

Xác định tải trọng gió tác dụng lên nhà công nghiệp một tầng mái nhẹ theo tiêu chuẩn asce 7-10

Wind loads determination procedure for one story industrial building according to asce 7-10

Ngày nhận bài: 15/4/2015

Ngày sửa bài: 20/11/2015

Ngày chấp nhận đăng: 12/12/2015

Trịnh Duy Khánh, Vũ Anh Tuấn

TÓM TẮT

Bài báo đề cập đến quy trình xác định tải trọng gió theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ ASCE 7-10. Mặc dù là quy trình nền tảng trong tiêu chuẩn Hoa Kỳ, nhưng nó vẫn chưa được sử dụng rộng rãi bởi các kỹ sư Việt Nam. Bài báo đã khảo sát việc ứng dụng quy trình này vào việc xác định tải trọng gió lên các kết cấu nhà công nghiệp một tầng một nhịp. Một ví dụ tính toán cũng được trình bày với mục tiêu minh họa quy trình và làm nguồn tham khảo. Những nhận xét ban đầu về sự khác biệt giữa cách xác định tải trọng gió theo tiêu chuẩn Việt Nam và tiêu chuẩn Hoa Kỳ cũng đã được nêu ra như một định hướng cho các nghiên cứu tiếp theo.

Từ khóa: xác định tải trọng gió, nhà công nghiệp, nhà tiền chế, tiêu chuẩn Hoa Kỳ.

ABSTRACT

The process of wind load determination according to American standard ASCE 7-10 is mentioned in this paper. Although the former is basic procedure of American standard, it's still uncovered by Vietnamese engineers. Application of this process on typical industrial building is investigated. A calculation example is presented for the goal of illustration and reference. Some remarks of difference between Vietnamese and American wind load determination have been notified as well as the perspectives of this research.

Keywords: wind load determination, industrial building, pre-engineered building, American standard.

Trịnh Duy Khánh,

Email: khanhtd@nuce.edu.vn

Điện thoại: 093 524 1181

Vũ Anh Tuấn

Khoa Xây dựng Dân dụng và Công nghiệp, Trường Đại học

1. GIỚI THIỆU

Sử dụng kết cấu khung thép trong nhà công nghiệp một hay nhiều nhịp như nhà kho, trung tâm vận chuyển-phân phối hàng hóa, nhà thi đấu thể thao giúp tạo ra các khu nhà có diện tích và không gian sử dụng lớn. Theo một khảo sát gần đây [8], trên 80% kết cấu khung thép của các nhà thường là khung một tầng, một nhịp, mái nhẹ... Công tác thiết kế cũng như thẩm tra nhà công nghiệp, hệ thống tiêu chuẩn thiết kế của Hoa Kỳ ([1],[2],[3],[4]...) ngày càng được áp dụng rộng rãi. Tuy nhiên, việc xác định tải trọng gió tác dụng lên nhà công nghiệp theo hệ thống tiêu chuẩn Hoa Kỳ vẫn chưa có chỉ dẫn cụ thể. Ở Việt Nam, một số nhà cung cấp thường dựa trên tài liệu hướng dẫn thiết kế MBMA (Metal Building Manufacturers Association) mà không trực tiếp sử dụng tiêu chuẩn ASCE 7-10 (Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures).

Trong khuôn khổ ngắn gọn của bài báo, các tác giả sẽ trình bày quy trình và ví dụ minh họa cách xác định tải trọng gió lên kết cấu chịu lực của nhà công nghiệp mái nhẹ một tầng theo ASCE 7-10 (phiên bản năm 2010).

2. QUY TRÌNH XÁC ĐỊNH TẢI TRỌNG GIÓ

2.1 Giới thiệu tiêu chuẩn ASCE 7-10

ASCE 7-10 (Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures - Tải trọng thiết kế tối thiểu lên nhà và các dạng kết cấu khác) có vai trò tương tự như TCVN 2737-1995. Nó được biên soạn và chỉnh lý 6 năm một lần bởi tiểu ban các vấn đề về qui chuẩn và tiêu chuẩn thuộc Viện kỹ thuật kết cấu (SEI) của Hiệp hội Kỹ sư Dân dụng Hoa Kỳ (ASCE). Theo ASCE 7-10, có ba quy trình xác định tải trọng gió tác dụng lên công trình: **quy trình hướng gió**, đây là quy trình cơ bản, áp dụng cho mọi loại công trình; **quy trình bao được** áp dụng cho các tòa nhà cao không quá 18m, hình dạng không có gì bất thường - mặt bằng chữ nhật, mái cùng cao độ và **quy trình thí nghiệm hầm gió**.

Khi thiết kế công trình nhà công nghiệp mái nhẹ các quy trình 1 và 2 đều có thể được áp dụng. Tuy nhiên, việc sử dụng quy trình 2 không áp dụng khi công trình có độ cao mái bất kỳ, mặt bằng phức tạp (dạng chữ L, dạng hình lục lăng)... Mặc dù vậy, các kỹ sư khi thiết kế thường áp dụng quy trình 2 mà không chú ý đến các hạn chế.

2.2 Quy trình hướng gió:

• Bước 1: Xác định tầm quan trọng của công trình và vận tốc gió cơ bản V .

• Bước 2: Xác định các thông số tự nhiên ảnh hưởng đến áp lực gió như hệ số hướng gió K_d , địa hình quanh công trình, hệ số tô pô K_z và hệ số gió giật G .

• Bước 3: Xác định các thông số của công trình ảnh hưởng đến áp lực gió như hệ số độ cao K_h/K_n , độ mở của công trình và hệ số nội áp lực bên trong công trình C_{pi} .

Bảng 1. Giá trị hệ số khí động C_p trên mái công trình

Khoảng cách ngang trên mái kể từ mép đón gió của công trình (m)	0	3,4	6,8	12,0	13,5	>13,5
$h/L=0,075$	-0,9	-0,9	-0,9	-0,6	-0,5	-0,3
$h/B=0,8$	-0,9	-0,9	-0,9	-0,6	-0,5	-0,3

Bảng 2. Áp lực gió thiết kế lên công trình

Mặt tác dụng	Khoảng cách (m)	Trường hợp gió thổi song song với đường đỉnh mái.					Trường hợp gió thổi vuông góc với đường đỉnh mái.				
		K_z	q_z/q_h	C_p	p (N/m ²)		K_z	q_z/q_h	C_p	p (N/m ²)	
					+GC _{pi}	-GC _{pi}				+GC _{pi}	-GC _{pi}
Đón gió	0	0,57	552	0,8	264	487	0,57	552	0,8	264	487
	4.6	0,57	552	0,8	264	487	0,57	552	0,8	264	487
	6	0,62	598	0,8	295	518	0,62	598	0,8	295	518
Khuất gió	tất cả	0,64	618	-0,2	-223	-0,4	0,64	618	-0,5	-374	-151
Bên	tất cả	0,64	618	-0,7	-479	-256	0,64	618	-0,7	-479	-256
Mái (đón gió/khuất gió)	0 - 6.8	0,64	618	-0,9	-584	-361	0,64	618	-0,9	-584	-361
	6.8 - 12	0,64	618	-0,6	-420	-198	0,64	618	-0,6	-420	-198
	12 - 13,5	0,64	618	-0,5	-374	-151	0,64	618	-0,5	-374	-151
	>13.5	0,64	618	-0,3	-269	-46	0,64	618	-0,3	-269	-46

- Bước 5: Tính toán hệ số khí động bên ngoài công trình C_p .
- Bước 6: Tính toán áp lực gió thiết kế p .

3. XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN TẢI TRỌNG GIÓ

3.1 Tầm quan trọng của công trình và vận tốc gió cơ sở

Phụ thuộc vào tầm quan trọng của công trình mà ASCE 7-10 đưa ra bản đồ tra cứu vận tốc gió cơ bản cho các vùng khác nhau, tuy nhiên các bản đồ này chỉ gói gọn cho việc ứng dụng trong lãnh thổ của Hoa Kỳ. Điều kiện xác định vận tốc gió cơ bản V theo ASCE 7-10 là đo vận tốc gió giật trong vòng 3s, thiết bị đo được đặt tại vị trí cách mặt đất 10m, trong vùng địa hình C và xác suất bị vượt là 50 năm. Như vậy khi xác định V của vùng hoặc lãnh thổ khác thì cần phải quy đổi tương đương về điều kiện xác định V của ASCE 7-10.

Theo [6] và [7] bản đồ phân vùng áp lực gió tại Việt Nam được thiết lập với vận tốc gió giật 3s, thiết bị đo cách mặt đất 10m, địa hình dạng B, quan hệ giữa vận tốc gió V (m/s) và áp lực gió W_0 (N/m²) được xác định theo công thức: $W_0=0,613V^2$. So sánh các điều kiện xác định vận tốc gió cơ bản V của hai hệ thống tiêu chuẩn, có hai thông số còn chưa đồng nhất là dạng địa hình và chu kì lặp của tải trọng gió. Căn cứ vào mô tả dạng địa hình, có thể coi dạng địa hình B của TCVN 2737-1995 tương đương dạng C của ASCE 7-10. Trong [6] đã đưa ra hệ số chuyển đổi áp lực gió từ chu kì 20 năm sang 50 năm là $W_0^{50}=1,2 W_0^{20}$.

3.2 Các thông số tự nhiên ảnh hưởng đến áp lực gió

- Hệ số hướng gió - K_d : hệ số này phụ thuộc vào loại kết cấu, đối với kết cấu nhà cửa $K_d=0,85$.

- Địa hình quanh công trình: với mỗi hướng gió đang xét, dạng địa hình cần được xem xét dựa trên các yếu tố: độ mấp mô của bề mặt nền đất, hiện trạng của cây cối công trình xây dựng xung quanh. Cần lưu ý là đối với mỗi hướng gió đang xét, ASCE 7-10 qui định phải xem xét địa hình trên một vùng mở rộng 45° kể từ mỗi cạnh của công trình song song với hướng gió. Việc này có thể dẫn đến phân loại địa hình khác nhau cho cùng một công trình, cùng một hướng gió. Trong trường hợp này, dạng địa hình gây ra tải trọng lớn hơn sẽ được sử dụng để thiết kế công trình. Yếu tố ảnh hưởng mạnh mẽ nhất đến việc xác định dạng địa hình của một công trình chính là độ mấp mô của bề mặt. Trong ASCE 7-10, có ba cấp độ mấp mô bề mặt được đề cập như sau: **cấp độ B** - khu vực đô thị hoặc ngoại ô, vùng trồng cây và các khu đất có nhiều vật cản gần nhau, các vật cản có kích cỡ vào tầm một căn nhà của một gia đình nhỏ; **cấp độ C** - khu vực tương đối trống trải, ít vật cản thường có chiều

cao dưới 9,1 m, dạng này bao gồm cả các khu vực đồng ruộng vùng nông thôn và **cấp độ D** - các khu vực phẳng, trống trải và các bề mặt thoáng của ao, hồ, sông, suối... Dạng này bao gồm cả các khu vực đầm lầy, ruộng muối, các bề mặt đồng bằng vĩnh cửu. Đối với những khu vực chuyển giao giữa các dạng địa hình, dạng địa hình gây ra tải trọng gió lớn nhất sẽ được xác định cho công trình.

- Hệ số tô pô - K_{xt} : hệ số này được sử dụng để kể đến ảnh hưởng của hiệu ứng gia tốc gió do các hình thái đặc biệt của địa hình gây ra, hiệu ứng này chủ yếu xảy ra khi luồng gió gặp phải vật cản như đồi, núi... Đối với các công trình được xây dựng tại địa hình bằng phẳng hệ số $K_{xt}=1$. Cần tham khảo [3] và [5] để xác định K_{xt} đối với các dạng địa hình có hình thái phức tạp.

- Hệ số kể đến hiệu ứng gió giật - G : yếu tố chi phối đến hệ số này là độ cứng của công trình, theo ASCE 7-10, các dạng công trình nhà thấp tầng được coi là công

trình dạng cứng. Khi đó, cho phép sử dụng hệ số $G=0,85$.

3.3 Các thông số của công trình ảnh hưởng đến tải trọng gió

- Hệ số độ cao - K_z : hệ số độ cao K_z được xác định theo Bảng 27.3-1 của ASCE 7-10.

- Độ mở của công trình: công trình được coi là mở khi các lỗ mở trên mỗi bức tường bao chiếm hơn 80% diện tích; công trình kín một phần là công trình thỏa mãn đồng thời hai điều kiện: tổng diện tích lỗ mở trên tường có hệ số khí động dương vượt tổng diện tích lỗ mở trên phần còn lại của tường bao (gồm cả tường và mái) ít nhất 10% hoặc tổng diện tích lỗ mở trên tường có hệ số khí động dương không ít hơn một trong hai giá trị 0,37m² hoặc 1% diện tích bức tường đó, đồng thời tỉ lệ lỗ mở trên phần bao còn lại không vượt quá 20%.

- Hệ số khí động bên trong công trình: hệ số khí động bên trong nhà được kết hợp với hệ số G . Tùy vào độ mở của công trình mà lấy giá trị GC_{pi} dựa vào bảng 26.1-1 của ASCE 7-10. Các hệ số khí động bên trong và áp suất bên ngoài sẽ được kết hợp với nhau để tìm ra trường hợp tải trọng nguy hiểm nhất. Đối với hệ số khí động bên trong, hai trường hợp sẽ được sử dụng để xác định tải trọng nguy hiểm: giá trị âm của hệ số GC_{pi} được áp dụng cho toàn bộ bề mặt bên trong, trường hợp còn lại tương tự nhưng với giá trị dương của hệ số GC_{pi} . Đối với các trường hợp công trình đóng một phần, có không gian lớn và không bị chia nhỏ bởi vách ngăn, hệ số GC_{pi} có thể được suy giảm.

- Hệ số khí động bên ngoài công trình - C_p : hệ số này được xác định tùy vào độ cứng, dạng mái và độ mở của công trình. ASCE 7-10 qui định ba trường hợp riêng biệt để xác định hệ số C_p , gồm: công trình cứng, kín và đóng một phần; công trình mềm, kín và đóng một phần và công trình mở có mái dốc một phía, hai phía hoặc mái dốc ngược.

3.4 Áp lực tiêu chuẩn của tải trọng gió - q_z/q_h

Áp lực tiêu chuẩn của tải trọng gió (q_z/q_h) lên công trình nhà được xác định theo công thức:

$$q_z/q_h=0,613.K_z.K_{xt}.K_d.V^2$$

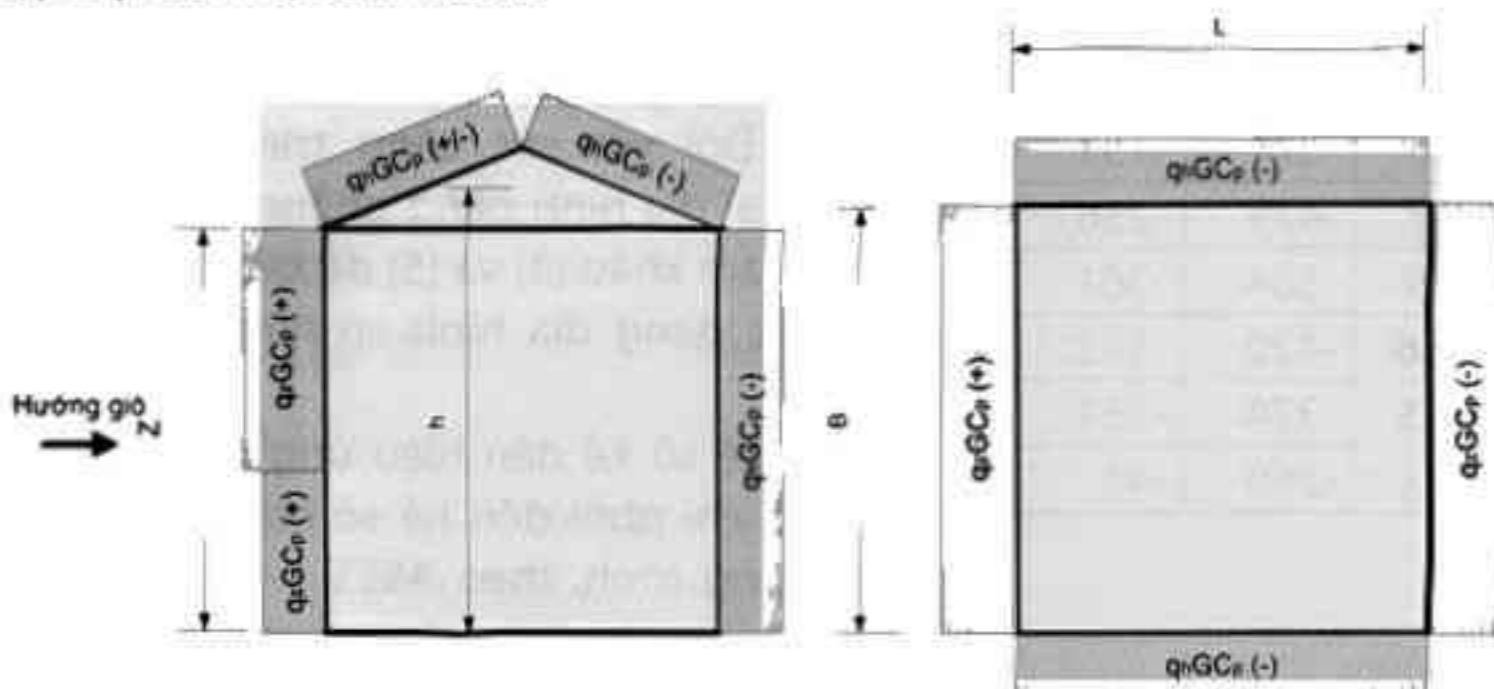
Trong đó: q_z - áp lực tiêu chuẩn tại độ cao z so với mặt đất (N/m²); q_h - áp lực gió tiêu chuẩn tại độ cao trung bình h của mái (N/m²); V - vận tốc gió cơ sở (m/s); các hệ số K_z ; K_{xt} ; K_d đã đề cập ở phần mục 3.2 và 3.3.

3.5 Áp lực gió thiết kế lên kết cấu chính

Đối với dạng nhà có kết cấu cứng, kín hoặc đóng một phần, áp lực gió thiết kế được xác định theo công thức:

$$p = qGC_p - q_i(GC_{pi}) \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Trong đó: $q = q_z$ đối với tường đón gió tại độ cao z so với mặt đất, hoặc $q = q_h$ đối với tường đón gió, tường bên, và đối với mái xết ở độ cao trung bình của mái; $q_i = q_h$ đối với tường đón gió, tường bên, tường khuất gió và mái của nhà kín; và đối với trường hợp xết hệ số GC_{pi} âm khi tính toán nhà đóng một phần; $q_i = q_z$ đối với trường hợp xết hệ số GC_{pi} dương khi tính toán nhà đóng một phần, độ cao z trong trường hợp này là độ cao của lỗ mở cao nhất có thể ảnh hưởng đến áp suất dương GC_{pi} ; đối với các công trình nằm trong vùng có nhiều giông tố, lốc mà vách kính không chịu được va đập hoặc không có lớp bảo vệ chống va đập, thì được coi như lỗ mở; đối với trường hợp xết đến áp suất trong là dương, có thể lấy $q_i = q_h$. Các hệ số G, C_p, GC_{pi} được đã đề cập ở phần mục 3.2 và 3.3.



Hình 1. Áp lực gió thiết kế tác động lên phía ngoài công trình có mái dốc hai phía.

3.6 Các trường hợp tải trọng gió thiết kế

Sau khi xác định được áp lực gió thiết kế theo từng hướng của công trình, ASCE 7-10 qui định phải khảo sát sự làm việc của công trình với bốn trường hợp tải trọng gió thiết kế. Trong mỗi trường hợp tải trọng gió thiết kế là sự tổ hợp các áp lực gió thiết kế theo những phương khác nhau và kết hợp với mômen xoắn tại tâm hình học của công trình. Các trường hợp tải trọng gió thiết kế cụ thể được giới thiệu trong hình 27.4-8 của ASCE 7-10.

Có thể tóm tắt lại bốn trường hợp tải trọng gió thiết kế với công trình cứng như sau:

Trường hợp 1: Áp lực gió thiết kế tác động lên mặt vuông góc với các trục chính của công trình, xét riêng từng trục chính của công trình.

Trường hợp 2: Ba phần tư áp lực gió thiết kế tác động lên mặt vuông góc với mỗi trục chính của công trình, kết hợp với một mômen xoắn tại tâm hình học của công trình; xét riêng từng trục chính của công trình. Giá trị mômen xoắn (tính trên độ cao đơn vị) được xác định theo công thức $M_T = 0,75(P_{wi} + P_{Li})B_i e_i$, trong đó $e_i = \pm 0,15B_i$ với B_i là kích thước công trình vuông góc với phương trục chính i của công trình.

Trường hợp 3: Áp lực gió thiết kế giống như được định nghĩa ở trường hợp 1, tuy nhiên xét trong trường hợp tác dụng đồng thời cả hai phương với 75% giá trị.

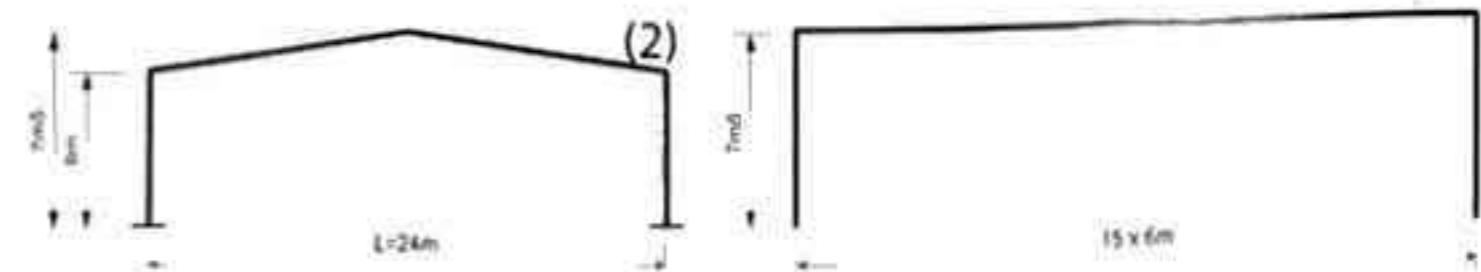
Trường hợp 4: Áp lực gió thiết kế giống như được định nghĩa ở trường hợp 2, tuy nhiên xét trong trường hợp tác dụng thời cả hai phương với 75% giá trị.

Độ lệch tâm e của công trình được tính từ tâm hình học của mặt công trình, có thể mang dấu âm hoặc dương miễn là làm cho nội lực trong công trình lớn nhất.

4. Ví dụ minh họa

4.1 Mô tả công trình và các thông số liên quan đến tải trọng gió

Nhà công nghiệp nhịp 24m, dài 90m không có cấu trúc được xây dựng tại vùng gió II, dạng địa hình tương đương dạng C (ASCE 7-10), bước khung đặt cách đều 6m, chiều cao cột 6m, độ dốc mái 12,5% (góc nghiêng 7°). Công trình được bao kín.

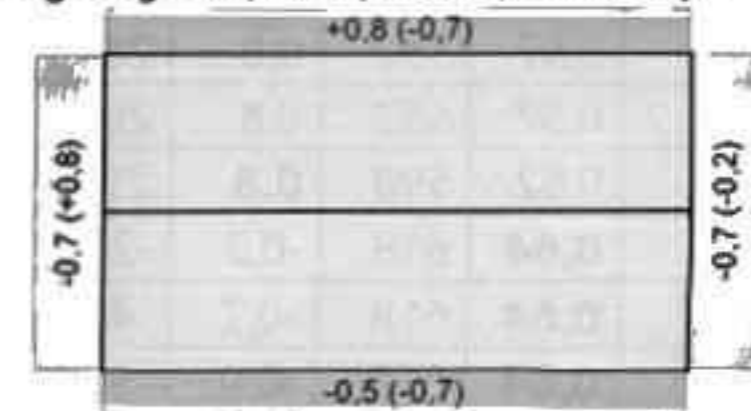


Hình 3. Thông số hình học của công trình.

4.2 Xác định áp lực gió tác dụng lên công trình:

- Vận tốc gió cơ bản được xác định qua áp lực gió với chu kỳ lặp 50 năm, $V = \sqrt{1,2 \times 95 / 0,0613} = 43,12 \text{ (m/s)}$

- Xác định áp lực gió tiêu chuẩn theo công thức (1), giá trị q_z hoặc q_h tham khảo ở Bảng 2 (giá trị in đậm được nội suy).



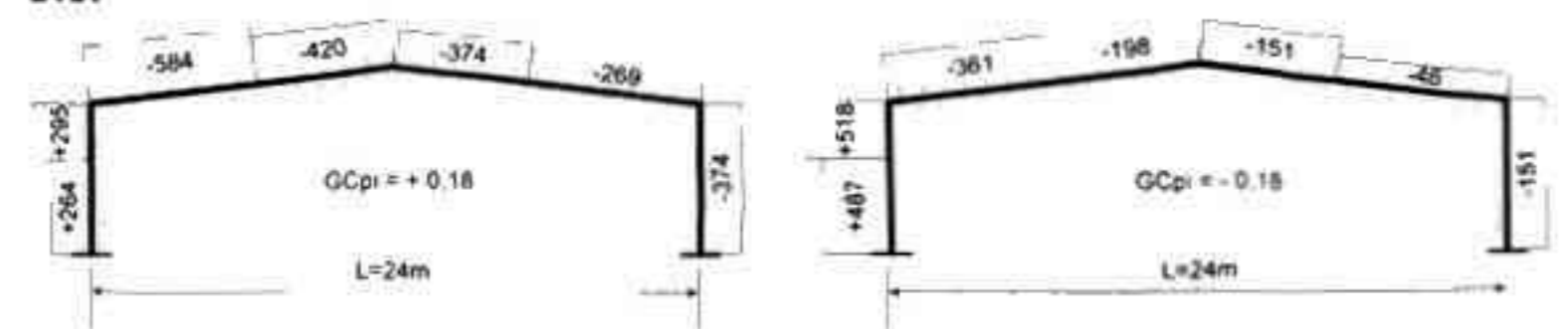
Hình 2. Hệ số khí động C_p bên mặt ngoài tường bao.

- Xác định hệ số khí động bên ngoài công trình: kết quả xác định hệ số khí động C_p trên tường bao và trên mái theo hướng vuông góc và theo hướng song song với đỉnh mái được thể hiện trong Hình 2 và trong Bảng 1 (giá trị trong ngoặc thể hiện hệ số khí động khi gió thổi dọc nhà hay song song với đỉnh nóc) và trên mái.

- Áp lực gió thiết kế lên công trình được xác định theo mục 3.5 cho hai trường hợp hướng gió vuông góc và song song với đỉnh mái được thể hiện trong Bảng 2. Do góc nghiêng nhỏ hơn 10° nên giá trị của áp lực gió thiết kế trong hai trường hợp là tương tự nhau do cùng chung một bảng tra. Tuy nhiên, biểu đồ phân bố áp lực gió thiết kế là khác nhau, xem minh họa Hình 3, Hình 4 và Hình 5.

- Biểu đồ áp lực gió thiết kế tác dụng lên công trình:

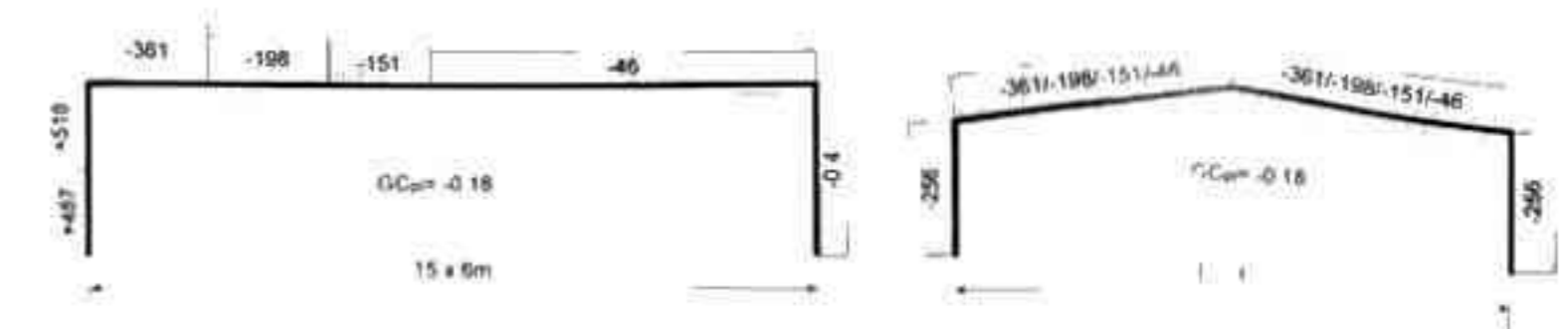
Áp lực gió thiết kế (N/m^2) tác dụng lên công trình được thể hiện từ Hình 3 đến Hình 5. Giá trị của áp lực gió thiết kế được thể hiện trong Bảng 2. Vị trí thay đổi áp lực được xác định theo Bảng 1 và Bảng 2. Các áp lực thiết kế này sau đó được sử dụng làm cơ sở xác định các trường hợp tải trọng gió tác động lên công trình theo hướng dẫn trong mục 3.6.



Hình 3. Áp lực gió thiết kế của trường hợp gió vuông góc với đỉnh mái, $GC_{pi} = +0,18$ và $GC_{pi} = -0,18$.



Hình 4. Áp lực gió thiết kế của trường hợp gió song song với đỉnh mái, $GC_{pi} = +0,18$.



Hình 5. Áp lực gió thiết kế của trường hợp gió song song với đỉnh mái $GC_{pi} = -0,18$.

5. Kết luận

Bài báo đã trình bày cụ thể phương pháp xác định tải trọng gió lên công trình nhà công nghiệp một tầng mái nhẹ, đưa ra một ví dụ tính toán để làm nguồn tham khảo cho các kỹ sư khi thiết kế cũng như thẩm tra. Qua quá trình tính toán, xuất hiện một số khác biệt trong tiêu chuẩn Hoa Kỳ so với tiêu chuẩn Việt Nam và cần được lưu ý:

- Vận tốc gió theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ dựa trên những phép đo với chu kỳ lặp 50 năm, vì vậy cần chuyển đổi áp lực gió theo, từ chu kỳ lặp 20 năm (TCVN 2737-1995) sang chu kỳ lặp 50 năm (ASCE 7-10).

- Đối với các công trình dạng kín (hoặc nửa kín), áp lực gió thiết kế đều liên quan đến hệ số khí động bên trong công trình; tiêu chuẩn Việt Nam không đề cập đến vấn đề này. Vì vậy áp lực gió thiết kế tác động lên một công trình được phân biệt thành nhiều trường hợp, mỗi trường hợp tải trọng lại có sự phân vùng trên công trình.

Để đánh giá chi tiết về sự khác biệt giữa tải trọng gió xác định theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ và tiêu chuẩn Việt Nam, cần những nghiên cứu chuyên sâu hơn nữa. Bài báo này mới chỉ dừng lại ở việc đưa ra quy trình xác định tải trọng theo ASCE 7-10, qua đó chỉ ra một số điểm khác biệt

so với phương pháp xác định tải trọng gió theo TCVN2737-1995 mà tất cả các kỹ sư kết cấu đều quen thuộc.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. American National Standards Institute – ANSI/AISC 360: *Specification for Structural Steel Buildings*, American Institute of Steel Construction, 2010.
2. American National Standards Institute – ANSI/TIA/EIA 222: *Structural Steel Standards for Steel Antenna Towers and Supporting Structures*, Telecommunication Industry Association and Electronic Industries Alliance, 2006.
3. Structural Engineering Institute - ASCE 7 : *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, American Society of Civil Engineers, 2010.
4. Metal Building Manufacturers Association (MBMA) - *Metal Building Systems Manual*, 2012.
5. Kishor C. Mehta, William L. Courlbourne - *Guide to the Wind Load Provisions of ASCE 7-10*, 2013 – ASCE Press.
6. Bộ Xây dựng - *QCVN 02:2009/BXD Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia, Số liệu điều kiện tự nhiên dùng trong Xây dựng*, 2009 – Nhà xuất bản Xây dựng.
7. Bộ Xây dựng – *Quy chuẩn Xây dựng Việt nam, Tập III*, 2011 – Nhà xuất bản Xây dựng.
8. Luận án tiến sỹ - Beitrag zur den Optimierung von Tragwerken aus Stahl mittels Evolutionärer Algorithmen, 2009, Bauhaus University Weimar.