

Bài giảng

TÍNH TOÁN MOMEN XOẮN DO TẢI GIÓ THEO TCVN 2737-2023

KS. NGUYỄN ĐÌNH NGHĨA



VIETCONS
ALWAYS BESIDE YOUR SUCCESS

TÍNH TOÁN MOMEN XOẮN DO TẢI GIÓ THEO TCVN 2737-2023

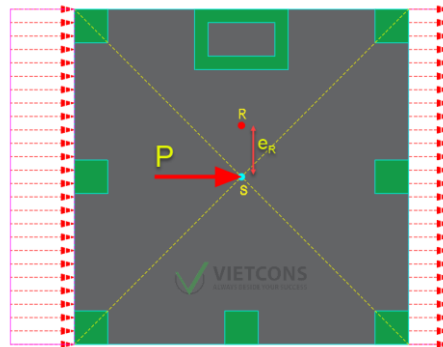
Tải trọng gió, đặc biệt là hiệu ứng xoắn, đóng một vai trò quan trọng trong thiết kế công trình. Hiện tượng xoắn luôn xảy ra ngay cả trong một tòa nhà đối xứng hoàn toàn, do hướng gió về mặt tường tòa nhà không phải lúc nào cũng vuông góc và cũng không được phân bố đồng đều trên bề mặt đón gió như tính toán. Do đó tâm lực gió tương đương sẽ không thẳng hàng với trọng tâm của tòa nhà và do đó sẽ tạo ra mômen xoắn.

Momen xoắn do gió sinh ra phụ thuộc vào nhiều yếu tố như hình dạng công trình, tỉ lệ các cạnh trên mặt bằng và tần số dao động (phản ứng động của gió-dynamic response) hoặc ảnh hưởng của các công trình bên cạnh.

Lực xoắn có thể làm tăng đáng kể tải trọng cắt tác dụng lên hệ chịu lực ngang đặc biệt là hệ dầm biên so với chỉ xét đến lực cắt do gió theo từng phương gây ra. Vì vậy, hiệu ứng xoắn do gió không thể bỏ qua và cần được kể đến trong thiết kế.

1. Momen xoắn của gió lên công trình do đâu?

Trường hợp 1: Momen xoắn do tâm bề mặt đón gió và tâm cứng của công trình bị lệch (phản ứng tĩnh của gió). Thường xảy ra với các công trình bố trí vách lõi không đối xứng.



Hình 1

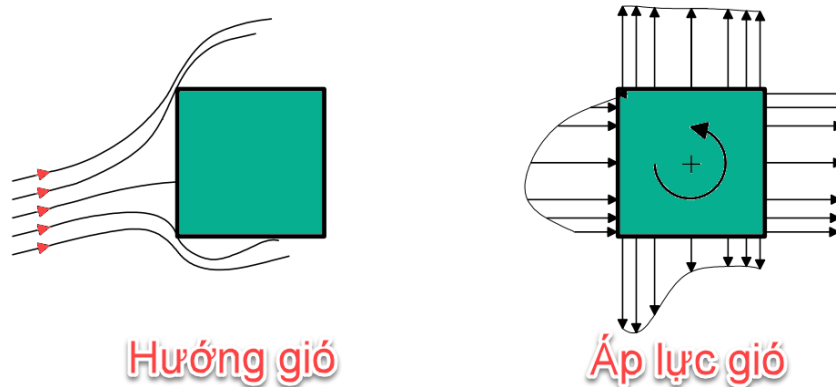
Ghi chú:

Đối với mặt bằng đa giác nếu xem gió là phân bố đều thì tâm đón gió trùng tâm hình học công trình.

- R là tâm cứng
- S là tâm hình học
- P là lực tập trung tải gió (đặt tại tâm hình học)
- e_R là độ lệch tâm giữa tâm bề mặt đón gió và tâm cứng, tạm gọi là độ lệch tâm cố hữu.
- Momen xoắn do gió tính bằng $M=e_R*P$

Trường hợp 2: mômen xoắn do áp lực gió phân bố không đối xứng trên bề mặt tòa nhà (phản ứng tĩnh của gió).

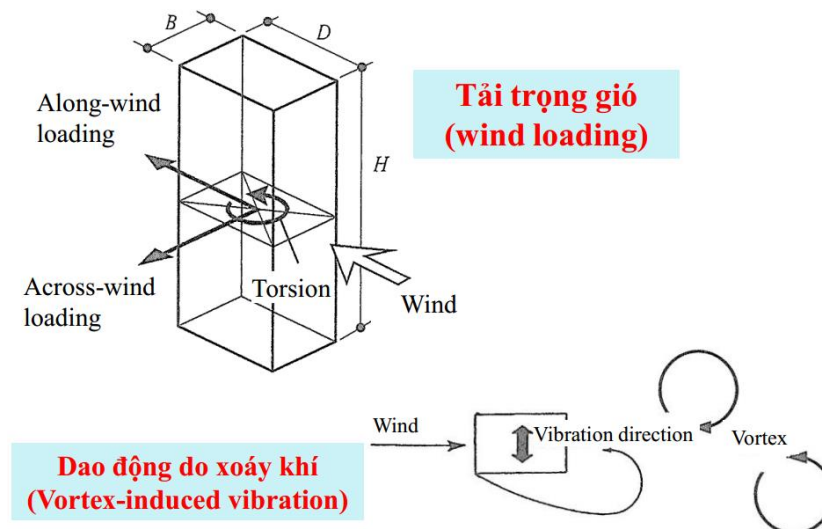
Nguyên nhân là do hướng gió không phải khi nào cũng thẳng góc với mặt đón gió nên áp lực gió sẽ không phân bố đều trên bề mặt đón gió (xem hình 2), do đó tâm gió tương đương sẽ không trùng tâm cứng của công trình.



Hình 2

Một số tiêu chuẩn trên thế giới tính toán momen xoắn này bằng độ lệch tâm e khoảng $(3.5\% \div 25\%)$ bề rộng đón gió nhân với $(0.5 \div 0.75)$ tải gió theo từng phương.

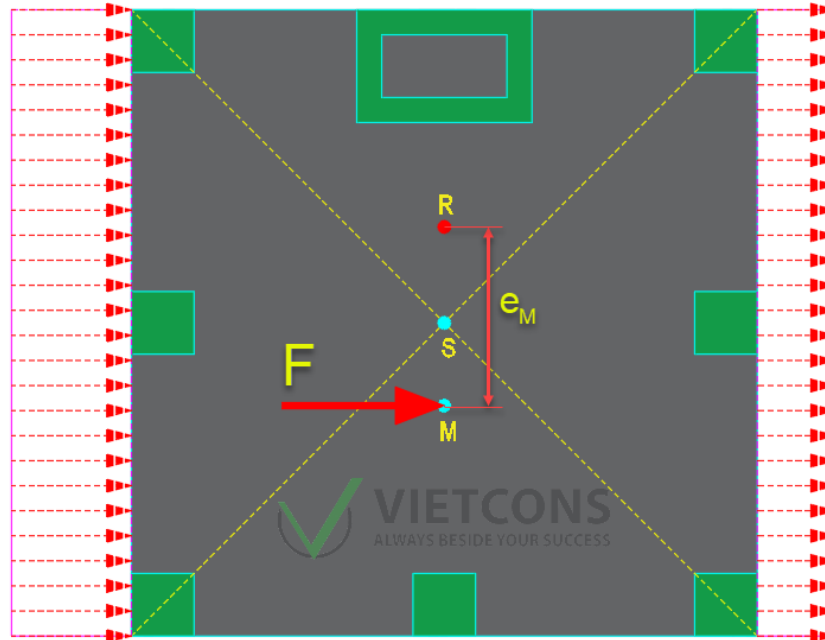
Trường hợp 3: mômen xoắn (thành phần cộng hưởng) do dao động xoáy khi sinh ra. Các dòng rối Vortex cộng hưởng sẽ sinh ra dao động xoắn cho công trình. Tính toán từ thí nghiệm hầm gió.



Hình 3

Trường hợp 4: mômen xoắn do sự đóng góp của lực quán tính (thành phần động của gió).

Khi công trình có độ mảnh lớn thì dao động lớn sẽ sinh ra lực quán tính. Lực quán tính đặt tại trọng tâm khối lượng (tương tự tác động của động đất) nếu tâm khối lượng không trùng với tâm cứng sẽ sinh ra momen xoắn do thành phần động này. Cần phân tích bài toán động của tải gió lên công trình.



Hình 4

Ghi chú: Momen xoắn $M = e_M \cdot F$

- R là tâm cứng
- S là tâm hình học
- M là tâm khối lượng
- F là lực quán tính sinh ra dao động của công trình (thành phần động của gió)

Nhận xét:

- **Trường hợp 1:** xảy ra khi tâm cứng không trùng tâm gió (có thể xem là tâm hình học là tâm gió nếu áp lực gió xem là phân bố đều và mặt bằng hình chữ nhật)
- **Trường hợp 2:** xảy ra cho hầu hết công trình: nhà thấp tầng, cao tầng đối xứng hay không đối xứng. Hầu như các tiêu chuẩn chỉ đề cập tính toán momen xoắn này thông qua độ lệch tâm ngẫu nhiên e khoảng $(3.5\% \pm 25\%)B$.
- **Trường hợp 3 và 4:** Cần có thí nghiệm hầm gió mới có cơ sở tính toán và phân tích bài toán động, thường áp dụng cho công trình cao tầng và siêu cao tầng hoặc nhà có hình dạng phức tạp.

2. Phương pháp tính toán momen xoắn do gió như thế nào?

Các phương pháp tính toán momen xoắn trong các tiêu chuẩn hiện hành thường quy định áp dụng cho nhà thấp tầng và trung bình, bằng cách kể thêm độ lệch tâm ngẫu nhiên $e = (0.035 \div 0.25)B$. Trường hợp nhà cao tầng ($H > 150m$) thì cần thí hãm gió để xác định ảnh hưởng gió xoắn đến công trình.

Có thể tham khảo cách tính toán momen xoắn do gió của tiêu chuẩn Châu Âu và Mỹ dưới đây:

➤ EN1991-1-4

Trong Eurocode (EN 1991-1-4), hiệu ứng xoắn được tính đến bằng cách thay đổi tải trọng gió phân bố đều theo hướng gió được biểu thị bằng tải trọng hình chữ nhật sang tải trọng tam giác nghiêng trong khi vẫn giữ nguyên tải trọng trên mặt tường phía khuất gió. Nó cũng quy định trong một số trường hợp, tải trọng gió ở những vị trí tạo ra tác động có lợi cần được loại bỏ hoàn toàn, tuy nhiên quy định này chưa rõ ràng lắm.

7.1.2 Asymmetric and counteracting pressures and forces

(1) If instantaneous fluctuations of wind over surfaces can give rise to significant asymmetry of loading and the structural form is likely to be sensitive to such loading (e.g. torsion in nominally symmetric single core buildings) then their effect should be taken into account.

(2) For free-standing canopies and signboards, 7.3 and 7.4 should be applied.

NOTE The National Annex may give procedures for other structures. The recommended procedures are:

a) For rectangular structures that are susceptible to torsional effects the pressure distribution given in Figure 7.1 should be applied for the representation of the torsional effects due to an inclined wind or due to lack of correlation between wind forces acting at different places on the structure.

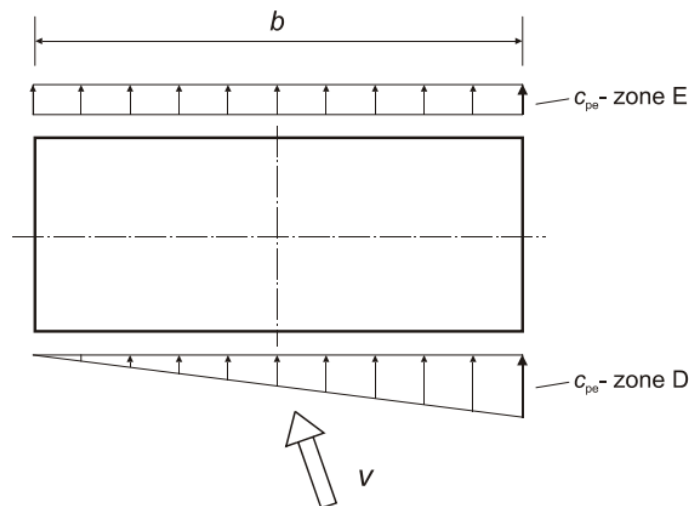
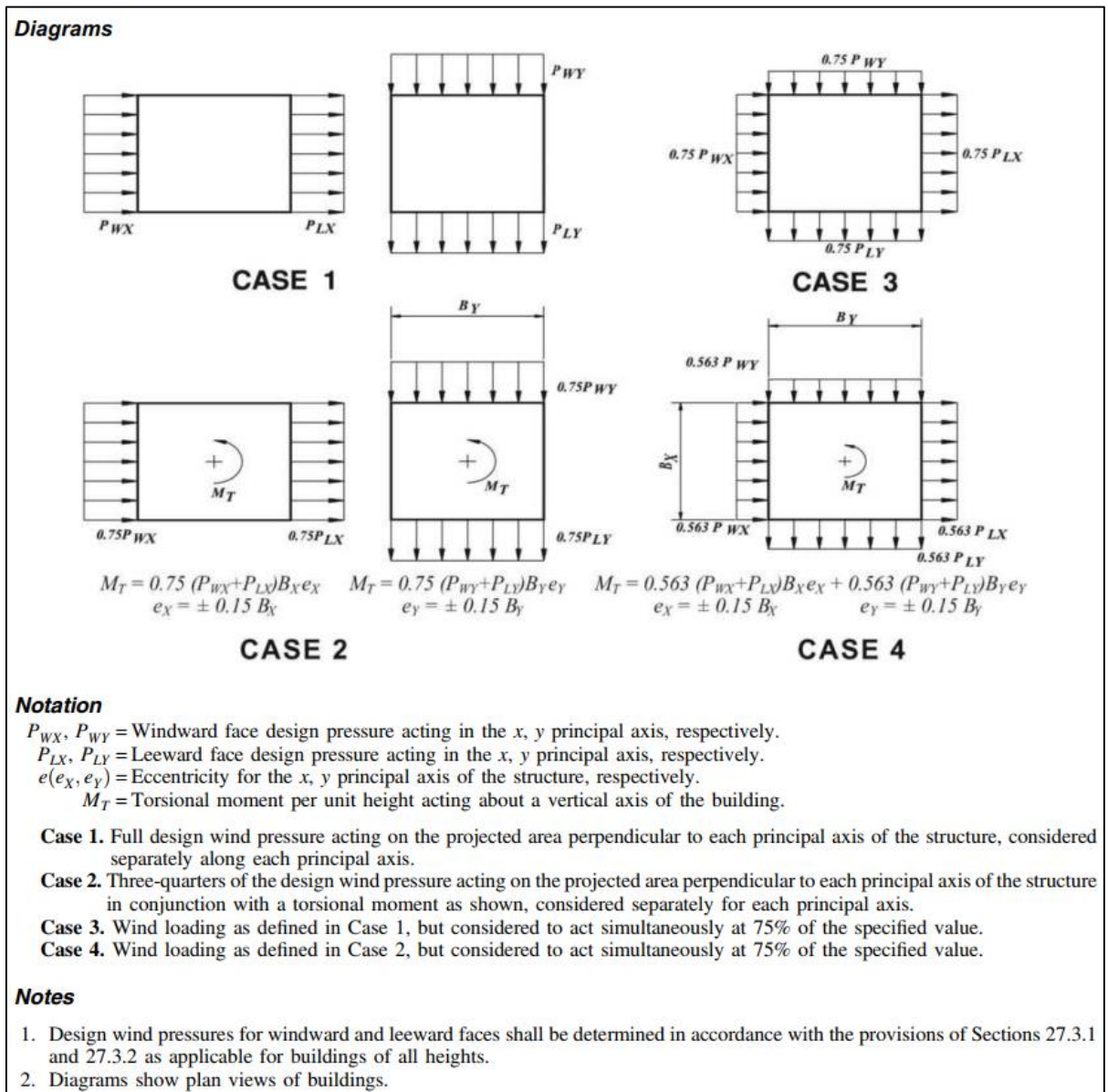


Figure 7.1 — Pressure distribution used to take torsional effects into account. The zones and values for c_{pe} are given in Table 7.1 and Figure 7.5.

➤ **ASCE7-16**

Tiêu chuẩn ASCE7-16 của Mỹ xét 4 trường hợp gió như hình dưới, trong đó độ lệch tâm ngẫu nhiên $e=0.15B$. Tải trọng tính momen xoắn lấy 75% tải trọng gió theo từng phương.

Cụ thể xem hình dưới đây:



➤ **TCVN 2737-2023**

Chưa quy định độ lệch tâm e ngẫu nhiên kể đến trong tính toán thành phần gió xoắn áp dụng cho công trình. Tiêu chuẩn động đất TCVN 9386-2012 thì quy định $e = 0.05B$.

Theo phương án hai, tải trọng W gồm các thành phần:

TCVN 2737:2023

- a) Các áp lực pháp tuyến W_x và W_y do áp lực gió ngoài gây bởi tổng lực cản của công trình theo hướng các trục x và y (x và y là các trục trên mặt bằng công trình).
- b) Mô men xoắn W_{Mz} đối với trục z (trục z theo phương thẳng đứng).

CHÚ THÍCH: Để xác định mô men xoắn W_{Mz} , có thể tham khảo các tiêu chuẩn khác có liên quan đến tải trọng gió hoặc các tài liệu kỹ thuật chuyên ngành.

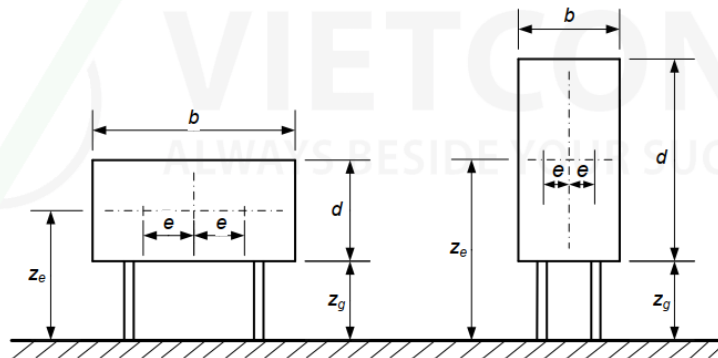
- Trường hợp áp dụng cho bảng quảng cáo thì momen xoắn cho gió theo TCVN 2737-2023 là $e=0.25B$.

F.1.2 Bảng quảng cáo

Đối với bảng quảng cáo nằm cách mặt đất một khoảng $z_g \geq d/4$ (Hình F.2): $c_x = 2,5k_x$, trong đó k_x được xác định theo F.18.

Khi $z_g < d/4$ và $b/d \leq 1$ thì cũng có thể lấy $c_x = 2,5k_x$.

Hợp lực của các tải trọng hướng vuông góc với mặt phẳng bảng quảng cáo cần được đặt ở độ cao tâm hình học của bảng quảng cáo với độ lệch tâm theo phương ngang $e = \pm 0,25b$. Độ cao tương đương z_e lấy bằng $z_e = z_g + \frac{d}{2}$.

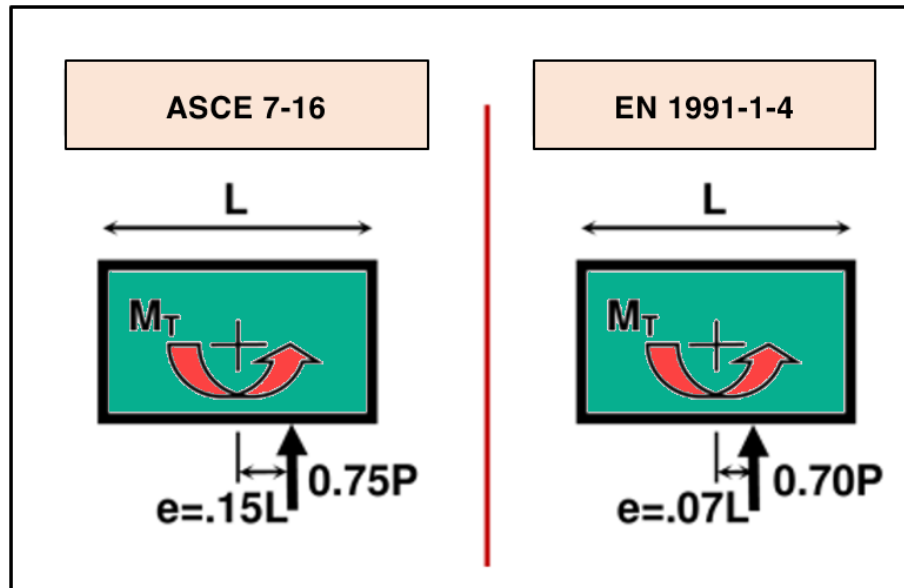


Hình F.2 – Bảng quảng cáo

3. Tính toán momen xoắn do gió theo TCVN 2737-2023 cho công trình như thế nào?

Như trình bày ở trên tiêu chuẩn chưa có quy định cụ thể nên có thể tham khảo tiêu chuẩn Mỹ ASCE 7-16 hoặc EN 1991-1-4 (như hình 5) vì bản chất phần tính toán tải trọng gió của tiêu chuẩn TCVN 2737-2023 là tham chiếu từ ASCE 7-16 và phần tính hệ số khí động phụ lục F4 và F16 là tham chiếu từ tiêu chuẩn EN 1991-1-4.

Kiến nghị nên tính toán momen xoắn do gió lấy theo ASCE 7-16 là phù hợp vì bản chất TCVN 2737-2023 tham chiếu từ tiêu chuẩn này. Hoặc tính toán cả 2 tiêu chuẩn trên lấy giá trị lớn nhất thiên về an toàn.



Hình 5

Hoặc có thể áp dụng đơn giản như sau cho nhà dân dụng (tham khảo):

- Quy hết tải trọng gió (thành phần gió dọc, gió ngang và momen xoắn nhập vào tâm cứng).
- Momen xoắn do gió nhập vào tâm cứng tính theo công thức: $M = (e_R \pm 0.1)P$
- Trong đó e_R = độ lệch tâm giữa tâm đón gió và tâm cứng (xác định bằng phần mềm ETABS), P là tải trọng gió theo từng phương.
- Độ lệch tâm ngẫu nhiên kể đến áp lực gió phân bố không đều có thể lấy bằng $0.1B$ (lấy độ lệch tâm là 10% theo từng phương).
- Trường hợp nhà $H \geq 150m$ cần thí nghiệm hầm gió.
- **Lưu ý:** cần xét trường hợp có momen xoắn hoặc không có momen xoắn do gió mới kể hết các trường hợp nguy hiểm cho kết cấu.