

XÉT SỰ PHÂN BỐ NỘI LỰC TRONG VÁCH CỨNG NHÀ CAO TẦNG CHỊU TẢI TRỌNG GIÓ

CONSIDER THE INTERNAL FORCE DISTRIBUTION IN THE SHEAR WALL OF HIGH - RISE BUILDING CHARGED BY WIND LOAD

SVTH: NGUYỄN QUANG TÙNG

Sinh viên, Khoa XDDD&CN, Trường Đại học Bách khoa

CBHD: Th.S BÙI THIÊN LAM

Khoa XDDD&CN, Trường Đại học Bách khoa, ĐHQĐ

Tóm tắt:

Mục đích của đề tài là tìm hiểu ảnh hưởng của dao động xoắn đến hệ kết cấu nhà cao tầng chịu tải trọng gió bằng lý thuyết và sử dụng phần mềm ETABS 9.07 để khảo sát nội lực trong một số vách cứng

Abstract

The purpose of this report is learning the influence of torsion vibration to design the high-rise building's bearing structure. Using software ETABS 9.04 to survey the internal force of the bearing structure and proposing the petition.

1. Mở đầu

Kết cấu nhà cao tầng có nhu cầu ngày càng nhiều ở nước ta, nó đảm bảo tiết kiệm quỹ đất, nhất là khi dân số đô thị ngày càng gia tăng và giá nhà đất thì ngày càng đắt đỏ. Việc xây dựng nhà cao tầng hàng loạt cũng phản ánh quan điểm của các nhà thiết kế khi giải quyết bài toán quy hoạch và xây dựng đô thị.

Khi thiết kế nhà cao tầng, do điều kiện khách quan hay chủ quan mà mặt bằng kết cấu có thể đối xứng hay không đối xứng. Trong trường hợp mặt bằng đối xứng, tâm cứng trùng với tâm khối lượng thì ảnh hưởng của hiện tượng xoắn đến công trình là không lớn. Khi tâm cứng không trùng tâm khối lượng thì dao động xoắn là lớn và ảnh hưởng đáng kể đến sự làm việc của ngôi nhà. Các cuộc khảo hiện trường động đất và gió bão gần đây cũng đã chỉ ra ảnh hưởng xoắn là một trong những nguyên nhân chính gây hư hại hệ kết cấu.

Do tính chất thay đổi bất thường của gió, nên dù công trên có kết cấu đối xứng vẫn xảy ra hiện tượng xoắn. Cho đến nay, trong tiêu chuẩn tính toán tải trọng gió của Việt Nam [1] vẫn chưa quan tâm nhiều đến thành phần xoắn của tải trọng gió. Vì vậy việc nghiên cứu tìm ra ảnh hưởng của hiện tượng xoắn do gió đến sự phân bố nội lực lên vách cứng kết cấu nhà cao tầng là cần thiết, nhằm góp phần vào việc tính toán thiết kế nhà cao tầng được an toàn, hiệu quả hơn.

2. Tổng quan

Sự làm việc của toàn bộ công trình cao tầng giống như một console có tỷ số độ mảnh vừa phải. Tuy nhiên, nó khác với cấu kiện cột điển hình, bản chất của nó là cấu kiện chịu uốn, sự uốn của toàn bộ công trình không chỉ bao gồm dạng uốn mà có thể được thay thế bởi dạng cắt hoặc dạng tổ hợp của uốn và cắt. Hơn nữa những hình dạng này có thể xảy ra không chỉ với uốn theo phương ngang mà còn xoắn hoặc dạng uốn- xoắn. [2]

Dưới tác dụng của tải trọng ngang, ngôi nhà chuyển vị theo phương ngang. Tại những điểm khác nhau, trên từng mặt cắt ngang của ngôi nhà sẽ có những chuyển vị khác nhau. Các kết quả phân tích của B.B.Khansi đã cho thấy ảnh hưởng của hiện tượng xoắn đến chuyển vị ngang là đáng kể.[3]

Phân tích kết cấu nhà cao tầng chịu lực theo sơ đồ không gian, tác giả Lê Thanh Huân đã đề cập đến hiện tượng xoắn của công trình có vách kín hoặc hở và đã đưa ra phương pháp cũng như các phương trình xác định nội lực trong các vách cứng. [3].

Trong tiêu chuẩn tính toán tải trọng gió của Nhật, của Mỹ đều đã đề cập đến thành phần xoắn của tải trọng gió [4], [5]

Các công trình nghiên cứu của các tác giả đã tạo ra những thuận lợi trong công tác tính toán và thiết kế kết cấu nhà cao tầng. Tuy nhiên, các tác giả vẫn chưa đi sâu vào giải quyết mối quan hệ giữa dao động xoắn và nội lực của vách cứng dưới tác dụng của tải trọng ngang. Do đó đề tài này sẽ đi sâu tìm hiểu vấn đề một cách cụ thể hơn, tạo điều kiện cho việc tính toán và thiết kế kết cấu được dễ dàng hơn.

3. Lý thuyết tính toán

3.1. Tính toán tải trọng gió theo tiêu chuẩn Việt Nam 2737-1995 (Không kể đến tải trọng gió xoắn) [1]

a. Thành phần tĩnh của tải trọng gió:

Áp lực tiêu chuẩn của tải trọng gió tĩnh tác động vào điểm j (cao độ z_j) được xác định theo công thức:

$$W_j^{tc} = W_0 \cdot k(z_j) \cdot c_j \quad (\text{daN/m}^2)$$

- W_0 : Áp lực gió tiêu chuẩn lấy theo phân vùng áp lực gió trong TCVN 2737-1995.

- $k(z_j)$: hệ số xét đến sự thay đổi áp lực gió, phụ thuộc địa hình tính toán và độ cao z_j của điểm j . - c_j : hệ số khí động, lấy trong TCVN 2737-1995.

b. Thành phần động tải trọng gió

- Phân tích dao động theo từng phương (xét từng phương riêng biệt).

- Theo phương X: có các tần số dao động riêng f_1, f_2, \dots và các chuyển vị dao động $y_{11}, y_{21}, \dots, y_{n1}, y_{12}, y_{22}, \dots, y_{n2}, \dots$

- Theo phương Y: tương tự, cũng có các tần số dao động riêng f_1, f_2, \dots và các chuyển vị dao động $y_{11}, y_{21}, \dots, y_{n1}, y_{12}, y_{22}, \dots, y_{n2}, \dots$

- So sánh f_1 với tần số giới hạn $f_L < f_L$ tra bảng 2, trang 7 TCXD 229 [6]

- Nếu $f_1 > f_L$: công trình có độ cứng lớn, thành phần động của tải trọng gió chỉ do xung vận tốc gió gây ra.

- Nếu $f_1 \leq f_L$: công trình có độ cứng bé, thành phần động của tải trọng gió phải kể đến tác động của cả xung vận tốc gió và lực quán tính của công trình, và cần tính với s dạng dao động đầu tiên có tần số dao động riêng $f \leq f_L$.

Xét trường hợp $f_1 > f_L$:

- Áp lực tiêu chuẩn của tải trọng gió động vào điểm j được xác định theo công thức:

$$W_{pj}^{tc} = W_j^{tc} \cdot \zeta_j \cdot v$$

Xét trường hợp $f_1 \leq f_L$: cần xét s dạng dao động có tần số dao động riêng $f \leq f_L$.

Giá trị tiêu chuẩn của tải trọng gió động vào tầng j ở dạng dao động i được xác định theo công thức:

$$W_{p(ji)} = M_j \cdot \xi_i \cdot \psi_i \cdot y_{ji}$$

Tổ hợp tải trọng gió:

Nội lực và chuyển vị gây ra do thành phần tĩnh và động của tải trọng gió được xác định

như sau:

$$X = X_t + \sqrt{\sum_{i=1}^s (X_d)^2}$$

Trong đó: X – là momen uốn (xoắn), lực cắt, lực dọc, hoặc chuyển vị. X_t – là momen uốn (xoắn), lực cắt, lực dọc, hoặc chuyển vị do thành phần tĩnh của tải trọng gió gây ra. X_d – là momen uốn (xoắn), lực cắt, lực dọc, hoặc chuyển vị do thành phần tĩnh của tải trọng gió gây ra khi dao động ở dạng thứ i. s – số dao động tính toán.

3.2. Tính toán tải trọng gió theo tiêu chuẩn AIJ Nhật Bản (Có kể đến thành phần gió xoắn) [4]

Tải trọng gió dọc trên khung kết cấu:

$$W_D = q_H \cdot C_D \cdot G_D \cdot A \cdot (N)$$

Tải trọng gió trên mái:

$$W_R = q_H \cdot C_R \cdot G_R \cdot A_R \cdot (N)$$

Tải trọng gió ngang:

$$W_L = 3q_H C'_L A \frac{Z}{H} g_L \sqrt{1 + \phi^2 R_L} \quad (N)$$

Áp dụng khi công trình thỏa mãn các điều kiện sau:

- Mặt cắt ngang công trình vuông đều từ dưới lên
- $H / \sqrt{BD} \leq 6$; $0,2 \leq B / D \leq 5$; $U_H / (f_L \sqrt{BD}) \leq 10$.

Tải trọng gió xoắn: $W_T = 1,8q_H C'_T AB \frac{Z}{H} g_T \sqrt{1 + \phi_T^2 R_T} \quad (N)$

Áp dụng khi công trình thỏa mãn các điều kiện sau:

- Mặt cắt ngang công trình vuông đều từ dưới lên
- $H / \sqrt{BD} \leq 6$; $0,2 \leq B / D \leq 5$; $U_H / (f_L \sqrt{BD}) \leq 10$.

Tổ hợp tải trọng gió:

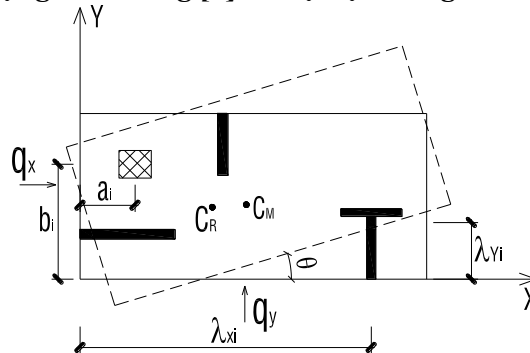
Bảng tổ hợp tải trọng gió

Tổ hợp	Gió dọc	Gió ngang	Gió xoắn
1	W_D	$0,4W_L$	$0,4W_T$
2	$W_D (0,4 + 0,6/G_D)$	W_L	$(\sqrt{2 + 2\rho_{LT}} - 1)W_T$
3	$W_D (0,4 + 0,6/G_D)$	$(\sqrt{2 + 2\rho_{LT}} - 1)W_L$	W_T

Trong đó ρ_{LT} -hệ số tương quan giữa dao động gió ngang và gió xoắn được xác định trong mục A.6.8.3. [4]

Tổ hợp gió theo phương ngang và gió trên mái được xét đồng thời.

3.3. Xác định tâm khối lượng, tâm cứng [7] và nội lực trong vách [2]



Ta xét trường hợp phổ biến trong thực tế là trục chính của các hệ tường cứng song song với các trục nhà.

Tâm khối lượng của công trình là điểm đặt lực quán tính.

Gọi $(x_{CM}; y_{CM})$ - tọa độ tâm khối lượng, được xác định như sau:

$$x_{CM} = \frac{\sum a_i \cdot P_i}{\sum P_i} \quad y_{CM} = \frac{\sum b_i \cdot P_i}{\sum P_i}$$

Tâm cứng (còn có tên là tâm uốn hay tâm xoay) của công trình là điểm mà hợp lực của tải

trọng ngang đi qua đó chỉ gây cho công trình các chuyển vị thẳng, còn chuyển vị xoay bằng không($\theta=0$).

Gọi $(x_{CR}; y_{CR})$ - tọa độ tâm cứng.

r_i -khoảng cách từ vách cứng thứ i đến tâm cứng:

$$r_{xi} = \lambda_{xi} - x_{CR} \quad r_{yi} = \lambda_{yi} - y_{CR}$$

Tọa độ tâm cứng được xác định như sau:

$$x_{CR} = \frac{\sum \lambda_{xi} \cdot EJ_{xi}}{\sum EJ_{xi}} \quad y_{CR} = \frac{\sum \lambda_{yi} \cdot EJ_{yi}}{\sum EJ_{yi}}$$

Độ cứng chống xoắn của ngôi nhà: $B_{\omega} = \sum (r_{xi}^2 \cdot EJ_{xi} + r_{yi}^2 \cdot EJ_{yi})$

Moment trong vách cứng thứ i có thể được xác định như sau:

Với tải trọng q_y , ta có:

$$M_{xi} = M_x(K_{yyi} \cdot \eta_x + C_x \cdot K_{\omega xi} \cdot \eta_{\omega})$$

$$M_{yi} = M_x(K_{yxi} \cdot \eta_y + C_x \cdot K_{\omega yi} \cdot \eta_{\omega})$$

Với tải trọng q_x ta có: $M_{xi} = M_y(K_{xyi} \cdot \eta_x + C_x \cdot K_{\omega xi} \cdot \eta_{\omega})$

$$M_{yi} = M_y(K_{xyi} \cdot \eta_y + C_x \cdot K_{\omega yi} \cdot \eta_{\omega})$$

Với M_x, M_y tổng moment uốn do tải trọng gió tác động vào ngôi nhà theo phương X, Y

Hệ số phân phối tải trọng:

$$K_{xxi} = J_{yi} / J_y ;$$

$$K_{yyi} = J_{xi} / J_x$$

$$K_{xyi} = J_{xyi} / J_y ;$$

$$K_{yxi} = J_{xyi} / J_x$$

η_j -các hệ số $\eta_x, \eta_y, \eta_{\omega}$ xác định theo các công thức:

$$\eta_x = \frac{1}{1 - \frac{G^{tch}}{1.85G_x}} ; \quad \eta_y = \frac{1}{1 - \frac{G^{tch}}{1.85G_y}} \quad \eta_{\omega} = \frac{1}{1 - \frac{G^{tch}}{1.85G_{\omega}}}$$

Tương tự đối với lực cắt trong vách.

4. Khảo sát sự phân bố nội lực trong các vách cứng nhà cao tầng thông qua một số mô hình tính toán cụ thể

Xét một công trình cao 25 tầng với kết cấu khung vách chịu lực nằm trong vùng II địa hình B (theo TCVN 2737-1995), (theo tiêu chuẩn AIJ 2004 là địa hình III) chịu tải trọng gió với giá trị áp lực gió $W_0=950 \text{ N/m}^2$. ($q_H=950 \text{ N/m}^2$) vận tốc gió $U_H=39 \text{ m/s}$. Tỷ số cản $\zeta=0.02$.

Công trình:- Mặt bằng công trình $20 \times 30 \text{ m}^2$ - Chiều cao tầng: 3.3m - Sàn dày 16 cm

- Tiết diện cột: 1m x 1m - Tiết diện dầm: 0.3m x 0.7 m - Bê tông B25.

- Tải trọng phân bố đều trên sàn: 1.5 T/m^2 (bao gồm trọng lượng bản thân)

Tính toán công trình theo hai trường hợp tải trọng gió :

- Theo TCVN 2737-1995

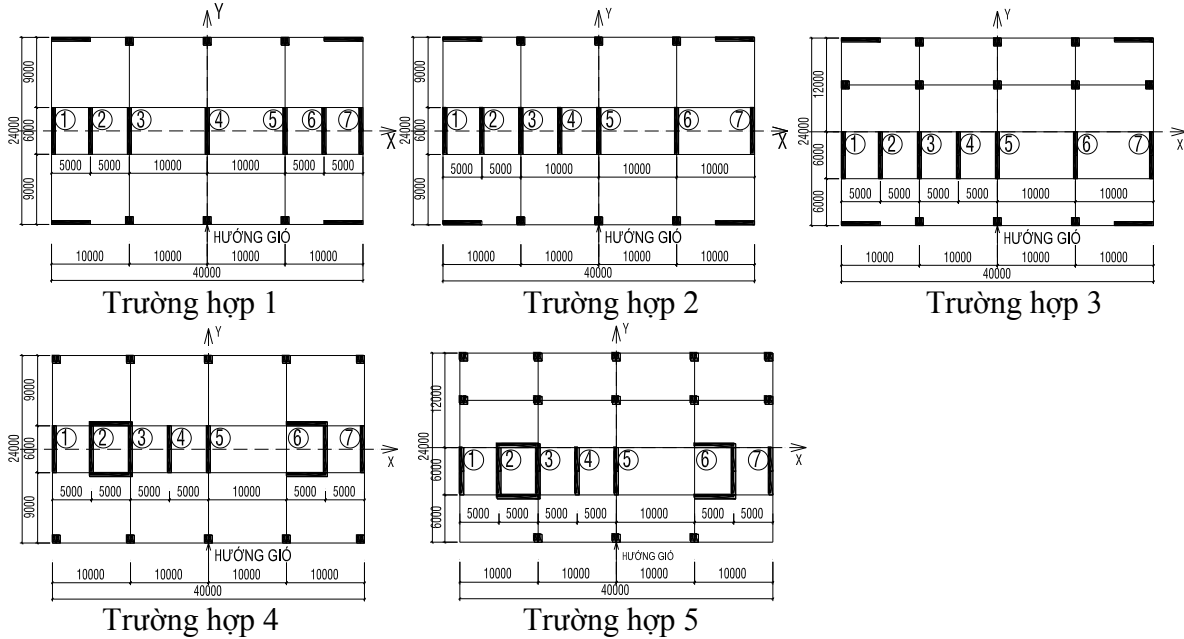
- Theo tiêu chuẩn AIJ 2004.

Mặt bằng công trình được bố trí theo 5 trường hợp sau:

Trường hợp 1: Hệ kết cấu có mặt bằng đối xứng theo cả hai phương

Trường hợp 2,4: Hệ kết cấu đối xứng qua trục X và không đối xứng qua trục Y.

Trường hợp 3,5: Hệ kết cấu không đối xứng theo cả hai phương:



4.1. Quy trình tính toán:

- Thiết lập mô hình tính toán.
- Phân tích dao động công trình với sự hỗ trợ của phần mềm ETABS 9.07. Xác định các chu kỳ dao động theo các phương tính toán..
- Tính toán tải trọng gió theo TCVN 2737-1995: Gió tĩnh, gió động.
- Tính toán tải trọng gió theo tiêu chuẩn AIJ 2004: Gió dọc, gió ngang, gió xoắn
- Xác định nội lực trong các vách với từng trường hợp mặt bằng công trình với tải trọng gió tương ứng.
- Tổ hợp nội lực theo các phương pháp đã trình bày ở trên.

4.2. Kết quả tính toán:

Các dạng dao động riêng:

- Trường hợp 1 (Mặt bằng đối xứng):
 - + Tâm cứng (C_R) và tâm khối lượng (C_M) trùng nhau.
 - + Chu kỳ dao động: $T_D=2.5157s$ $T_L=2.5215s$ $T_T=1.9s$
- Trường hợp 2 (Mặt bằng không đối xứng):
 - + Khoảng cách giữa tâm cứng và tâm khối lượng là 0.7m.
 - + Chu kỳ dao động : $T_D=2.49s$ $T_L=2.52s$ $T_T=2.0962s$
- Trường hợp 3 (Mặt bằng không đối xứng):
 - + Khoảng cách giữa tâm cứng và tâm khối lượng là 1.45 m.
 - + Chu kỳ dao động : $T_D=2.3s$ $T_L=2.4$ s
 - $T_T=2.1226s$
- Trường hợp 4 (Mặt bằng không đối xứng):
 - + Khoảng cách giữa tâm cứng và tâm khối lượng là 0.7 m.
 - + Chu kỳ dao động: $T_D=2.25s$ $T_L=2.37$ s
 - $T_T=1.28s$
- Trường hợp 5 (Mặt bằng không đối xứng):
 - + Khoảng cách giữa tâm cứng và tâm khối lượng là 1.45 m.

+ Chu kỳ dao động: $T_D=2.08$ s $T_L=2.26$
 $T_T=1.36$ s

s

Bảng 1: Moment xoắn chân công trình, chuyển vị góc đỉnh công trình và nội lực chân vách của vách giữa và vách biên (TCVN)

Trường hợp	Khoảng cách giữa C_M và C_R	Moment xoắn chân công trình (T.m)	Chuyển vị góc đỉnh công trình (rad)	Lực cắt (T)		$\Delta Q/Q$ (%)	Moment (T.m)		$\Delta M/M$ (%)
				Vách biên	Vách giữa		Vách biên	Vách giữa	
1	0	0	0	117.4	118.66	-1.06	2126.3	2123	0.16
2	0.7	710.24	0.00031	150.44	122.6	22.71	2471.9	2161	14.39
3	1.45	710.24	0.00083	160.8	114.04	41.00	3637	3268	11.29
4	0.7	710.24	0.00013	123.3	102.99	19.72	1517	1436	5.64
5	1.45	710.24	0.0002	125.71	105.11	19.60	2223	2163	2.77

Bảng 2: Moment xoắn chân công trình, chuyển vị góc đỉnh công trình và nội lực chân vách của vách giữa và vách biên (AIJ)

Trường hợp	Khoảng cách giữa C_M và C_R	Moment xoắn chân công trình (T.m)	Chuyển vị góc đỉnh công trình (rad)	Lực cắt (T)		$\Delta Q/Q$ (%)	Moment (T.m)		$\Delta M/M$ (%)
				Vách biên	Vách giữa		Vách biên	Vách giữa	
1	0	718	0.00036	147.67	141.35	4.47	2486.5	2344.7	6.05
2	0.7	1395.00	0.00056	184.11	146.69	25.51	2833.76	2369	19.62
3	1.45	1500.00	0.00103	192.69	136.27	41.40	4004.1	3490.7	14.71
4	0.7	1374.00	0.00023	153.23	123.36	24.21	1740.8	1581	10.11
5	1.45	1475.00	0.00033	158.66	125.65	26.27	2470	2307	7.07

Nhận xét:

Theo tiêu chuẩn AIJ khi tâm cứng của công trình trùng tâm khối lượng vẫn tồn tại hiện tượng xoắn. Tâm cứng càng xa tâm khối lượng thì chu kỳ xoắn càng lớn. Khi khoảng cách giữa C_M và C_R là $0 \rightarrow 0.7 \rightarrow 1.45$ m thì chu kỳ xoắn thay đổi từ $1.9 \rightarrow 2.09 \rightarrow 2.12$ s (Trường hợp vách hở)

Công trình có kết cấu đối xứng thì nội lực trong các vách sẽ tương đương nhau. Nhưng đối với các công trình có kết cấu không đối xứng (tâm cứng không trùng tâm khối lượng) thì nội lực trong các vách sẽ chênh lệch đáng kể.

Chênh lệch nội lực giữa vách biên và vách giữa khi không kể và có kể đến độ lệch tâm ngẫu nhiên

Trường hợp	Khoảng cách giữa C_M và C_R	TCVN		AIJ	
		$\Delta Q/Q$ (%)	$\Delta M/M$ (%)	$\Delta Q/Q$ (%)	$\Delta M/M$ (%)
1	0	-1.06	0.16	4.47	0.16
2	0.7	22.71	14.39	25.51	14.39
3	1.45	41.00	11.29	41.40	11.29
4	0.7	19.72	5.64	24.21	5.64
5	1.45	19.60	2.77	26.27	2.77

Trong trường hợp mặt bằng 4 và 5 lực cắt và moment chân vách giảm $15 \rightarrow 20\%$ và $30 \rightarrow 35\%$ so với trường hợp mặt bằng 2 và 3. Vậy các vách cứng nếu được liên kết lại thành lõi cứng sẽ làm tăng độ cứng chống xoắn cho ngôi nhà, nội lực giảm mạnh. Nhờ đó, kết cấu có khả năng chịu lực tốt hơn, sự chênh lệch nội lực trong vách cũng giảm đi nhiều.

Mặc dù thành phần gió dọc theo TCVN 2737-1995 là lớn hơn so với AIJ 2004, nhưng do AIJ 2004 có kể đến thành phần gió ngang và gió xoắn (sẽ gây xoắn kể cả khi công trình đối xứng). Do vậy khi tính toán công trình chịu tải trọng gió theo TCVN 2737-1995 (không kể đến độ lệch tâm ngẫu nhiên) thì nội lực trong vách sẽ bé hơn so với khi tính theo AIJ 2004 :

Chênh lệch nội lực chân vách 7 khi tính toán theo TCVN 2737-1995 và AIJ 2004

Trường hợp	Lực cắt chân vách Q (T)			Moment chân vách M (T.m)		
	TCVN 2737-1995	AIJ 2004	$\Delta Q/Q_{TCVN}$ (%)	TCVN 2737-1995	AIJ 2004	$\Delta M/M_{TCVN}$ (%)
1	117.4	147.67	20.4	2126.3	2486.55	14.48
2	150.44	184.11	18.48	2471.9	2833.8	12.7
3	160.8	192.69	16.66	3637	3974.8	9.28
4	123.36	153.23	19.3465	1517	1740	12.8
5	125.65	158.66	20.08	2223	2470	10

5. Kết luận

Qua kết quả phân tích như trên, ta thấy rằng hiện tượng xoắn công trình do lệch tâm ngẫu nhiên hay lệch tâm gây ra bởi kết cấu không đối xứng cũng làm tăng đáng kể nội lực ở các vách biên (ở xa tâm cứng), tăng chuyển vị xoay và do đó ảnh hưởng đến khả năng chịu lực của kết cấu và có thể gây khó chịu cho người sử dụng.

Khi chịu xoắn thì vách càng ở xa tâm cứng càng có nội lực lớn, chứng tỏ là càng góp phần vào độ cứng chống xoắn của công trình.

6. Kiến nghị:

Nếu công trình không đối xứng thì nên bố trí vách cứng xa tâm cứng công trình để tăng khả năng chống xoắn cho công trình. Nếu bố trí ngoài biên thì tăng độ cứng chống xoắn nhưng chịu ảnh hưởng của biến dạng nhiệt và co ngót (khi nhà dài). Vì vậy phải tùy điều kiện cụ thể để bố trí vách cứng hợp lý nhất.

Các vách cứng nên được tổ hợp thành lõi cứng để tăng độ cứng ngang cũng như độ cứng chống xoắn cho công trình.

Nên áp dụng thành phần xoắn của tải trọng gió khi tính toán kết cấu công trình, như vậy sẽ thiên về an toàn hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] TCXD 2737- 1995
- [2] Tall Building Structure: Analysis and Design – Autor: Bryan Stafford Smith and Alex Coul.
- [3] Lê Thanh Huân (2005), *Kết cấu nhà cao tầng BTCT*- Nhà xuất bản xây dựng .
- [4] Tiêu chuẩn AIJ 2004
- [5] Wind Load Provision of ASE 7-02
- [6] TCXD 229- 1999
- [7] Phạm Văn Cúc, Nguyễn Lê Ninh (1998), *Tính toán và cấu tạo kháng chấn các công trình nhiều tầng*- Nhà xuất bản xây dựng.