

PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH THÀNH PHẦN TÁC DỤNG ĐỘNG CỦA TẢI TRỌNG GIÓ LÊN NHÀ NHIỀU TẦNG

TS. Đinh Văn Thuật

PGS.TS Nguyễn Quang Viên

Khoa Xây dựng Dân dụng và Công nghiệp

Trường Đại học Xây dựng

Tóm tắt: Bài viết trình bày về nguyên tắc xác định tải trọng gió, đặc biệt là thành phần động của tải trọng gió tác dụng lên nhà nhiều tầng theo TCVN 2737:1995. Đồng thời bài viết cũng trình bày một số kết quả khảo sát và chú ý cần thiết cho việc áp dụng trong thực tế thiết kế đối với nhà nhiều tầng ở Việt Nam. Điều này sẽ giúp cho các kỹ sư thiết kế và sinh viên áp dụng phương pháp một cách phù hợp và chính xác trong những trường hợp khác nhau.

Summary: This paper is to present the method for determination of wind loads including its dynamic amplification effects on high-rise buildings and also provide relevant comments and suggestions on the practical application for design of high-rise buildings, particularly those with complicated floor plans. It is expected that the paper will give relevant understanding of wind effects and help provide engineers with proper application of the procedure for design of buildings against wind loads under different conditions.

1. MỞ ĐẦU

Tác động của tải trọng gió lên công trình nhà nhiều tầng mang tính chất tác dụng động và thay đổi khá phức tạp khi chiều cao công trình tăng và mặt bằng công trình phức tạp. Do vậy việc hiểu được thấu đáo tác động của tải trọng gió sẽ tạo điều kiện cho việc áp dụng tính toán một cách phù hợp và chính xác trong các trường hợp khác nhau. Đây cũng chính là vấn đề mà nhiều kỹ sư và sinh viên hiện nay thường hay lúng túng khi giải quyết. Bài viết dưới đây sẽ trình bày về nguyên tắc xác định tải trọng gió, đặc biệt là thành phần động của tải trọng gió theo TCVN 2737:1995 [1]; đồng thời nêu một số chú ý cần thiết khi áp dụng cho các công trình thực tế ở Việt Nam.

2. TẢI TRỌNG GIÓ TÁC DỤNG LÊN CÔNG TRÌNH

Tác động của tải trọng gió lên công trình mang tính chất tác dụng động, có giá trị thay đổi theo thời gian và phụ thuộc vào các yếu tố sau [2]:

- Độ mạnh của áp lực luồng khí tác dụng lên công trình: giá trị vận tốc gió trung bình và độ lớn xung vận tốc gió;
- Đặc điểm địa hình xung quanh công trình: dạng địa hình trống trải hoặc bị che chắn.

- Đặc điểm của công trình: hình khối, kích thước, độ nhám của bề mặt đón gió, bề mặt hút gió.

- Đặc trưng dao động riêng của công trình: giá trị tần số (hoặc chu kỳ) dao động riêng của công trình, hình dạng của các dạng dao động riêng.

Để đơn giản trong thực hành tính toán, áp lực gió tác động lên bề mặt công trình được coi gồm hai thành phần: thành phần tĩnh và thành phần động. Thành phần tĩnh của áp lực gió tác dụng lên công trình được coi tương ứng với phần vận tốc gió trung bình (mean windspeed) trong một khoảng thời gian qui định. Thành phần động của áp lực gió tác dụng lên công trình là tương ứng với phần vận tốc gió biến đổi hay xung vận tốc gió (turbulent velocity). Thành phần động của áp lực gió thường nhỏ hơn thành phần tĩnh.

Như vậy tương ứng với hai thành phần tĩnh và động của áp lực gió tác dụng lên bề mặt công trình, giá trị tải trọng gió đối với công trình nhà cũng được tính toán gồm hai thành phần: thành phần tĩnh và thành phần động của tải trọng gió. Cả hai thành phần tĩnh và động của tải trọng gió đều được qui đổi thành các tải trọng tương đương tác dụng tĩnh lên công trình.

Giá trị tiêu chuẩn của thành phần tĩnh của tải trọng gió tại độ cao j được xác định theo công thức:

$$W_j = W_0 \cdot k_j \cdot c \quad (1)$$

Trong đó: W_0 - giá trị áp lực gió trung bình tiêu chuẩn (daN/m^2); k_j - hệ số áp lực gió theo độ cao và dạng địa hình, tra bảng 5 của [1]; c - hệ số khí động, lấy theo bảng 6 của [1].

3. XÁC ĐỊNH THÀNH PHẦN ĐỘNG CỦA TẢI TRỌNG GIÓ

Giá trị thành phần động của tải trọng gió tác dụng lên công trình phụ thuộc vào độ lớn của xung vận tốc gió và mức độ dao động của công trình (như biên độ và tần số dao động riêng của công trình). Thực chất dao động của công trình chính là do xung vận tốc gió gây ra, đặc biệt khi có xuất hiện sự cộng hưởng; và đó chính là nguyên nhân sinh ra lực quán tính tác dụng lên công trình. Mức độ dao động của công trình được đánh giá qua giá trị chu kỳ dao động riêng của dạng dao động thứ nhất, T_1 (giá trị chu kỳ dao động riêng lớn nhất) hoặc tần số dao động riêng của dạng dao động thứ nhất, $f_1 = 1/T_1$. Chu kỳ T_1 (hoặc tần số f_1) ứng với dạng dao động thứ nhất còn được gọi là chu kỳ (hoặc tần số) dao động riêng cơ bản của công trình.

Bảng 1. Giá trị giới hạn f_L và T_L cho các công trình nhà nhiều tầng bằng BTCT

| Vùng áp lực gió | f_L | $T_L = 1/f_L$ (s) |
|------------------|-------|-------------------|
| I | 1,1 | 0,91 |
| II (Hà Nội, HCM) | 1,3 | 0,77 |
| III | 1,6 | 0,63 |
| IV | 1,7 | 0,59 |
| V | 1,9 | 0,53 |

Nếu mức độ dao động của công trình là nhỏ đến mức ta có thể không cần xét đến ảnh hưởng của lực quán tính phát sinh do công trình dao động khi xác định thành phần động của tải trọng gió. Có nghĩa là nếu giá trị chu kỳ T_1 đủ nhỏ (hoặc giá trị tần số f_1 đủ lớn) và thuộc phạm vi

an toàn để không xảy ra khả năng cộng hưởng với xung vận tốc gió; thì khi đó ta chỉ cần xét đến tác dụng trực tiếp của xung vận tốc gió lên bề mặt công trình khi xác định thành phần động của tải trọng gió [3]. Bảng 1 ở trên qui định các giá trị giới hạn của tần số dao động riêng, f_L , hoặc của chu kỳ dao động riêng, T_L , cho các công trình nhà nhiều tầng bằng kết cấu BTCT [1].

3.1 Xác định thành phần động của tải trọng gió chỉ do xung vận tốc gió (trường hợp $T_1 \leq T_L$)

Giá trị tiêu chuẩn thành phần động của tải trọng gió chỉ do tác dụng trực tiếp của xung vận tốc gió (bỏ qua ảnh hưởng của lực quán tính phát sinh) tại cao trình sàn thứ j được xác định theo công thức:

$$W_{pj} = W_j \cdot \zeta_j \cdot \nu \quad (2)$$

Trong đó:

W_j - giá trị tiêu chuẩn thành phần tĩnh của tải trọng gió tác dụng tại cao trình sàn thứ j (xem công thức 1).

ζ_j (zeta) - hệ số mạch động của tải trọng gió; thực chất là tỉ lệ tiêu chuẩn giữa thành phần động lớn nhất và thành phần tĩnh của tải trọng gió $\zeta_j = W_{pj}/W_j$. Giá trị của ζ_j được tra ở bảng 2 của [1] phụ thuộc vào dạng địa hình và chiều cao công trình. Hệ số ζ_j đối với địa hình bị che chắn là lớn hơn đối với địa hình trống trải; đồng thời ζ_j có xu hướng giảm theo độ cao. Ví dụ với độ cao từ 20 ~ 100 m của công trình được xây dựng ở trong các thành phố (dạng địa hình B) thì hệ số ζ_j tương ứng vào khoảng 0,6 ~ 0,5. Chú ý thành phần tĩnh của tải trọng gió W_j có giá trị thay đổi theo chiều hướng ngược lại so với tỉ số ζ_j ; nghĩa là giá trị W_j đối với địa hình càng bị che chắn thì có giá trị càng nhỏ và đồng thời có giá trị càng tăng khi chiều cao công trình tăng.

ν (nu) - hệ số tương quan không gian áp lực động của tải trọng gió (bảng 10; 11 của [1]). Với nhà dạng hộp chữ nhật, giá trị của ν được coi không đổi cho toàn bộ công trình. Ví dụ đối với công trình nhà có dạng hình chữ nhật và tải trọng gió tác dụng theo phương song song với các trục cơ bản x-x và y-y thì hệ số ν vào khoảng 0,8 ~ 0,6 khi chiều cao nhà H vào khoảng 20 ~ 100 m và bề rộng đón gió B của nhà vào khoảng 10 ~ 40 m. Giá trị ν càng giảm khi kích thước của nhà H và B càng tăng.

3.2 Xác định thành phần động của tải trọng gió do đồng thời cả xung vận tốc gió và lực quán tính phát sinh (trường hợp $T_1 > T_L$)

Khi $T_1 > T_L$ thì giá trị thành phần động của tải trọng gió cần được tính toán kể đến tác dụng đồng thời của xung vận tốc gió và lực quán tính phát sinh do công trình dao động do gió gây ra. Trong trường hợp này thành phần động được xác định tương ứng với từng dạng dao động riêng của công trình: Nếu công trình có k dạng dao động riêng thì cần tính toán k giá trị thành phần động của tải trọng gió tương ứng với k dạng dao động riêng của công trình. Tuy nhiên ứng với các dạng dao động riêng bậc càng cao thì giá trị thành phần động của tải trọng gió càng nhỏ. Thông thường đối với nhà nhiều tầng chỉ cần xét đến 3 hoặc 4 dạng dao động riêng đầu tiên là đủ [4]. Gọi s là số lượng các dạng dao động riêng đầu tiên của công trình cần

thiết phải kể đến khi tính thành phần động của tải trọng gió. Tiêu chuẩn TCVN 2737:1995 qui định dạng dao động riêng thứ s cần được kể đến khi thoả mãn điều kiện sau: chu kỳ của dạng dao động riêng thứ s là $T_s > T_L$ hoặc tần số $f_s < f_L$.

Giá trị tiêu chuẩn thành phần động của tải trọng gió do tác dụng đồng thời của xung vận tốc gió và lực quán tính phát sinh do công trình dao động được xác định theo công thức sau (với j là ký hiệu của tầng sàn nhà: $j = 1 \rightarrow n$ và i là ký hiệu của dạng dao động riêng: $i = 1 \rightarrow s$):

$$W_{pj} = M_j \cdot \zeta_i \cdot \psi_i \cdot y_{ji} \quad (3)$$

Trong đó:

M_j - Khối lượng tập trung của phần công trình đặt ở tâm khối lượng của tầng sàn thứ j ;

ψ_i (psi) - hệ số tham gia (đóng góp) của thành phần gió động ứng với dạng dao động riêng thứ i và được xác định như sau:

$$\psi_i = \frac{\sum_{j=1}^n y_{ji} \cdot W_{Fj}}{\sum_{j=1}^n y_{ji}^2 \cdot M_j} \quad (4)$$

Hệ số này có ý nghĩa tương tự như trong phương pháp phổ phản ứng dùng cho thiết kế kháng chấn nhà nhiều tầng [4], tuy nhiên ở đây có xét đến ảnh hưởng của xung vận tốc gió.

W_{Fj} - giá trị thành phần động của tải trọng gió tác dụng tại cao trình sàn thứ j chỉ kể đến sự mạch động do xung vận tốc gió (xem mục 3.1):

$$W_{Fj} = w_j \cdot \zeta_j \cdot \nu_i \cdot S_j \quad (5)$$

w_j - giá trị tiêu chuẩn thành phần tĩnh của tải trọng gió tác dụng tại cao trình sàn thứ j (xem công thức 1). w_j có đơn vị tính là daN/m²; W_{Fj} là lực tập trung có đơn vị tính là daN.

S_j - diện tích đón (hoặc hút) gió thuộc tầng sàn thứ j (đơn vị tính là m²).

y_{ji} - dịch chuyển ngang tỷ đối của khối lượng M_j ứng với dạng dao động riêng thứ i . Chú ý giá trị

y_{ji} trong công thức (3) và (4) chỉ có ý nghĩa biểu thị hình dạng của các dạng dao động riêng, không thể hiện về giá trị tuyệt đối của dịch chuyển, thường tại cao trình đỉnh mái lấy $y_{jn} = 1$ hoặc -1 .

ζ_j (zeta) - hệ số mạch động của tải trọng gió tại cao trình sàn thứ j (xem mục 3.1);

ν_i (nu) - hệ số tương quan không gian áp lực động của tải trọng gió ứng với dạng dao động riêng thứ i . Hệ số ν_i ứng với dạng dao động riêng thứ nhất được tra bảng 10 và 11 của [1], có giá trị nhỏ hơn 1. Còn ứng với các dạng dao động riêng bậc cao (bậc 2, 3, ..., s) thì hệ số ν_i được đơn giản hoá lấy bằng 1; nghĩa là bỏ qua ảnh hưởng của tương quan không gian làm giảm giá trị thành phần động của áp lực gió ứng với các dạng dao động riêng bậc cao.

ξ_j (kx_i) - hệ số động lực ứng với dạng dao động riêng thứ i . Chú ý hàm chuyển vị có dạng hàm sin và cos hoặc hàm mũ; hệ số ξ_i có được sau khi tiến hành đạo hàm hai lần hàm chuyển vị theo thời gian ứng với dạng dao động riêng thứ i ; Giá trị của ξ_i được xác định theo thông số $\varepsilon_i = T_i \sqrt{\gamma \cdot W_0} / 940$ và độ giảm loga ở hình 2 của [1]. Như vậy thành phần động W_{pi} ở công thức (3) thực chất là lực quán tính tác dụng tại cao trình sàn thứ j ứng với dạng dao động riêng thứ i do xung vận tốc gió gây ra; γ là hệ số độ tin cậy của tải trọng gió, lấy bằng 1,2; T_i - chu kỳ của dạng dao động riêng thứ i .

4. MỘT SỐ KẾT QUẢ KHẢO SÁT VÀ KIẾN NGHỊ

4.1 Yêu cầu tính thành phần động của tải trọng gió

Các công trình nhà nhiều tầng đều cần thiết phải tính thành phần động của tải trọng gió, ngay cả khi chiều cao nhà nhỏ hơn 40 m (nghĩa là không phải chỉ khi công trình nhà cao hơn 40 m thì mới cần tính đến thành phần động). Cụ thể, nếu chu kỳ dao động riêng cơ bản của công trình $T_1 \leq T_L$ thì thành phần động của tải trọng gió được tính toán chỉ cần xét đến tác dụng trực tiếp của mạch động do xung vận tốc gió lên bề mặt công trình (tính theo mục 3.1). Ngược lại nếu $T_1 > T_L$ thì thành phần động của tải trọng gió cần được tính toán phải kể đến tác dụng đồng thời của cả mạch động do xung vận tốc gió và lực quán tính phát sinh do công trình dao động (tính theo mục 3.2).

Các tính toán khảo sát cho thấy tỷ số thành phần động của tải trọng gió khi tính theo mục 3.1 (trường hợp $T_1 \leq T_L$) so với thành phần tĩnh của tải trọng gió là hầu như không biến đổi theo chiều cao của công trình và vào khoảng 30 ~ 40%. Tuy nhiên, khi tính theo mục 3.2 (trường hợp $T_1 > T_L$) thì tỷ số thành phần động so với thành phần tĩnh của tải trọng gió là tăng nhanh theo chiều cao của công trình và có thể lên đến 100% hoặc cao hơn nữa.

4.2 Vị trí tác dụng của các thành phần tải trọng gió

Đối với các công trình nhà nhiều tầng thì thành phần tĩnh của tải trọng gió W_j thường được qui thành lực phân bố đều tác dụng theo chiều dài của các dầm biên ở từng cao trình sàn; đơn vị tính là daN/m.

Vị trí tác dụng của thành phần động của tải trọng gió khi chỉ xét đến tác dụng trực tiếp của xung vận tốc gió W_{pi} (mục 3.1) là giống với vị trí tác dụng của thành phần tĩnh của tải trọng gió W_j ; được qui thành lực phân bố đều tác dụng theo chiều dài của các dầm biên ở từng cao trình sàn; đơn vị tính là daN/m.

Tuy nhiên, vị trí tác dụng của thành phần động của tải trọng gió khi xét đến tác dụng đồng thời của xung vận tốc gió và lực quán tính phát sinh do công trình dao động W_{pi} (mục 3.2) thì được qui thành một lực tập trung tác dụng tại tâm khối lượng ở từng cao trình sàn với đơn vị tính là daN (khác với vị trí tác dụng của thành phần tĩnh của tải trọng gió W_j), với giả thiết bản sàn là cứng tuyệt đối trong mặt phẳng của nó.

4.3 Thành phần động của tải trọng gió khi mặt bằng công trình đối xứng

Nếu mặt bằng sàn của công trình là đối xứng theo cả hai phương và tâm khối lượng trùng với tâm cứng thì dao động của công trình dưới tác dụng của xung vận tốc gió theo các phương cơ bản x-x và y-y là độc lập nhau; nghĩa là nếu hướng gió tác dụng theo phương x-x thì công trình chỉ bị dao động theo phương x-x; tương tự nếu hướng gió tác dụng theo phương y-y thì công trình chỉ bị dao động theo phương y-y.

Trong trường hợp này, thành phần động của tải trọng gió W_{pj}^* có hướng tác dụng trùng với hướng gió thổi x-x hoặc y-y, và có giá trị chỉ phụ thuộc vào độ lớn của xung vận tốc gió và các đặc trưng dao động riêng của công trình tương ứng theo từng phương riêng biệt x-x hoặc y-y.

4.4 Thành phần động của tải trọng gió khi mặt bằng công trình không đối xứng

Nếu mặt bằng sàn của công trình là không đối xứng hoặc tâm khối lượng không trùng với tâm cứng thì dao động của công trình dưới tác dụng của xung vận tốc gió theo các phương x-x và y-y là không độc lập.

Chẳng hạn, mặc dù hướng gió thổi theo phương x-x nhưng lại gây cho công trình dao động theo cả 3 phương x-x, y-y và xoắn quanh trục z-z. Trong trường hợp này, các sàn tầng nhà (được coi như cứng vô cùng trong mặt phẳng của chúng) sẽ bị dịch chuyển tịnh tiến theo cả hai phương ngang x-x và y-y (dịch chuyển tổng cộng là theo phương xiên), đồng thời còn dịch chuyển xoay xung quanh tâm cứng; hay nói cách khác, khối lượng M_j bị dịch chuyển tịnh tiến cùng với tâm cứng theo 2 phương x-x và y-y, đồng thời còn dịch chuyển xoay quanh tâm cứng.

Như vậy giá trị thành phần động của tải trọng gió W_{pj} (hay lực quán tính phát sinh do xung vận tốc gió gây ra) đồng thời do cả 3 loại dịch chuyển của khối lượng M_j theo phương x-x, y-y và xoắn z-z. Nghĩa là khi hướng gió thổi theo phương x-x thì đều tồn tại cả 3 giá trị thành phần lực quán tính do xung vận tốc gió gây ra là W_{pj}^{xx} theo phương x-x (theo hướng gió thổi), W_{pj}^{xy} theo phương y-y (phương vuông góc với hướng gió thổi) và W_{pj}^{xz} theo phương xoắn z-z.

Tương tự, khi hướng gió thổi theo phương y-y ta có các thành phần động W_{pj}^{yy} theo phương y-y, W_{pj}^{yx} theo phương x-x và W_{pj}^{yz} theo phương xoắn quanh trục z-z. Chú ý vị trí tác dụng của các thành phần động này được đặt tập trung tại tâm khối lượng ở từng mức sàn tầng nhà; đơn vị tính là daN.

Trường hợp mặt bằng công trình không đối xứng là thường gặp trong thực tế. Tuy nhiên thực tế thành phần động do công trình dao động xoắn W_{pj}^{xz} hoặc W_{pj}^{yz} là khá nhỏ; do vậy có thể bỏ qua. Trong trường hợp nhà nhiều tầng có chiều cao lớn và có các mặt bằng sàn khá phức tạp, tâm cứng và tâm khối lượng lệch nhau khá lớn thì việc áp dụng công thức (2) và (3) ở trên để tính thành phần động của tải trọng gió sẽ cho kết quả kém chính xác, do cần xét đến mối quan hệ tương tác giữa xung vận tốc gió và dao động xoắn của công trình, ảnh hưởng của cộng hưởng, ảnh hưởng của các công trình lân cận,... Trong một số trường hợp yêu cầu sử dụng thí nghiệm khí động học là cần thiết.

4.5 Xác định các đặc trưng dao động riêng của công trình

Các đặc trưng dao động riêng của công trình có thể được xác định bằng cách sử dụng chương trình tính toán kết cấu như Etabs, Sap2000, Staad3,... Nếu công trình có n tầng thì thông thường được mô hình hoá gồm $3n$ dạng dao động riêng (mode) tịnh tiến và $3n$ dạng dao động riêng xoắn. Đối với từng dạng dao động riêng tịnh tiến ngang thì kết quả biên độ dịch chuyển ngang lại được phân chia thành 2 thành phần theo phương $x-x$ và $y-y$, ký hiệu là UX và UY trong Etabs (xem building modes); Như vậy ứng với dạng dao động riêng thứ i (Mode i) ta có các giá trị UX_i và UY_i .

Trường hợp công trình có mặt bằng đối xứng và tâm cứng trùng với tâm khối lượng thì khi hướng gió tác dụng theo phương $x-x$ ta có UX_i khác không, nhưng $UY_i = 0$. Ngược lại khi hướng gió tác dụng theo phương $y-y$ thì $UX_i = 0$, nhưng UY_i khác không. Tuy nhiên, trường hợp công trình có mặt bằng không đối xứng thì giá trị UX_i và UY_i đều khác không; giá trị của UX_i và UY_i thực tế phụ thuộc vào phương của trục $x-x$ và $y-y$ được lựa chọn trên mặt bằng công trình.

Giá trị phần trăm đóng góp của dao động theo từng phương cũng được cho ở Modal participating mass ratios trong Etabs. Lưu ý rằng tổng phần trăm đóng góp của tất cả các dạng dao động riêng theo từng phương $x-x$ hoặc $y-y$ đều bằng 100% (xem Sum UX và Sum UY). Thường dao động tịnh tiến theo phương đứng và dao động xoắn là không đáng kể.

Như vậy khi hướng gió thổi theo phương $x-x$ ta có thể xác định được thành phần động của tải trọng gió theo cả 2 phương ngang $x-x$ và $y-y$. Trong trường hợp này thì giá trị theo phương $y-y$ (phương vuông góc với hướng gió thổi) sẽ giảm đi khi độ lệch giữa tâm khối lượng và tâm cứng giảm, và bằng không khi 2 tâm này trùng nhau. Tương tự cho trường hợp khi hướng gió thổi theo phương $y-y$.

Thường khi mặt bằng công trình có hình dạng khá cân xứng thì thành phần động của tải trọng gió theo phương vuông góc với hướng gió thổi là nhỏ. Tuy nhiên khi công trình có mặt bằng không cân xứng và méo mó thì thành phần động của tải trọng gió theo phương vuông góc với hướng gió thổi là đáng kể, và trong một số trường hợp có thể cần phải xét đến 8 hướng gió thổi có thể gây bất lợi cho công trình.

4.6 Tổ hợp tác động của các thành phần tải trọng gió

Nội lực và chuyển vị của hệ kết cấu được xác định riêng biệt đối với từng dạng dao động riêng của công trình (mode i) dưới tác dụng của các thành phần động của tải trọng gió tương ứng (cụ thể, thành phần động W_{pj}^{xx} và W_{pj}^{xy} khi gió thổi theo phương $x-x$; hoặc W_{pj}^{yy} và W_{pj}^{yx} khi gió thổi theo phương $y-y$). Tiếp theo, nội lực và chuyển vị tổng cộng do các thành phần động của tải trọng gió gây ra tại vị trí r trong hệ kết cấu được xác định theo phương pháp căn của tổng bình phương (SRSS), vì cần xét đến thực tế thời điểm xuất hiện các giá trị lớn nhất của thành phần gió động ứng với các dạng dao động riêng là không trùng nhau:

$$X_p^r = \sqrt{\sum_{i=1}^s (X_{pi}^r)^2} \quad (6)$$

Trong đó: s là số lượng các dạng dao động riêng đầu tiên của công trình cần thiết phải kể đến khi tính thành phần động của tải trọng gió đối với hướng gió tác dụng được khảo sát; và X_{pi}^r là nội lực (hoặc chuyển vị) gây ra tại vị trí r của hệ kết cấu do các thành phần động của tải trọng gió ứng với dạng dao động riêng thứ i .

Thực tế đối với từng hướng gió thổi được khảo sát, ta cần phải định nghĩa và nhập dữ liệu cho s trường hợp tải trọng bao gồm các thành phần động của tải trọng gió tác dụng theo cả 2 phương x-x và y-y vào trong chương trình tính toán kết cấu như Etabs, Sap2000,... Như vậy chương trình sẽ tính nội lực và chuyển vị cho từng trường hợp tải trọng riêng rẽ, rồi sử dụng cách tổ hợp SRSS trong load combination để tổ hợp nội lực và chuyển vị. Như vậy việc xác định nội lực và chuyển vị như trên yêu cầu một khối lượng tính toán khá lớn.

Giá trị nội lực (hoặc chuyển vị) tổng cộng do gió gây ra sẽ bằng giá trị nội lực (hoặc chuyển vị) do các thành phần động của tải trọng gió được tổ hợp theo công thức (6), X_p^r , cộng với giá trị nội lực (hoặc chuyển vị) do thành phần tĩnh của tải trọng gió, X_t^r gây ra: $X^r = X_p^r + X_t^r$. Sau đó tổng nội lực (hoặc chuyển vị) do các thành phần tải trọng gió gây ra lại cần phải tổ hợp với các nội lực (hoặc chuyển vị) do các tải trọng khác như tĩnh tải và các hoạt tải gây ra.

Tuy nhiên, các chương trình tính toán kết cấu hiện nay như Etabs, Sap2000,... đều không có định nghĩa tổ hợp tải trọng theo cách kết hợp cả cộng tác dụng (ADD) và SRSS. Hơn nữa đối với các công trình nhà sử dụng kết cấu BTCT, có bố trí các hệ vách cứng, lõi cứng và chiều cao không lớn thì ảnh hưởng của các thành phần động của tải trọng gió ứng với các dạng dao động riêng bậc cao thực tế là không lớn. Do vậy trong trường hợp này để giảm khối lượng tính toán và đồng thời chấp nhận một sai số nào đó thì việc tổ hợp theo nội lực (hoặc chuyển vị) như ở công thức (6) có thể được thay thế bằng cách tổ hợp theo tải trọng. Đây cũng chính là cách làm phổ biến trong thực tế hiện nay. Chú ý chỉ tổ hợp những thành phần động có cùng phương với nhau và những thành phần đó được sinh ra từ hướng gió tác dụng đang khảo sát. Chẳng hạn, khi hướng gió tác dụng theo phương x-x thì có thể tồn tại cả thành phần tĩnh cộng với thành phần động của tải trọng gió tác dụng theo phương x-x (theo hướng gió tác động): $W_j^{xx} + \sqrt{\sum_{i=1}^s (W_{pi}^{xx})^2}$; đồng thời có cả thành phần động của tải trọng gió tác dụng theo phương y-y (phương vuông góc với hướng gió): $\sqrt{\sum_{i=1}^s (W_{pi}^{yy})^2}$. Các thành phần tải trọng này đồng thời tác dụng lên hệ kết cấu ở cùng một bài toán khảo sát; nghĩa là chỉ có một trường hợp tải trọng gió (bao gồm cả thành phần tĩnh và động của tải trọng gió) cho từng hướng gió khảo sát.

Tài liệu tham khảo

1. TCVN 2737:1995, "Tải trọng và tác động - Tiêu chuẩn thiết kế". Nxb Xây dựng, Hà Nội.
2. Nguyễn Quang Viên, "Tác động của gió bão lốc lên công trình xây dựng" Bài giảng chuyên đề, Hà Nội 2006.
3. Simiu E., Scanlan RH, "Wind effects on structures". John Wiley & Sons, 1995.
4. Đinh Văn Thuật, "Phương pháp phân tích phổ phản ứng trong thiết kế kháng chấn nhà cao tầng" Tạp chí Xây dựng, BXD, 8/2007.