delta z_j = -\int_z^H \frac{\Delta P}{A_j} dz \quad (13)$$

Giá trị chênh lệch biến dạng dọc trục ($\Delta z_{ij} = \Delta z_i - \Delta z_j$) giữa hai kết cấu đứng thứ i và j tại cao độ z sẽ là:

$$\Delta z_{ij} = \frac{(1 + \beta_{ij})}{A_j x_{ij}} \int_z^H M_{ij}^{lk} dz \quad (14)$$

Góc nghiêng của liên kết ij do số gia tải trọng

$$\alpha_{1x} = \frac{1}{|x_{ij}|} \left[\frac{1}{A_i} \int_z^H N_i dz - \frac{1}{A_j} \int_z^H N_j dz + (\alpha_{oy} + \Delta \alpha_{iy}) \bar{y}_{ij} - (\alpha_{oy} + \Delta \alpha_{jy}) \bar{y}_{ji} \right] + \frac{1}{D_{ijy}} \int_z^H M_{ijx}^{lk} dz \quad (17)$$

Lấy vi phân (17):

$$\alpha'_{1x} = \frac{1}{|x_{ij}|} \left[-\frac{N_i}{A_i} + \frac{N_j}{A_j} + (\alpha'_{oy} + \Delta \alpha'_{iy}) \bar{y}_{ij} - (\alpha'_{oy} + \Delta \alpha'_{jy}) \bar{y}_{ji} \right] - \frac{1}{D_{ijy}} M_{ijx}^{lk} \quad (18)$$

Thay (1) vào (2) rồi lấy vi phân ta có:

$$\alpha'_{2x} = s_{ij} N_i'' \quad (19)$$

Để xác định $\Delta \alpha$, ở hình 6 biểu diễn các thông số liên quan đến kết cấu đứng thứ i khi công trình bị xoay, trong đó:

Gọi: $\theta = \theta(z)$ là góc xoay của tiết diện ngang công trình trong mặt phẳng xoy tại cao độ z .

ΔM_{ix} là giá trị mômen do ngoại lực nằm trong mặt phẳng song song với trục x , tác dụng lên phân tố dz của kết cấu đứng thứ i .

ΔM_{jx} là giá trị mômen do ngoại lực nằm trong mặt phẳng song song với trục x , tác dụng lên phân tố dz của kết cấu đứng thứ j .

ΔM_{py} là giá trị mômen do ngoại lực nằm trong mặt phẳng song song với trục y , tác dụng lên phân tố dz của kết cấu đứng thứ p .

đứng tạo nên sự chênh lệch biến dạng dọc trục giữa hai kết cấu đứng i, j tại cao độ z được tính như sau:

$$\alpha_{1x}^{(2)} = \frac{\Delta z_{ij}}{x_{ij}} \Rightarrow \alpha_{1x}^{(2)} = \frac{(1 + \beta_{ij}) \int_z^H M_{ij}^{lk} dz}{A_j x_{ij}^2}$$

Đặt: $\bar{D}_{ijy} = \frac{A_j x_{ij}^2}{(1 + \beta_{ij})}$ nhận được công thức sau:

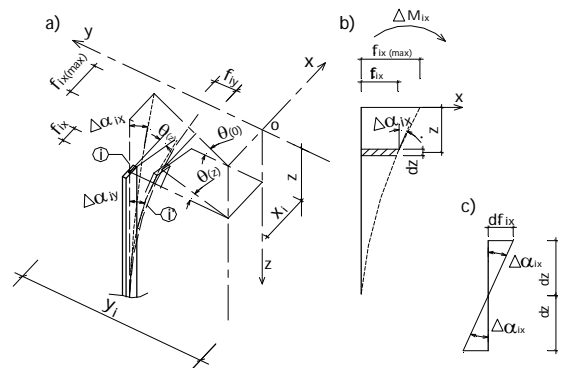
$$\alpha_{1x}^{(2)} = \frac{1}{\bar{D}_{ijy}} \int_z^H M_{ij}^{lk} dz \quad (15)$$

Góc nghiêng của liên kết ij do lực dọc phụ N_i, N_j tạo nên sự chênh lệch biến dạng dọc trục giữa hai kết cấu đứng i, j tại cao độ z được tính theo công thức:

$$\alpha_{1x}^{(3)} = \frac{1}{x_{ij}} \left(\int_z^H \frac{N_i}{A_i} dz - \int_z^H \frac{N_j}{A_j} dz \right) \quad (16)$$

Từ (11), (15) và (16) nhận được tổng các góc nghiêng của hệ do các nguyên nhân gây nên sự chênh lệch biến dạng dọc trục tại các kết cấu đứng là:

$$\alpha_{1x} = \frac{1}{|x_{ij}|} \left[\frac{1}{A_i} \int_z^H N_i dz - \frac{1}{A_j} \int_z^H N_j dz + (\alpha_{oy} + \Delta \alpha_{iy}) \bar{y}_{ij} - (\alpha_{oy} + \Delta \alpha_{jy}) \bar{y}_{ji} \right] + \frac{1}{D_{ijy}} \int_z^H M_{ijx}^{lk} dz \quad (17)$$



Hình 6: Sơ đồ tính toán góc nghiêng khi kết cấu bị xoay

a) Liên hệ giữa góc nghiêng và góc xoay; b) Góc nghiêng theo phương x ; c) Góc nghiêng tính trên một phân tố dz

Từ hình 6, viết được các biểu thức quan hệ:

$$f_{ix} = y_i \theta \text{ và } f_{iy} = -x_i \theta \quad (a);$$

$$\Delta \alpha_{ix} = \frac{df_{ix}}{dz} \text{ và } \Delta \alpha_{iy} = \frac{df_{iy}}{dz} \quad (b)$$

Lấy vi phân bậc 2 đối với (a) nhận được:

$$\theta'' = \frac{f''_{ix}}{y_i} \text{ và } \theta'' = -\frac{f''_{iy}}{x_i} \quad (20)$$

Lấy vi phân bậc nhất đối với (b) nhận được:

$$\Delta \alpha'_{ix} = f''_{ix} \text{ và } \Delta \alpha'_{iy} = f''_{iy} \quad (21)$$

Thiết lập mối quan hệ giữa độ võng và mô men có biểu thức:

$$f''_{ix} = -\frac{\Delta M_{ix}}{D_{iy}} \text{ và } f''_{iy} = -\frac{\Delta M_{iy}}{D_{ix}} \quad (22)$$

Từ (20) và (22) rút ra:

$$\theta'' = -\frac{\Delta M_{ix}}{y_i D_{iy}} = \frac{\Delta M_{iy}}{x_i D_{ix}} \quad (23)$$

Với cách đặt vấn đề tương tự, có thể viết được biểu thức cho các kết cấu đứng j và p có liên kết với kết cấu thứ i theo các phương x, y tương ứng sau:

$$\theta'' = -\frac{\Delta M_{jx}}{y_j D_{jy}}, \quad \theta'' = -\frac{\Delta M_{px}}{y_p D_{py}}$$

$$M_\theta = x_i \Delta M_{iy} - y_i \Delta M_{ix} + \sum_{(y)} (x_j \Delta M_{jy} + x_p \Delta M_{py}) - \sum_{(x)} (y_j \Delta M_{jx} + y_p \Delta M_{px}) \quad (26)$$

Thay (25) vào (26) nhận được:

$$M_\theta = \left[x_i^2 D_{ix} + y_i^2 D_{iy} + \sum_{(y)} (x_j^2 D_{jx} + x_p^2 D_{px}) + \sum_{(x)} (y_j^2 D_{jy} + y_p^2 D_{py}) \right] \frac{\Delta M_{iy}}{x_i D_{ix}}$$

$$\text{Đặt: } D_{xf} = \left[x_i^2 D_{ix} + y_i^2 D_{iy} + \sum_{(y)} (x_j^2 D_{jx} + x_p^2 D_{px}) + \sum_{(x)} (y_j^2 D_{jy} + y_p^2 D_{py}) \right]$$

Viết dưới dạng tổng quát cho n kết cấu đứng như sau:

$$D_{xf} = \sum_{i=1}^n (x_i^2 D_{ix} + y_i^2 D_{iy}) \quad (27)$$

Như vậy công thức tính mô men xoắn tổng hợp có dạng:

$$M_\theta = \frac{\Delta M_{iy}}{x_i D_{ix}} D_{xf} \quad (28)$$

Thay (28) cùng với (27) và (25) vào (21) rút ra:

$$\Delta \alpha'_{ix} = y_i \frac{M_\theta}{D_{xf}} \text{ và } \Delta \alpha'_{iy} = -x_i \frac{M_\theta}{D_{xf}} \quad (29)$$

Từ công thức (8), (18), (19) và (29) thay vào (6) ta sẽ xác định được góc xoay toàn phần của hệ kết cấu nhà cao tầng, khi có xét đến độ mềm

$$\text{và } \theta'' = \frac{\Delta M_{py}}{x_p D_{px}} \quad (24)$$

Từ (23) và (24) rút ra biểu thức xác định giá trị mô men tác dụng lên từng kết cấu i, j và p:

$$\Delta M_{ix} = -\frac{y_i D_{iy}}{x_i D_{ix}} \Delta M_{iy},$$

$$\Delta M_{jx} = -\frac{y_j D_{jy}}{x_j D_{jx}} \Delta M_{jy},$$

$$\Delta M_{jy} = \frac{x_j D_{jx}}{x_j D_{jx}} \Delta M_{jy}$$

$$\Delta M_{px} = -\frac{y_p D_{py}}{x_p D_{px}} \Delta M_{py},$$

$$\Delta M_{py} = \frac{x_p D_{px}}{x_p D_{px}} \Delta M_{py} \quad (25)$$

Từ nguyên lý cân bằng viết được phương trình tính toán mô men xoắn:

của của hệ sàn các tầng chịu tác động của các thành phần ngoại lực.

3. Kết luận

Bỏ qua vai trò của độ cứng sàn khi tính toán hệ kết cấu nhà cao tầng sẽ dẫn đến những sai số về nội lực và chuyển vị ngang của của công trình. Khi tính toán kết cấu nhà cao tầng, nếu có kể đến độ cứng bản sàn các tầng thì tải trọng phân phối về các kết cấu đứng sẽ có sự thay đổi, với xu hướng giảm cho các kết cấu cứng hơn (vách, lõi,...). Điều đó cho phép người thiết kế chọn được độ cứng sàn và giải pháp kết cấu hợp lý phù hợp hơn với sự làm việc thực tế của công trình.

Tài liệu tham khảo

- [1] Lê Thanh Huỳnh (2007), *Kết cấu nhũm cao tũng bũ tũng cũt thũp*, Nxb Xũy dũng, Hũ Nũi, tr.24-60.
- [2] Nguyũn Hũu Viũt (2007), "Vai trũ cũn cũ mũm cũ cũ liũn cũt trong cũt cũu cũũ lũc nhũm cao tũng", Tũp cũũ Xũy dũng- Bũ Xũy dũng, (sũ 1), tr.39-41.
- [3] В.Н.Байков., П.Ф.Дроздов... (1984), *Железобетонные Конструкции*, Москва Стройиздат, с.319-424.
- [4] А.С.Городецкий., И.Д.Евзеров (2005), *Компьютерные модели конструкций*, Киев <<ФАКТ>>, с.171- 176.

Abstract

DETERMINATION OF DECLINED ANGLE IN THE HEIGHT BUILDING STRUCTURAL SYSTEM WHEN THE FLOOR SYSTEM TO BE DEEMED TO HAVE FINITE RIGIDITY

This report presents the method in forming full incline angle of height building structure in consideration of the effect of floors slab rigidity. The full incline angle of the system is one of the basic parameters to determine the auxiliary longitudinal force in vertical structure under the impact of load types on the building