



NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA HÌNH KHỐI CÔNG TRÌNH ĐẾN SỰ PHÂN PHỐI NỘI LỰC CỦA HỆ KẾT CẤU TRONG NHÀ CAO TẦNG DƯỚI TÁC DỤNG CỦA TẢI TRỌNG GIÓ THEO TIÊU CHUẨN TCVN 2737-2023

STUDY OF THE IMPACTS OF BUILDING SHAPES ON THE DISTRIBUTION OF STRUCTURAL INTERNAL FORCES IN HIGH-RISE BUILDINGS AGAINST WIND EFFECTS AS OF VIETNAM CONSTRUCTION CODE TCVN 2737-2023

Ths. Nguyễn Tiến Thành, Ths. Nguyễn Xuân Lộc¹

Tóm tắt: Trong những năm gần đây, tại Việt Nam hệ thống tiêu chuẩn phục vụ thiết kế tính toán các loại kết cấu khác nhau ngày càng được hoàn thiện hơn và chi tiết hơn, giúp cho người thiết kế áp dụng dễ dàng. Tuy nhiên, tải trọng gió theo TCVN 2737-2023 có những thay đổi và điều chỉnh các hệ số tham gia như hệ số gió giật, hệ số tầm quan trọng, hệ số độ tin cậy... so với TCVN 2737-1995, đã ảnh hưởng rất nhiều đến việc tính toán tải trọng gió tác động vào công trình xây dựng nói chung và nhà cao tầng nói riêng. Bài báo phân tích các ảnh hưởng của hình khối của tòa nhà đến sự phân phối nội lực trong hệ kết cấu khi chịu tải trọng gió theo tiêu chuẩn TCVN 2737-2023.

Từ khóa: Tải trọng gió, TCVN 2737-2023, nhà cao tầng, nội lực.

Abstract: In recent years, in Vietnam, the standard system for designing and

calculating different types of structures has become more and more completed and detailed, making it easier for designers to apply. However, the wind load based on TCVN 2737-2023 standards has changes and adjustments to participating coefficients such as gust coefficient, importance coefficient, reliability coefficient, etc... compared to TCVN 2737-1995, which has greatly affected the calculation of wind loads affecting construction works in general and high-rise buildings in particular. This article analyzes the effects of the building's shape on the distribution of internal forces in the structural system when subjected to wind loads according to TCVN 2737-2023 standards.

Keywords: Wind load, TCVN 2737-2023, high-rise buildings, internal forces.

Nhận bài ngày 20/12/2024; chỉnh sửa ngày 25/1/2025; chấp nhận đăng ngày 28/2/2025.

1. Giới thiệu

1.1. Các dạng mặt bằng nhà cao tầng

Hình dạng mặt bằng là yếu tố then chốt trong việc đảm bảo tính thẩm mỹ, công năng và an toàn của các công trình nhà cao tầng. Việc lựa chọn hình dạng phù hợp không chỉ ảnh hưởng đến khả năng xây dựng mà còn đến hiệu quả sử dụng không gian và khả năng chống chịu trước các tác động môi trường như động đất, gió bão.

Nhà cao tầng có nhiều dạng mặt bằng khác nhau, phổ biến là các dạng hình vuông, hình chữ nhật, hình cong tròn dạng elip, đa giác đối xứng trục hoặc các hình dạng không đối xứng như hình chữ L, chữ U lệch.

¹ Khoa Công trình, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: thanhnt.ctt@vimaru.edu.vn



Hình 1. Mặt bằng tòa nhà DOJI Hải Phòng



Hình 2. Phối cảnh tòa nhà DOJI Hải Phòng

Hình 1 và 2 là mặt bằng và phối cảnh của tòa nhà DOJI Hải Phòng hoàn thành năm 2024. Công trình này có hai khối nhà với kiểu tổ hợp hai dạng mặt bằng khác nhau: một khối có mặt bằng hình chữ U không đều cạnh và một khối có mặt bằng tam giác đều bo tròn các góc.



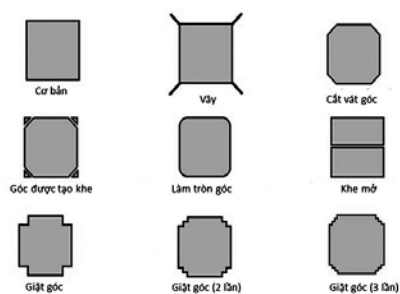
Hình 3. Mặt bằng tòa nhà Golden Crown Hải Phòng

Hình 3 và 4 thể hiện mặt bằng và phối cảnh toàn nhà Golden Crown, lấy cảm hứng từ hoa phượng ba cánh, biểu trưng của thành phố Hải Phòng cũng là điểm nhấn kiến trúc đô thị hiện đại. Về mặt kết cấu, với mặt bằng 3 cánh hoa cũng khá chắc chắn, ổn định và bền vững khi chịu tải trọng gió hay dao động. Dạng mặt bằng này cũng đã áp dụng rất có hiệu quả trong việc chịu các loại tải trọng tác động bên ngoài cũng như chịu xoắn của công trình nổi tiếng thế giới: Tòa nhà Burj Khalifa, Dubai, Các tiểu vương quốc Ả Rập.



Hình 4. Phối cảnh tòa nhà Golden Crown Hải Phòng

Bên cạnh đó, chỉ cần có những thay đổi nhỏ trong bố trí mặt bằng công trình đều dẫn tới sự thay đổi về khả năng chịu tải của công trình, đặc biệt là tải trọng gió. Khi thay đổi hay điều chỉnh hình dạng các cạnh biên hay tạo góc vát, tròn trên mặt bằng của tòa nhà đều dẫn tới sự ảnh hưởng của tải trọng gió tác dụng lên trên công trình. Hình 5 thể hiện các dạng thay đổi góc trên mặt bằng công trình làm ảnh hưởng tới khí động học khi gió tác dụng vào công trình.



Hình 5. Điều chỉnh nhỏ khí động học với mặt bằng hình khối công trình
(Nguồn: Researchgate)

Ví dụ, những thay đổi ở các góc của hình dạng mặt cắt ngang của tòa nhà như góc có rãnh, góc vát, góc thụt vào, độ tròn của các góc và thay đổi hướng của tòa nhà so với hướng gió mạnh thường gặp nhất là một trong những phương pháp thay đổi nhỏ có thể được sử dụng để cải thiện hiệu suất gió của các tòa nhà cao tầng (Hình 5).

Những phương pháp này có thể dẫn đến việc giảm cả phản ứng theo chiều

gió và chiều ngang so với các tòa nhà hình chữ nhật thông thường. Việc thay đổi các góc đón gió có thể thay đổi các đặc điểm của các lớp cắt tách biệt dẫn đến luồng gió ngược dòng hẹp hơn và do đó có thể rất hiệu quả trong việc giảm lực cản và lực nâng dao động.

1.2. Thiết kế hình dáng khí động học tòa nhà ở mức độ tổng thể

Giải pháp khí động học ở mức độ tổng thể bằng cách sử dụng thiết kế dạng hình nón, giặt cấp nhỏ dần, xoắn ốc và đưa các khoang mở vào tòa nhà cao tầng được coi là phương pháp hiệu quả trong việc giảm mô men lực cơ sở trong cả hai hướng trục giao do làm suy yếu sự phát triển của dòng xoáy không khí. (Hình 6)



Hình 6. Hình dạng nhà cao tầng giảm thiểu lực tác động của gió ở mức độ tổng thể



a) Trung tâm Tài chính Thế giới Thượng Hải
(nhà dạng mở thông mặt tiền)



b) Tháp Turning Torso Thụy Điển
(tòa nhà thiết kế dạng xoắn)



c) Tháp Steinway Tower – Mỹ
(nhà cao tầng có mặt tiền mở)

Hình 7. Một số nhà cao tầng điển hình giảm thiểu lực tác động của gió ở mức độ tổng thể

Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng, các khối nhà có tiết diện nhỏ dần theo chiều cao, dạng xoắn ốc, hay có mặt tiền mở đều làm giảm lực cản, giảm áp lực gió ngang và làm giảm các dòng khí chuyển động xuống chân tòa nhà do đặc điểm hình học của chúng.

1.3. Tải trọng gió và những tác động lên nhà cao tầng

Tải trọng gió là lực tác động của gió lên các công trình xây dựng. Lực này gây ra bởi sự thay đổi áp suất không khí xung quanh công trình, tạo ra áp lực lên bề mặt của công trình. Tải trọng gió ảnh hưởng đến thiết kế và cấu trúc của công trình, đặc biệt là ở các khu vực có gió mạnh hoặc bão lớn.

Các yếu tố ảnh hưởng đến tải trọng gió

Tải trọng gió tác động lên công trình xây dựng chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố khác nhau. Dưới đây là những yếu tố chính cần được xem xét trong quá trình thiết kế và tính toán:

Tốc độ gió: Là yếu tố quan trọng nhất ảnh hưởng đến tải trọng gió. Tốc độ càng cao thì lực tác động lên công trình càng lớn. Tốc độ gió được xác định dựa trên dữ liệu khí tượng và các tiêu chuẩn kỹ thuật liên quan.

Hướng gió: Cũng ảnh hưởng đáng kể đến tải trọng gió. Các công trình được thiết kế để chịu lực tác động lớn nhất từ hướng gió phổ biến nhất trong khu vực xây dựng.

Độ cao của công trình: Độ cao của công trình càng lớn thì tác động của gió càng mạnh, do tốc độ gió tăng theo độ cao. Các công trình cao tầng thường cần phải tính toán kỹ lưỡng về tải trọng gió hơn so với các công trình thấp tầng.

Hình dạng và kích thước của công trình: Đóng vai trò quan trọng. Những công trình có hình dạng đơn giản, khí động học tốt sẽ chịu ít tác động của gió hơn so với những công trình có hình dạng phức tạp.

Địa hình và môi trường xung quanh: Như sự hiện diện của các tòa nhà lân cận, cây cối và địa hình địa phương (núi, đồi, mặt nước) cũng ảnh hưởng đến tải trọng gió. Các công trình ở khu vực trống trải thường chịu tác động của gió mạnh hơn so với những khu vực có nhiều vật cản.

Tính chất của công trình: Bao gồm loại kết cấu, vật liệu sử dụng và trạng thái kỹ thuật (mới, cũ, đang xây dựng) cũng ảnh hưởng đến khả năng chịu tải trọng gió.

Các tiêu chuẩn và quy định kỹ thuật: Các tiêu chuẩn và quy định kỹ thuật địa phương hoặc quốc gia quy định về tải trọng gió cũng cần được tuân thủ trong quá trình thiết kế.

2. Cơ sở tính toán

Tải trọng gió theo TCVN 2337-2023

Áp lực gió tiêu chuẩn tác dụng tại độ cao Z_e : $W_k = W_{3s,10} \cdot k(Z_e) \cdot C_x \cdot G_f$.⁽¹⁾

Trong đó:

$W_{3s,10} = g_T \cdot W_0$ (daN/m²): Là áp lực gió cơ sở 3s chu kỳ 10 năm

W_0 (daN/m²): Là áp lực gió cơ sở 3s chu kỳ 20 năm (tra bảng 5.1)

g_T : Là hệ số chuyển đổi áp lực gió từ chu kỳ lặp 20 năm xuống 10 năm, lấy bằng 0,852

$k(Z_e)$ Là hệ số kể đến sự thay đổi áp lực gió theo độ cao và dạng địa hình tại độ cao tương đương Z_e – được xác định theo điều 10.2.5;

Z_e xác định theo điều 10.2.4

C_x Là hệ số khí động, xác định theo 10.2.6

G_f Là hệ số hiệu ứng giật, xác định theo 10.2.7

$$k(Z_e) = 2,01 \cdot \left(\frac{Z_e}{Z_g} \right)^{2/\alpha} \quad (2)$$

Trong đó:

Z_e – độ cao tương đương, lấy không nhỏ hơn z_{min} .

Z_g – độ cao gradient.

α – hệ số dùng trong hàm lũy thừa đối với vận tốc gió 3s.

G_f là hệ số hiệu ứng giật

$$G_f = 0,925 \left(\frac{1 + 1,71(Z_s) \sqrt{g_Q^2 Q^2 + g_R^2 R^2}}{1 + 1,7g_v I(Z_s)} \right) \quad (3)$$

là độ rớt ở độ cao tương đương $Z_s = 0,6H$

$$I(Z_s) = C_r \cdot \left(\frac{10}{Z_s} \right)^{1/6} \quad (4)$$

C_r là hệ số, phụ thuộc vào các dạng địa hình khác nhau, lấy theo Bảng 1;

Z_s là độ cao tương đương của công trình, lấy bằng 0,6h;

h là chiều cao của công trình;

g_Q là hệ số đỉnh cho thành phần xung của gió, lấy bằng 3,4;

g_v là hệ số đỉnh cho thành phần phản ứng của gió, lấy bằng 3,4;

g_R là hệ số đỉnh cho thành phần cộng hưởng của gió, được xác định theo công thức:

$$g_R = \sqrt{2 \ln(3600n_1)} + \frac{0,577}{\sqrt{2 \ln(3600n_1)}} \quad (5)$$

$$Q = \frac{1}{\sqrt{1 + 0,63 \left(\frac{b+h}{L(Z_s)} \right)^{0,63}}} \quad (6)$$

với:

b là chiều rộng công trình, vuông góc với hướng gió tác dụng;

$L(Z_s)$ là thang nguyên kích thước xoáy (chiều dài rớt) tại độ cao tương đương Z_s , xác định theo công thức:

$$L(Z_s) = \ell \cdot \left(\frac{Z_s}{10} \right)^{\bar{\epsilon}} \quad (7)$$

và là các hệ số, phụ thuộc vào các dạng địa hình khác nhau, lấy theo Bảng 1.

R là hệ số phản ứng cộng hưởng, được xác định theo công thức:

$$R = \sqrt{\frac{1}{\beta} R_n R_h R_b (0,53 + 0,47 R_d)} \quad (8)$$

β là độ cản, lấy bằng:

0,01 – cho kết cấu thép;

0,015 – cho kết cấu liên hợp thép - bê tông;

0,02 – cho kết cấu bê tông và bê tông cốt thép;

$$R_n = \frac{7,47 N_1}{(1 + 10,3 N_1)^{5/7}} \quad (9)$$

Với:

$$N_1 = \frac{n_1 L(Z_s)}{V(Z_s)_{3600s,50}} \quad (10)$$

(11)
$$V(Z_s)_{3600s,50} = \bar{b} \left(\frac{Z_s}{10} \right)^{\bar{\alpha}} V_{3s,50}$$

$$R_h = \frac{1}{\eta_h} - \frac{1}{2\eta_h^2} (1 - e^{-2\eta_h}); R_h=1 \text{ khi } \eta_h=0$$

(12)
$$R_b = \frac{1}{\eta_b} - \frac{1}{2\eta_b^2} (1 - e^{-2\eta_b}); R_b=1 \text{ khi } \eta_b=0$$

(13)
$$R_d = \frac{1}{\eta_d} - \frac{1}{2\eta_d^2} (1 - e^{-2\eta_d}); R_d=1 \text{ khi } \eta_d=0$$

(14)
$$\eta_h = 4,6 \frac{n_1 h}{V(Z_s)_{3600s,50}}; \eta_b = 4,6 \frac{n_1 b}{V(Z_s)_{3600s,50}};$$

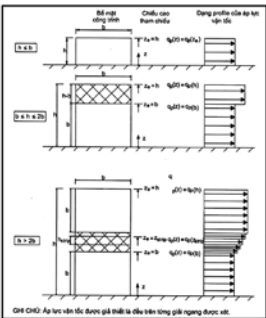
Với
$$\eta_d = 15,4 \frac{n_1 d}{V(Z_s)_{3600s,50}}; \quad (15)$$

h, b và d lần lượt là chiều cao, chiều rộng và chiều sâu (hoặc chiều dài) của công trình

Giá trị các hệ số lấy theo bảng 1 phụ thuộc vào các dạng địa hình khác nhau

Bảng 1. Giá trị các hệ số cho các dạng địa hình

Dạng địa hình	C_r	ℓ, m	$\bar{c}$	$\bar{b}$	$\bar{\alpha}$
A	0,15	198,12	1/8	0,80	1/9
B	0,20	152,40	1/5	0,65	1/6,5
C	0,30	97,54	1/3	0,45	1/4



Hình 8. Mô tả áp lực gió tác dụng lên công trình với các trường hợp quy ước về tỷ số kích thước công trình

Đối với nhà:

- 1) Khi $h \leq b$: $z_e = h$
- 2) Khi $b < h \leq 2b$:
 $z > b \quad z_e = h$
 $0 < z \leq b \quad z_e = b$
- 3) Khi $h > 2b$:
 $z \geq h - b \quad z_e = h$
 $b < z < h - b \quad z_e = z$
 $0 < z \leq b \quad z_e = b$

trong đó:

z là độ cao so với mặt đất (khi mặt đất xung quanh nhà và công trình không bằng phẳng thì mốc chuẩn để tính độ cao z được xác định theo Phụ lục C TCVN2737-2023

b là chiều rộng của nhà (không kể

khối đế), vuông góc với hướng gió;

h là chiều cao của nhà

3. Kết quả tính toán, so sánh phương án

Để có cơ sở so sánh, nhóm tác giả tiến hành tính toán một số nhà cao tầng với các phương án mặt bằng khác nhau.

Lấy ví dụ so sánh cho 3 phương án của 1 công trình nhà cao 20 tầng cùng diện tích mặt bằng (hình chữ nhật, hình vuông và hình tam giác có góc vát), xấp xỉ 1000m².

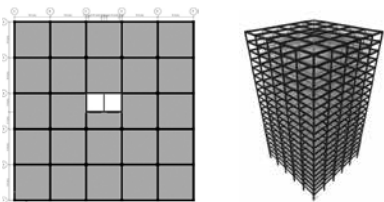
3.1. Số liệu xuất phát

- Nhà 20 tầng, có chiều cao 67,2m
- + Chiều cao tầng 1 là 4,5m; chiều cao các tầng còn lại là 3,3m.
- + Bước cột, chiều dài nhà theo từng phương án mặt bằng
- + Chiều dày sàn: $H_s = 12 \text{ cm}$
- + Chiều dày vách: $D_v = 25 \text{ cm}$
- + Bê tông dầm, cột mác B30; Bê tông sàn, vách mác B20

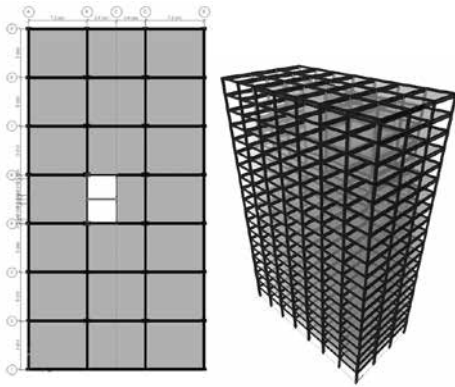
+ Địa điểm xây dựng: Quận Hồng Bàng - Hải Phòng, gió vùng IVB: $q^{tc} = 155 \text{ daN/m}^2$.

Bảng 2. Số liệu dầm cốt của 3 phương án trên

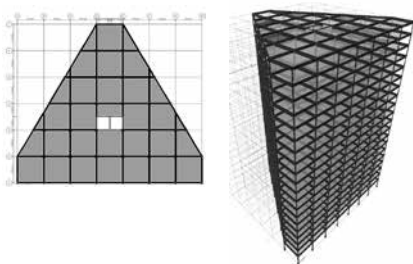
MB hình vuông		MB hình tam giác		MB hình chữ nhật	
Cột (cm)	Dầm (cm)	Cột (cm)	Dầm (cm)	Cột (cm)	Dầm (cm)
C1: 65x65 Cột giữa tầng 1-5	D: 60x30	C1: D75 (tròn) Cột giữa tầng 1-5	D1: 65x30	Tầng 1-5: Cột giữa C1-90x50 Cột biên C1B-70x40	D1: 70x30
C2: 55x55 Cột giữa T6-10		C2: D60 (tròn) Cột giữa tầng 6-10	D2: 50x25	Tầng 6-10: Cột giữa C2: 80x40 Cột biên C2B-60x30	D2: 40x25
C1B: 65x65 Cột biên tầng 1-5		C3: D50 (tròn) Cột giữa T11-15; Cột biên tầng 1-5		Tầng 11-15: Cột giữa C3: 70x30 Cột biên C3B-50x30	
C3 (C2B): 45x45 Cột giữa T11-15; Cột biên T6-10		C4: D45 (tròn) Cột giữa T16-20 Cột biên T6-10		Tầng 16-20 Cột giữa C4: 60x30 Cột biên C3B-50x30	
C4 (C3B): 40x40 Cột giữa T16-20; Cột biên T11-20		C5: D40 (tròn) Cột biên T11-20			



Hình 9. Sơ đồ hình khối nhà có mặt bằng hình vuông



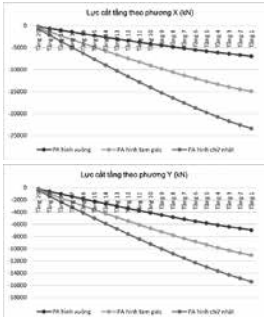
Hình 10. Sơ đồ hình khối nhà có mặt bằng hình chữ nhật



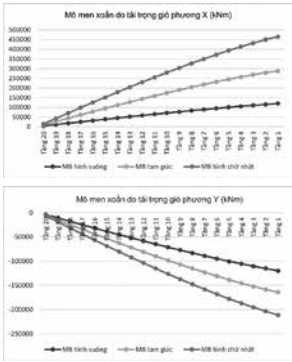
Hình 11. Sơ đồ hình khối nhà có mặt bằng hình tam giác có góc vát

3.2. Kết quả tính toán minh họa

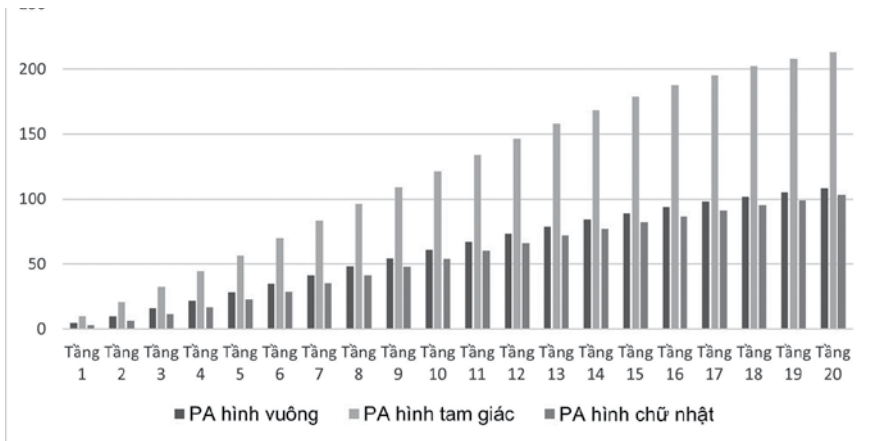
Quá trình tính toán được thực hiện bằng các phần mềm ETABS, với kết quả tổng hợp như sau:



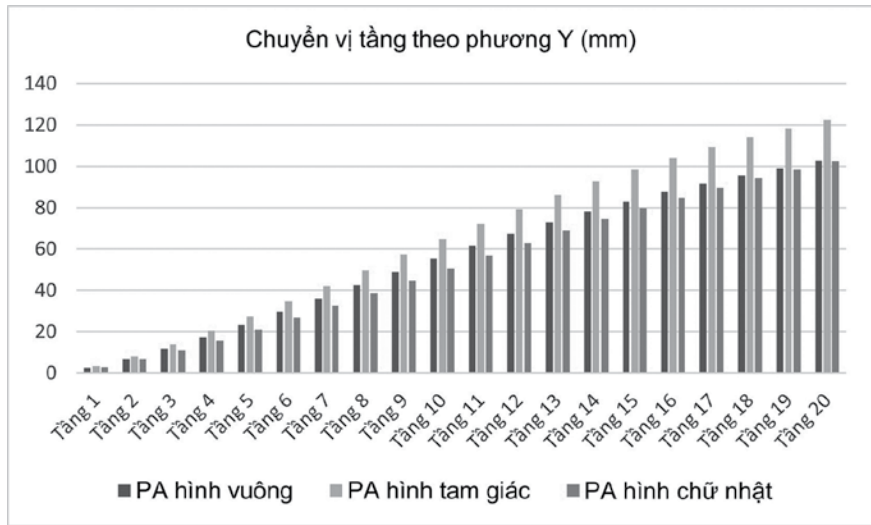
Biểu đồ 1. Lực cắt tầng khi nhà chịu gió theo phương X, Y



Biểu đồ 2. Mô men xoắn khi nhà chịu tải gió theo phương X, Y



Biểu đồ 3. Chuyển vị tầng khi nhà chịu gió phương X



Biểu đồ 4. Chuyển vị tầng khi nhà chịu gió phương Y

Nhận xét

- Qua các kết quả tính toán và khảo sát số liệu trên phần mềm nhận thấy nội lực của phương án mặt bằng hình vuông và hình tam giác có độ ổn định tốt hơn so với phương án mặt bằng hình chữ nhật, lực cắt tầng và mô men xoắn cũng nhỏ hơn từ 6 đến 33%.

- Chuyển vị tầng tại vị trí xung yếu của phương án tam giác có lớn hơn so với phương án hình chữ nhật và hình vuông là do tại các góc của mặt bằng, chỉ có 2 cột nên độ cứng và ổn định tại các góc này kém hơn. Tuy nhiên tại các vị trí có 6 cột trở lên, chuyển vị của tầng đã nhỏ đi rất nhiều và gần tương đương với 2 phương án còn lại.

4. Kết luận

Qua nghiên cứu 3 phương án mặt bằng điển hình như trên, cơ sở tính toán và kết quả tính toán minh họa, có thể thấy rằng:

- Hình khối công trình có ảnh hưởng khá nhiều tới khả năng chịu tải trọng gió của công trình. Với mặt bằng cân đối, đều đặn và có các góc bo vát trên mặt bằng sẽ làm giảm đáng kể tới lực cắt tầng và mô men xoắn cho công trình (2 thành phần nội lực này thường gây nứt, vỡ hay chuyển vị các cấu kiện ở biên hoặc những góc xa tâm trên các tầng gần đỉnh của công trình)
- Với những mặt bằng kiểu dạng hình tam giác hoặc hình sao cần tăng cường độ cứng ở các góc bằng cách bổ sung các vách cứng theo cả 2 phương ngang, dọc nhà hoặc dọc các biên ngoài của mặt bằng.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: DT24-25.91

Tài liệu tham khảo:

1. TCVN2737-2023: Tải trọng và tác động - Tiêu chuẩn thiết kế
2. TCVN5574-2018: Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế.
3. <https://www.csiamerica.com/products/etabs>
4. TS. Phạm Minh Hà, TS. Đoàn Tuyết Ngọc: Hình dạng công trình kiến trúc chống chịu gió bão. Tạp chí Xây dựng 30/10/2024

