

Tiểu luận về tải trọng gió

Tác giả: phinsnguyen

Ngày 04/10/2024

*Thuở trời đất nổi cơn gió bụi
Khách má hồng nhiều nỗi truân chuyên*

Ta bắt đầu từ cơn gió này

1 Thống kê

Để xác định vận tốc gió, người ta thiết lập trạm đo gió. Thiết bị đo gió phổ biến là Cốc đo gió (Anemometer), gió thổi làm quay cánh quạt, một cảm biến sẽ chuyển tín hiệu quay cánh quạt thành vận tốc gió.



THE ROBINSON ANEMOMETER.

Anemometer - 1846

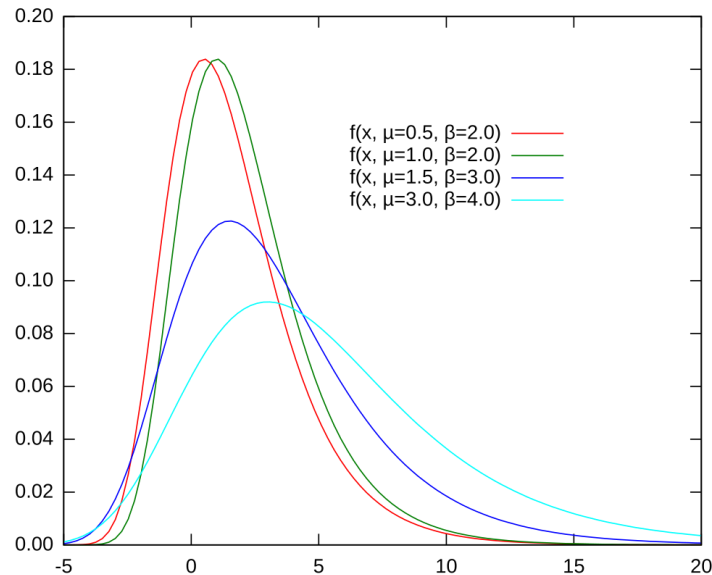
Dữ liệu gió có thể ghi liên tục, nhưng để tránh phải lưu quá nhiều số liệu thì cách phổ biến là tách từng khoảng 10 phút và ghi số lớn nhất, số trung bình, Ta quan tâm giá trị lớn nhất, trong 1 ngày ta có thể vẽ biểu đồ giá trị lớn nhất mỗi 10 phút với 144 điểm. Trong 1 năm ta có một giá trị lớn nhất, bao quát mọi yếu tố thời tiết trong năm. Trong thiết kế công trình ta quan tâm giá trị lớn nhất trong năm này.

Thời gian trôi qua, ta có dữ liệu gió của 10 năm, 30 năm, 50 năm, Dữ liệu gió càng nhiều càng tốt và từ 30 năm trở lên được coi là đủ tin cậy cho mô hình dự báo. Nếu dữ liệu ít hơn độ tin cậy sẽ giảm và cần kết hợp thêm các nguồn dữ liệu khác để tăng độ tin cậy.

2 Xác suất

Với thống kê ta có dữ liệu gió quá khứ. Khi xây dựng công trình ta cần ước tính số liệu gió tương lai cho vòng đời công trình, phổ biến là 50 năm.

Để ước tính / dự báo, người ta dùng các mô hình toán xác suất. Mô hình phổ biến cho gió là [phân phối Gumbel](#) (1935), với 2 tham số đặc trưng μ và β .



Các hàm mật độ xác suất theo phân phối Gumbel

Xác suất để vận tốc gió nhỏ hơn hoặc bằng v là:

$$F(v; \mu, \beta) = \exp(-e^{-z}) ; z = (v - \mu) / \beta$$

Trong đó μ là tham số vị trí (mode/ yếu vị, giá trị có tần suất xuất hiện nhiều nhất),

và β là tham số tỷ lệ (scale, giá trị càng lớn càng phân tán)

Và xác suất để vận tốc gió vượt giá trị v là:

$$P_a(v) = 1 - F(v; \mu, \beta)$$

Cách tính:

Từ số liệu thống kê gió lớn nhất trong N năm tính được giá trị trung bình $E(V)$ và độ lệch chuẩn $SD(V)$:

$$E(V) = \sum V_i / N$$

$$SD(V)^2 = \sum [V_i - E(V)]^2 / N$$

Từ đó suy ra các tham số μ và β theo các quan hệ toán học sau:

$$SD(V) = \pi / \sqrt{6} \times \beta$$

$$E(V) = \mu + \gamma \times \beta ; \gamma \approx 0.5772 \text{ ([hằng số Euler-Mascheroni](#))}$$

Đối với các hiện tượng tự nhiên cục đoạn (như gió bão, động đất, lũ lụt) ta quan tâm khoảng thời gian trung bình (tính theo năm) mà nó vượt ngưỡng tính toán, khoảng thời gian này gọi là Chu kỳ lặp trung bình, ký hiệu MRI (Mean Recurrence Interval).

Đối với công trình ta quan tâm tuổi thọ thiết kế n , là khoảng thời gian (tính theo năm) công trình dự kiến được sử dụng, phổ biến là 50 năm.

Chu kỳ lặp trung bình MRI, xác suất vượt ngưỡng hàng năm (P_a) và xác suất vượt ngưỡng trong n năm (P_n) có quan hệ toán học như sau:

$$P_a = 1 - e^{(-1/MRI)}$$

$$P_n = 1 - (1 - P_a)^n$$

Ví dụ:

- Nếu MRI = 50 năm thì xác suất vượt ngưỡng hàng năm là 1.98% và nếu tuổi thọ thiết kế 50 năm thì xác suất vượt ngưỡng là 63.2%. Như vậy năm nào cũng có thể vượt nhưng xác suất nhỏ và cả vòng đời công trình thì xác suất vượt rất lớn. Vì vậy MRI = 50 năm thường dùng cho gió cơ sở. Gió thiết kế cần tăng lên với hệ số an toàn phù hợp.
- Nếu MRI = 450 năm thì xác suất vượt ngưỡng hàng năm là 0.22% và nếu tuổi thọ thiết kế 50 năm thì xác suất vượt ngưỡng là 10.5%.

Vì P_a , P_n , MRI có thể chuyển đổi lẫn nhau nên cách đơn giản là không chế xác suất vượt ngưỡng thông qua MRI. Ví dụ ASCE 7-22 không chế MRI = 700 năm cho công trình thông dụng và nâng lên MRI = 1700 năm cho công trình quan trọng.

Từ MRI ta tính được P_a , từ P_a và các tham số μ , β ta tính được v (ký hiệu là V_{MRIy}) và lấy nó làm vận tốc gió cơ sở (V_{base}).

3 Cơ học

Phương trình cơ bản giữa vận tốc gió V (m/s) và áp lực gió q (N/m²):

$$q = 1/2 \times \rho \times V^2$$

trong đó $\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$ là khối lượng riêng của không khí, vậy:

$$q = 0.613 \times V^2$$

4 Gió thiết kế

Ta có lưu đồ để xác định tải trọng gió như sau:

1/Dữ liệu thống kê > 2/Hàm xác suất > 3/Vận tốc gió cơ sở > 4/Gió thiết kế

Mục 1 đến 3 là công việc thuần túy khí tượng.

Mục 3 đến 4 là công việc thiết kế công trình.

Gió thiết kế phụ thuộc vào 1/vận tốc gió cơ sở, 2/độ cao và dạng địa hình, 3/hình dáng công trình. Gió thiết kế được chỉ dẫn tính toán chi tiết trong các tiêu chuẩn tải trọng và tác động như TCVN 2737:2023, ASCE 7-22, EN 1991-1-4:2005.

Ta sẽ tìm hiểu các tiêu chuẩn phổ biến trước để có tổng quan.

5 Tiêu chuẩn thế giới

[EN 1991-1-4](#) sử dụng vận tốc gió trung bình trong 10 phút và xác suất vượt hàng năm $P_a = 0.02$ ([EN 1990](#) 4.1.2(7)P), tương đương MRI ≈ 50 năm. Vận tốc gió cơ sở của EN 1991 là $V_{10m,50y}$. QCVN 02:2022/BXD cung cấp số liệu này tại cột 5 bảng 5.1.

[ASCE 7-05](#) sử dụng vận tốc gió trung bình trong 3 giây và chu kỳ lặp MRI = 50 năm, ký hiệu là $V_{3s,50y}$. QCVN 02:2022/BXD cung cấp số liệu này tại cột 4 bảng 5.1.

[IEC 61400](#) sử dụng gió giật 1 giây để thiết kế các công trình năng lượng gió, chẳng hạn như tua-bin gió. Gió giật 1 giây được sử dụng để mô phỏng các đợt gió mạnh, bất ngờ mà tua-bin gió có thể phải chịu đựng trong suốt vòng đời của nó.

Đối với công trình nhà, sử dụng gió trung bình trong 3 giây sẽ phù hợp hơn do công trình nhà cần thời gian để phản ứng với các trận gió.

EN 1991-1-4 sử dụng vận tốc gió trung bình trong 10 phút, điều này rất thuận lợi về mặt dữ liệu do hầu hết các trạm khí tượng vận hành theo chuẩn của Tổ chức Khí tượng Thế giới (WMO) và luôn có sẵn dữ liệu gió 10 phút. Mặc dù gió 10 phút nhỏ hơn gió 3 giây, nhưng nó là thông số đầu vào để tính toán gió thiết kế, để so sánh chính xác với các tiêu chuẩn khác cần so sánh tải trọng gió thiết kế sau cùng.

[ASCE 7-22](#) tích hợp hệ số tầm quan trọng công trình và hệ số an toàn vào vận tốc gió cơ sở và vẽ bản đồ gió cho từng loại công trình. Ví dụ công trình thông dụng thì vận tốc gió cơ sở là $V_{3s,700y}$, công trình quan trọng thì vận tốc gió cơ sở là $V_{3s,1700y}$.

Tại sao không dùng một bản đồ gió rồi nhân hệ số an toàn và hệ số tầm quan trọng công trình như ASCE 7-05? Lý do là từng địa điểm sẽ có hàm xác suất với các tham số khác nhau, khi quy đổi MRI từ 50 năm qua 700 năm / 1700 năm sẽ có các hệ số khác nhau. Do vậy cách làm của ASCE 7-22 là chuẩn xác và cũng cần nhiều công phu để xây dựng nhiều bản đồ gió ứng với các MRI khác nhau.

TCVN 2737:2023 có phương pháp tiếp cận giống ASCE 7-05 vì vậy so sánh với ASCE 7-05 sẽ dễ thấy tương quan hơn.

6 TCVN 2737

Bản đồ phân vùng áp lực gió trên lãnh thổ Việt Nam được thiết lập trên cơ sở vận tốc gió được lấy trung bình trong khoảng thời gian 3 s, chu kỳ lặp 20 năm (bị vượt trung bình một lần trong khoảng thời gian 20 năm), ở độ cao 10 m so với mặt đất, tương ứng với địa hình dạng B (QCVN 02:2022/BXD mục 5.2.1) Vận tốc gió cơ sở là $V_{3s,20y}$.

Bảng 5.2 - QCVN 02:2022/BXD cung cấp hệ số chuyển đổi khi cần sử dụng các chu kỳ lặp khác. Các hệ số chuyển đổi này là tương đồng với công thức quy đổi vận tốc gió từ chu kỳ lặp 50 năm sang T năm như sau:

$$V_T / V_{50y} = 0.36 + 0.1 \times \ln(12T)$$

Công thức gần đúng này do [Peterka and Shahid \(1998\)](#) đề xuất áp dụng cho gió tại lục địa Hoa Kỳ. Nếu sử dụng phương pháp của Peterka and Shahid và dữ liệu gió của Việt Nam, chúng ta có thể có các công thức gần đúng tốt hơn.

So sánh TCVN 2737:2023 với ASCE 7-05 và ASCE 7-22

Hệ số tầm quan trọng công trình là tương đồng giữa ASCE 7-05 và TCVN 2737:2023.

Hệ số an toàn của gió theo ASCE 7-05 là 1.6, gió cơ sở $V_{3s,50y}$.

Hệ số an toàn của gió theo TCVN 2737:2023 theo gió cơ sở $V_{3s,50y}$ bằng:

$$2.1 \times 0.84^2 = 1.48$$

Trong đó 0.84 là hệ số chuyển đổi vận tốc gió từ chu kỳ lặp 10 năm lên 50 năm (QCVN 02:2022/BXD - bảng 5.2).

Như vậy hệ số an toàn của TCVN 2737:2023 thấp hơn so với ASCE 7-05.

Sử dụng [công thức](#) của Peterka and Shahid (1998) ta có thể quy đổi hệ số an toàn và hệ số tầm quan trọng qua chu kỳ lặp trung bình MRI. Tính toán cụ thể cho TCVN 2737:2023 như sau:

Công trình thông dụng (C2, $\gamma_n = 1.0$):

$$(V_T/V_{50})^2 = 1.0 \times 2.1 \times 0.84^2$$

$$V_T/V_{50} = 1.22$$

$$T = 440 \text{ năm}, T \approx 450 \text{ năm}$$

Công trình quan trọng (C3, $\gamma_n = 1.15$):

$$(V_T/V_{50})^2 = 1.15 \times 2.1 \times 0.84^2$$

$$V_T/V_{50} = 1.31$$

$$T = 1063 \text{ năm}, T \approx 1100 \text{ năm}$$

Vậy TCVN 2737:2023 có MRI = 450 năm (thông dụng) và MRI = 1100 năm (quan trọng)

So với ASCE 7-22 có MRI = 700 năm (thông dụng) và MRI = 1700 năm (quan trọng)

So sánh TCVN 2737:2023 với TCVN 2737:1995

Phương pháp của TCVN 2737:2023 và TCVN 2737:1995 không tương đồng nên cách so sánh hợp lý giữa chúng là so sánh kết quả cuối cùng thay vì tách từng thành phần như là hệ số an toàn.

[Nguyen Manh Cuong and Vu Thanh Trung](#) đã thực hiện so sánh này trong bài báo đăng trên Tạp chí của IBST số 01.2023. Kết quả tính toán khá tương đồng cho công trình thông dụng và TCVN 2737:2023 tăng khoảng 20% cho công trình quan trọng cao tầng. Riêng công trình thấp tầng thì TCVN 2737:2023 tăng khoảng 50% chủ yếu là do TCVN 2737:1995 chỉ kê đến thành phần tĩnh khi công trình dưới 40m.

7 Gió thời tiết

Các trạm khí tượng đo gió phục vụ cho nhiều mục đích khác nhau.

Lĩnh vực thiết kế công trình quan tâm tới các vận tốc gió lớn nhất (gió trung bình 3 giây / 10 phút) từng năm và ghi nhận nhiều năm trong quá khứ.

Lĩnh vực dự báo thời tiết ghi nhận gió liên tục và phát cảnh báo khi có gió lớn. Dự báo thời tiết tuân theo [Quyết định số 18/2021/QĐ-TTg](#) của Thủ tướng Chính phủ: Quy định về dự báo, cảnh báo, truyền tin thiên tai và cấp độ rủi ro thiên tai.

Quyết định này giải thích các từ ngữ được sử dụng trong lĩnh vực dự báo thời tiết như sau:

- Sức gió mạnh nhất trong xoáy thuận nhiệt đới là tốc độ gió trung bình lớn nhất xác định trong thời gian 02 phút quan trắc (tính bằng cấp gió Bô-pho, Phụ lục III).
- Gió giật là gió với tốc độ tăng lên tức thời, được xác định trong khoảng 02 giây.
- Bão là một xoáy thuận nhiệt đới có sức gió mạnh nhất từ cấp 8 trở lên và có thể có gió giật. Bão có sức gió mạnh nhất từ cấp 10 đến cấp 11 gọi là bão mạnh, từ cấp 12 đến cấp 15 gọi là bão rất mạnh, từ cấp 16 trở lên gọi là siêu bão (Phụ lục III Quyết định này).

Như vậy dự báo thời tiết của Việt Nam sử dụng gió trung bình 2 phút và gió giật 2 giây.

Các cơn bão lớn thường hình thành trên Biển Đông và được quan tâm theo dõi từ xa. Khi nó cách xa Việt Nam dữ liệu khí tượng của các quốc gia khác được sử dụng. Phổ biến là dữ liệu của Nhật Bản và Hoa Kỳ. Các quốc gia sẽ có định nghĩa dữ liệu khác nhau nên số liệu sẽ khác nhau cho cùng một sự kiện.

Trang windy.com cũng cung cấp dữ liệu gió theo thời gian thực và được nhiều người sử dụng.

8 Bão Yagi

[Số liệu của thế giới khi bão trên biển:](#)

- Cục Khí tượng Nhật Bản(JMA) ghi nhận được gió trung bình 10 phút lớn nhất là 195 km/h (54 m/s), ngày 05/09/2024.
- Trung tâm Cảnh báo Bão Liên hợp của Hoa Kỳ (JTWC) ghi nhận được gió trung bình 1 phút lớn nhất là 260 km/h (72 m/s), ngày 05/09/2024.

Như vậy số liệu của các nguồn khác nhau cần đi kèm định nghĩa tương ứng.

Số liệu của Việt Nam

[Báo điện tử Chính phủ](#) 07h19 07/09/2024

“Ban Chỉ đạo quốc gia về phòng chống thiên tai vừa cho biết, hồi 6h sáng nay (7/9), vị trí tâm bão, khoảng 20.4 độ Vĩ Bắc; 108.3 độ Kinh Đông, cách bờ biển Quảng Ninh – Hải Phòng 160km. Sức gió mạnh nhất: cấp 14 (150-166km/h), giật cấp 17. Dự báo trong 3 giờ tới, bão di chuyển theo hướng Tây Tây Bắc, tốc độ khoảng 15-20km/h.

Gió tại đảo Bạch Long Vĩ mạnh cấp 12, giật cấp 13, đảo Cô Tô gió cấp 6, giật cấp 10, Móng Cái (Quảng Ninh) gió cấp 6, giật cấp 8, Cửa Ông (Quảng Ninh) gió cấp 7, giật cấp 8.”

Như vậy gió mạnh nhất được ghi nhận trên biển là gió giật cấp 17 và cách bờ 160 km. Tương ứng gió trung bình 2 giây lớn nhất là 61.2 m/s (220 km/h).

“Do ảnh hưởng hoàn lưu của bão số 3, hiện tại đảo Bạch Long Vỹ có gió mạnh cấp 13, giật cấp 14, đảo Cô Tô có gió mạnh cấp 13, giật cấp 16, huyện Tiên Yên (Quảng Ninh) có gió mạnh cấp 9 giật cấp 11, huyện Đầm Hà (Quảng Ninh) có gió mạnh cấp 8 giật cấp 12, Cửa Ông (Quảng Ninh) có gió mạnh cấp 12 giật cấp 14, huyện Đông Xuyên (Hải Phòng) có gió mạnh cấp 7, giật cấp 8, Cửa Ba Lạc (Thái Bình) có gió cấp 8 giật cấp 10.”

Như vậy gió mạnh nhất được ghi nhận trên đất liền là gió giật cấp 14 tại trạm khí tượng Cửa Ông, phường Cửa Ông, huyện Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh. Tương ứng gió trung bình 2 giây lớn nhất là 46.1 m/s (166 km/h).

So sánh gió bão Yagi với gió thiết kế

Gió bão Yagi

Ta biết gió trung bình 2 giây sẽ lớn hơn gió trung bình 3 giây, độ lệch sẽ nhỏ với gió “trơn” / gió đều và độ lệch sẽ lớn với gió “nhọn”. Để xét trường hợp cực đoan ta lấy gió 3 giây bằng gió 2 giây và lấy giá trị gió lớn nhất của mỗi cấp gió Bô-pho tương ứng.

Vậy giá trị lớn nhất của gió bão Yagi là: $V_{bao} = 46.1$ m/s

Gió thiết kế theo TCVN 2737:2023

Phường Cửa Ông, huyện Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh thuộc vùng gió III.

Vậy gió cơ sở $V_{3s,50y} = 50$ m/s

QCVN 02:2022/BXD

Số liệu gió và động đất trong thiết kế

Địa điểm xây dựng

cam pha cua ong

Tra cứu

Tỉnh Quảng Ninh - Thành phố Cẩm Phả - Phường Cửa Ông - Vùng gió: III - Động đất: $a_{gR} = 0.08 \times g$

Bảng 5.1 - Vùng áp lực gió, vận tốc gió

Vùng gió	I	II	III	IV	V
W_0 (daN/m ²)	65	95	125	155	185
$V_{3s,50}$ (m/s)	36	44	50	55	61
$V_{10m,50}$ (m/s)	26	31	36	39	43

[Tra cứu gió trên trang phinsnguyen.com](#)

Gió thiết kế đối với công trình thông dụng là:

$$V_{tk} = V_{3s,50} \times 0.84 \times \sqrt{2.1} = 60.9 \text{ m/s}$$

Vậy $V_{bao} = 46.1$ m/s nhỏ hơn khá nhiều so với $V_{tk} = 60.9$ m/s (bằng 76%).

Vậy trong trường hợp cụ thể này, thiết kế tải trọng gió theo TCVN 2737:2023 là an toàn và rủi ro trong hoạt động xây dựng sẽ chủ yếu đến từ năng lực thực thi của các bên liên quan.

9 Tài liệu tham khảo

Quyết định số 18/2021/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ: Quy định về dự báo, cảnh báo, truyền tin thiên tai và cấp độ rủi ro thiên tai;

QCVN 02:2022/BXD Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về Số liệu điều kiện tự nhiên dùng trong xây dựng;

QCVN 02:2009/BXD Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia Số liệu điều kiện tự nhiên dùng trong xây dựng;

TCVN 2737:2023 Tải trọng và tác động;

TCVN 2737:1995 Tải trọng và tác động - Tiêu chuẩn thiết kế;

ASCE 7-22 Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures;

ASCE 7-10 Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures;

ASCE 7-05 Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures;

EN 1990:2002/A1:2005 Eurocode - Basis of structural design;

EN 1991-1-4:2005 Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-4: General actions - Wind actions;

IEC 61400 by the International Electrotechnical Commission (IEC);

Peterka, J. A., and Shahid, S. (1998) Design Gust Wind Speeds in the United States;

Nguyen Manh Cuong, and Vu Thanh Trung (IBST Journal 25.03.2023) Key changes to wind load provisions of the draft TCVN 2737:202x;

www.wikipedia.org

ChatGPT