

SỰ SAI KHÁC TRONG TÍNH TOÁN TẢI TRỌNG GIÓ TÁC DỤNG LÊN KHUNG THÉP TIỀN CHẾ THEO TIÊU CHUẨN VIỆT NAM VÀ HOA KỲ

ThS. PHẠM THỊ NGỌC THU

Trường Đại học Xây dựng

Tóm tắt: Ở Việt Nam hiện nay, trong khi các kỹ sư trong nước vẫn chú trọng sử dụng tiêu chuẩn Việt Nam để thiết kế kết cấu khung thép tiền chế nhà công nghiệp thì các công ty đến từ nước ngoài như Zamil Steel, PEB Steel, Kirby Steel,... lại ưu tiên sử dụng tiêu chuẩn Mỹ (ASCE). Điều này sẽ dẫn đến những sai khác nhất định trong kết quả tính toán. Bài báo phân tích những sai khác trong quy trình tính tải trọng gió tác dụng lên khung và nêu lên một số vấn đề cần lưu ý khi áp dụng ASCE trong điều kiện xây dựng nhà thép tiền chế ở Việt Nam.

Từ khóa: Tải trọng gió, khung thép tiền chế, TCVN 2737-1995, ASCE 7-2010.

1. Mở đầu

Khung thép tiền chế nhà công nghiệp là hệ kết cấu được sử dụng rất rộng rãi khi nhu cầu về xây dựng các công trình công nghiệp, các khu công nghiệp đang phát triển mạnh mẽ ở Việt Nam. Đi kèm theo đó, các quy trình thiết kế kết cấu và thi công lắp dựng khung thép tiền chế cũng đòi hỏi độ tin cậy cao. Về mặt thiết kế, bên cạnh hệ thống tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN), các kỹ sư kết cấu vẫn có thể sử dụng các bộ tiêu chuẩn nước ngoài như tiêu chuẩn Châu Âu (EC), tiêu chuẩn Anh (BS),... đặc biệt là tiêu chuẩn Hoa Kỳ (ASCE). Hầu hết các công ty liên doanh thiết kế và sản xuất kết cấu thép nhà tiền chế đều ưu tiên ASCE vì nội dung của tiêu chuẩn đề cập rất đầy đủ quy trình tính toán từ hệ khung chính, hệ khung đầu hồi, hệ mái đến hệ kết cấu phụ như mái đua, kết cấu bao che...

Vấn đề đặt ra là khi vận dụng ASCE vào quy trình thiết kế nhà tiền chế ở Việt Nam, bắt đầu từ tính toán tải trọng, tính toán nội lực đến kiểm tính các cấu kiện chịu lực chính, các kỹ sư kết cấu sẽ gặp khá nhiều điểm khác biệt so với TCVN. Riêng đối với tải trọng gió, sự khác biệt là rất rõ rệt. Bài báo trình bày cụ thể nguyên tắc xác định tải trọng gió tác dụng lên khung thép nhà tiền chế theo Minimum design loads for buildings and other structures ASCE 7-10 và so sánh với kết quả đạt được với Tiêu chuẩn thiết kế tải trọng và tác động TCVN 2737-1995, từ đó kiến nghị một số

vấn đề cần lưu ý khi áp dụng ASCE trong điều kiện xây dựng nhà thép tiền chế ở Việt Nam.

2. Nguyên tắc xác định tải trọng gió tác dụng theo ASCE 7-2010 và so sánh với TCVN 2737-1995

2.1 Áp lực gió đơn vị

ASCE dựa trên phân tích động lượng của trường gió để đưa ra công thức xác định áp lực gió đơn vị q:

$$q = 0.0613 K_z K_{zt} K_d V^2 \quad (\text{daN/m}^2) \quad (1)$$

trong đó:

- K_z là hệ số kể đến sự thay đổi áp lực gió theo độ cao cũng như theo mức độ luồng gió tiếp xúc với địa hình. Để xác định hệ số này, ASCE 7-10 chia các dạng địa hình xây dựng ra làm 3 loại B, C, D.

Hệ số K_z được xác định theo công thức sau:

$$K_z = \begin{cases} 2.01(z/z_g)^{2/\alpha} & \text{nếu } 15\text{ft (4.6m)} \leq z \leq z_g \\ 2.01(15/z_g)^{2/\alpha} & \text{nếu } z < 15\text{ft (4.6m)} \end{cases} \quad (2)$$

với z là chiều cao tính toán (ft), z_g (ft) và α là các hệ số tra bảng 1 phụ thuộc dạng địa hình.

Bảng 1. Giá trị các hệ số z_g và α [6]

Dạng địa hình	α	z_g (ft)
B	7.0	1200 (366m)
C	9.5	900 (274m)
D	11.5	700 (213m)

Ngoài ra cũng có thể tra hệ số K_z theo bảng 28.3-1 [6] phụ thuộc vào chiều cao z và dạng địa hình.

- K_{zt} là hệ số kể đến sự thay đổi áp lực gió khi gió “trườn” lên hoặc đập vào các dạng địa hình khác nhau, ví dụ như sườn đồi, chóp núi hay vách dốc đứng,... K_{zt} được tính toán cụ thể trong mục 26.8 [6]. Trong điều kiện địa hình thông thường, $K_{zt} = 1$;

- K_d là hệ số kể đến tác động của luồng gió theo hướng chính lên công trình. K_d được trình bày cụ thể trong bảng 26.6-1 [6]. Khi tính toán hệ khung chịu lực chính, $K_d = 0.85$;

- V là vận tốc gió (m/s) trong điều kiện tiêu chuẩn luồng gió thổi trong thời gian 3s tại cao độ 10m so với mặt đất tự nhiên, xét ở dạng địa hình C. Giá trị V được trình bày trong bảng 26.5 [6].

2.2 Áp lực gió tác dụng lên hệ kết cấu khung thép nhà công nghiệp

Đối với các công trình nhà công nghiệp thấp tầng dạng kín hoặc có bố trí ô mở, áp lực gió tác dụng được xác định theo công thức:

$$p = q_h (GC_{pf} - GC_{pi}) \quad (daN/m^2) \quad (3)$$

trong đó:

q_h là giá trị áp lực gió tại cao độ mái h (cao độ trung bình của mái dốc) so với mặt đất tự nhiên;

G là hệ số hiệu ứng giật (Gust effect factor), xét đến ảnh hưởng độ rối của gió;

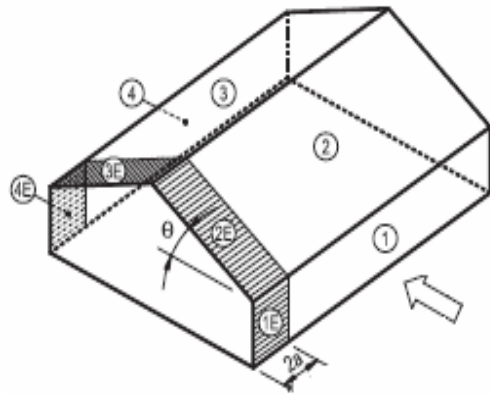
GC_{pf} là hệ số áp lực bên ngoài;

GC_{pi} là hệ số áp lực bên trong.

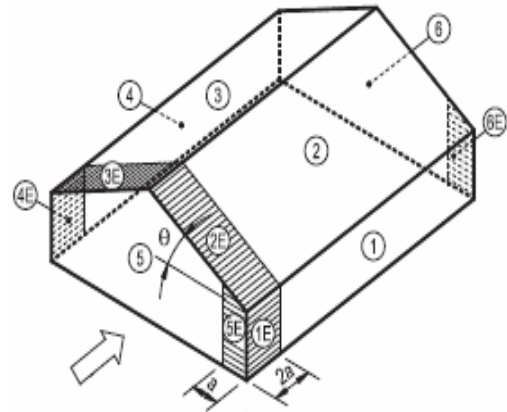
Giá trị của GC_{pf} được xác định từ thí nghiệm trong hầm gió với các mô phỏng tương đối chính xác về đặc điểm tự nhiên của luồng gió như vận tốc, tính chất dòng chuyển động, về đặc điểm hình học và đặc tính bề mặt của công trình thí nghiệm và các công trình lân cận. Giá trị áp lực gió được xem là áp lực tĩnh, giả định theo hướng vuông góc với bề mặt công trình, nếu hướng vào bề mặt thì GC_{pf} mang dấu dương còn hướng ra khỏi bề mặt thì GC_{pf} mang dấu âm.

Dưới đây trình bày các bảng tra hệ số GC_{pf} , phụ thuộc góc dốc θ của mái, áp dụng cho dạng nhà điển hình của khung thép tiền chế nhà công nghiệp là nhà 1 nhịp 2 mái dốc. Trong hình 1 và 2, phạm vi của vùng biên được xác định thông qua trị số $a = \min$ (10% kích thước cạnh nhỏ mặt bằng công trình và

0.4h) và không được nhỏ hơn (4% kích thước cạnh nhỏ mặt bằng công trình và 3ft (0.9m)).



Hình 1. Phân vùng áp lực gió lên hệ kết cấu, nhà 2 mái dốc, gió thổi theo phương ngang nhà [6]



Hình 2. Phân vùng áp lực gió lên hệ kết cấu, nhà 2 mái dốc, gió thổi theo phương dọc nhà [6]

Bảng 2. Giá trị hệ số áp lực bên ngoài, trường hợp gió thổi theo phương ngang nhà [6]

Góc nghiêng θ (độ)	Giá trị GC_{pf} tại các vùng							
	1	2	3	4	1E	2E	3E	4E
0-5	0.4	-0.69	-0.37	-0.29	0.61	-1.07	-0.53	-0.43
20	0.53	-0.69	-0.48	-0.43	0.80	-1.07	-0.69	-0.64
30-45	0.56	0.21	-0.43	-0.37	0.69	0.27	-0.53	-0.48
90	0.56	0.56	-0.37	-0.37	0.69	0.69	-0.48	-0.48

Bảng 3. Giá trị hệ số áp lực bên ngoài, trường hợp gió thổi theo phương dọc nhà [6]

Góc nghiêng θ (độ)	Giá trị GC_{pf} tại các vùng											
	1	2	3	4	5	6	1E	2E	3E	4E	5E	6E
0-90	-0.45	-0.69	-0.37	-0.45	0.40	-0.29	-0.48	-1.07	-0.53	-0.48	0.61	-0.43

QUY CHUẨN – TIÊU CHUẨN

Hình 3 mô tả ảnh hưởng của vị trí ô mở so với hướng gió, gây ra hiệu ứng “phình, xẹp” cho công trình: Nếu ô mở trên bức tường đón gió, gió sẽ làm công trình phình to và GC_{pi} mang dấu dương, nếu ô mở trên bức tường hút gió hoặc vuông góc với hướng gió, gió sẽ làm công trình xẹp xuống và GC_{pi} mang dấu âm.



Hình 3. Ảnh hưởng của vị trí ô mở đến hệ số áp lực bên trong [7]

Hệ số áp lực bên trong phụ thuộc chủ yếu vào tính kín của công trình. ASCE đã chia các công trình xây dựng ra làm 3 loại: nhà kín, nhà kín một phần và nhà hở thông qua tỷ số giữa diện tích các ô mở với diện tích của toàn bộ các bề mặt bao che (xem mục 26.2 [6]). Giá trị GC_{pi} được thể hiện trong bảng 4 dưới đây.

Bảng 4. Giá trị hệ số áp lực bên trong [6]

Loại công trình	Giá trị GC_{pi}
Nhà kín	+0.18
	-0.18
Nhà kín một phần	+0.55
	-0.55
Nhà hở	0.00

Một số điều cần lưu ý khi áp dụng các bảng tra của ASCE:

- Tại những vùng biên của nhà, do tác động tương tác của các tấm tường bao che, hệ số áp lực gió có thay đổi. Vì vậy giá trị áp lực gió tác động lên các khung biên khác so với các khung giữa.

nếu ô mở trên bức tường hút gió hoặc vuông góc với hướng gió, gió sẽ làm công trình xẹp xuống và GC_{pi} mang dấu âm.

- Tùy thuộc vào vị trí ô mở so với hướng gió mà lựa chọn hệ số áp lực tổng theo hệ số áp lực trong âm hoặc dương. Trong thực tế thiết kế sẽ tính luôn cả hai trường hợp này và xét chọn trường hợp nguy hiểm hơn.

- Cho phép sử dụng phép nội suy tuyến tính với góc dốc θ , phép nội suy phải được thực hiện với hệ số áp lực ngoài sau đó kết hợp với hệ số áp lực trong thích hợp để ra hệ số áp lực tổng.

2.3 So sánh với TCVN 2737-1995

Khi tiến hành phân tích so sánh với TCVN 2737-1995 [4], có một số vấn đề khác biệt cần lưu ý sau:

- Cả ASCE 7-10 và TCVN 2737-1995 đều có 3 loại địa hình, cách phân loại địa hình chủ yếu phụ thuộc vào độ nhám bề mặt (thông qua chiều dài độ nhám z_0) và quy luật hàm số mũ mô phỏng vận tốc gió [2]. Có thể tham khảo sự khác nhau giữa hai tiêu chuẩn trong bảng 5.

Bảng 5. So sánh phân loại dạng địa hình theo TCVN 2737-1995 và ASCE 7-10 [2]

TCVN 2737-1995	ASCE 7-10
Dạng A: Địa hình trống trải, không có hoặc có ít vật cản quá 1.5m (theo profile vận tốc gió mà TCVN 2737-1995 sử dụng: $z_0 = 0.002m$, số mũ của quy luật mô phỏng vận tốc gió $\alpha = 0.1$)	Dạng D: Khu vực phẳng và bề mặt biển hồ, $z_0 = 0.0039m$, $\alpha = 0.1$
Dạng B: Khu vực tương đối trống trải, có một số vật cản thưa thớt cao không quá 10m (theo profile vận tốc gió mà TCVN 2737-1995 sử dụng: $z_0 = 0.04m$, $\alpha = 0.15$)	Dạng C: Khu vực thoáng với ít vật cản có chiều cao nhỏ hơn 30ft (9.1m), $z_0 = 0.048m$, $\alpha = 0.15$
Dạng C: Khu vực bị che chắn mạnh, có nhiều vật cản sát nhau cao từ 10m trở lên (theo profile vận tốc gió mà TCVN 2737-1995 sử dụng: $z_0 = 2m$, $\alpha = 0.36$)	Dạng B: Khu vực đô thị, $z_0 = 0.5m$, $\alpha = 0.24$

QUY CHUẨN – TIÊU CHUẨN

Như vậy, một cách gần đúng các dạng địa hình A, B, C theo tiêu chuẩn TCVN 2737-1995 được xem là tương đương với các dạng địa hình D, C, B theo tiêu chuẩn ASCE 7-10.

- TCVN 2737-1995 phân tích vận tốc gió trong khoảng thời gian 3s tại cao độ 10m so với mặt đất tự nhiên nhưng có chu kỳ lặp 20 năm và không phụ thuộc vào loại công trình. Trong khi đó chu kỳ lặp của ASCE 7-10 với dạng nhà công nghiệp khung tiền chế (công trình loại II) là 700 năm. Ta có thể áp dụng công thức của Peterka và Shahid [6] để quy đổi:

$$V_T/V_{50} = 0.36 + 0.1 \ln(12T) \quad (4)$$

trong đó:

V_T là vận tốc gió có chu kỳ lặp T năm;

V_{50} là vận tốc gió có chu kỳ lặp 50 năm.

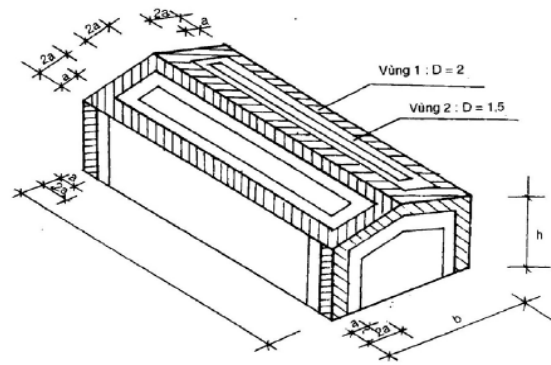
$$\text{Khi đó, ta có } V_{700} = 1.391V_{20} \quad (5)$$

- TCVN 2737-1995 không kể đến sự thay đổi áp lực gió cho các dạng địa hình khác nhau và tác động của luồng gió theo hướng chính lên công trình.

- TCVN 2737-1995 chỉ xét hệ số áp lực gió bên ngoài tức là tải trọng gió chỉ có xu hướng gây nên tác động lên bề mặt bao che chứ không tạo được hiệu ứng cho toàn không gian trong nhà. Các công trình được chia thành loại nhà kín và nhà hở, không xét đến ảnh hưởng của sự tồn tại các ô mở. ASCE 7-10 mô tả sự thay đổi rõ rệt hệ số áp lực trong đối với nhà kín và nhà kín một phần (bảng 4), điều này dẫn đến sai khác lớn so với TCVN 2737-1995.

- TCVN 2737-1995 có xét đến áp lực cục bộ tại các vùng biên khi hệ số áp lực bên ngoài có giá trị âm (tại vị trí tiếp giáp tường ngang, tường dọc, vùng lân cận bờ mái, bờ nóc và chân mái), tuy nhiên áp lực cục bộ này phân phối đều lên các khung chịu lực và chỉ áp dụng cho các công trình có góc dốc mái $\theta > 10^\circ$ (hình 4).

- Trong các công thức tính toán, TCVN 2737-1995 lấy hệ số độ tin cậy của tải trọng gió $\gamma = 1.2$ còn ASCE 7-10 lấy hệ số độ tin cậy $W_{LF} = 1$.



Hình 4. Các vùng chịu áp lực cục bộ [4]

Vùng 1: Có bề rộng a tính từ bờ mái, bờ nóc, chân mái và góc tường.

Vùng 2: Có bề rộng a tiếp giáp với vùng 1.

D: hệ số áp lực cục bộ, được nhân thêm vào hệ số áp lực gió trong công thức tính.

$a = \min(10\% \text{ kích thước cạnh nhỏ nhất công trình và } 1.5m)$.

3. Ví dụ minh họa

Tính tải trọng gió tác dụng lên khung nhà thép tiền chế 1 tầng 1 nhịp 2 mái dốc, dạng nhà kín, nhịp $L=20m$, chiều dài nhà $15B = 15 \cdot 7m = 105m$, chiều cao đỉnh cột $H = 10m$, độ dốc mái $\theta = 10^\circ$.

Tốc độ gió $V = 200km/h$, dạng địa hình C theo ASCE 7-10.

3.1 Theo tiêu chuẩn ASCE-7-10

a. Tính áp lực gió đơn vị theo công thức (1), quy đổi về tải trọng phân bố đều trên khung ta có:

$$q = 0.0613 K_z K_{zt} K_d V^2 B \quad (daN/m)$$

trong đó:

$$V = V_{700} = 200 \text{ km/h} = 55.56 \text{ (m/s)};$$

K_z tính theo công thức (2) và bảng 1 với dạng địa hình C;

$$\text{Cao trình đỉnh cột } H = 10m \rightarrow K_z(H = 10m) = 1.$$

$$\text{Cao trình đỉnh mái } H_m = 10^*(1 + \tan 10^\circ) = 11.76m \rightarrow K_z(H = 11.76m) = 1.036.$$

$$K_z = 0.85;$$

$$K_{zt} = 1;$$

$$\text{Bước khung } B = 7m$$

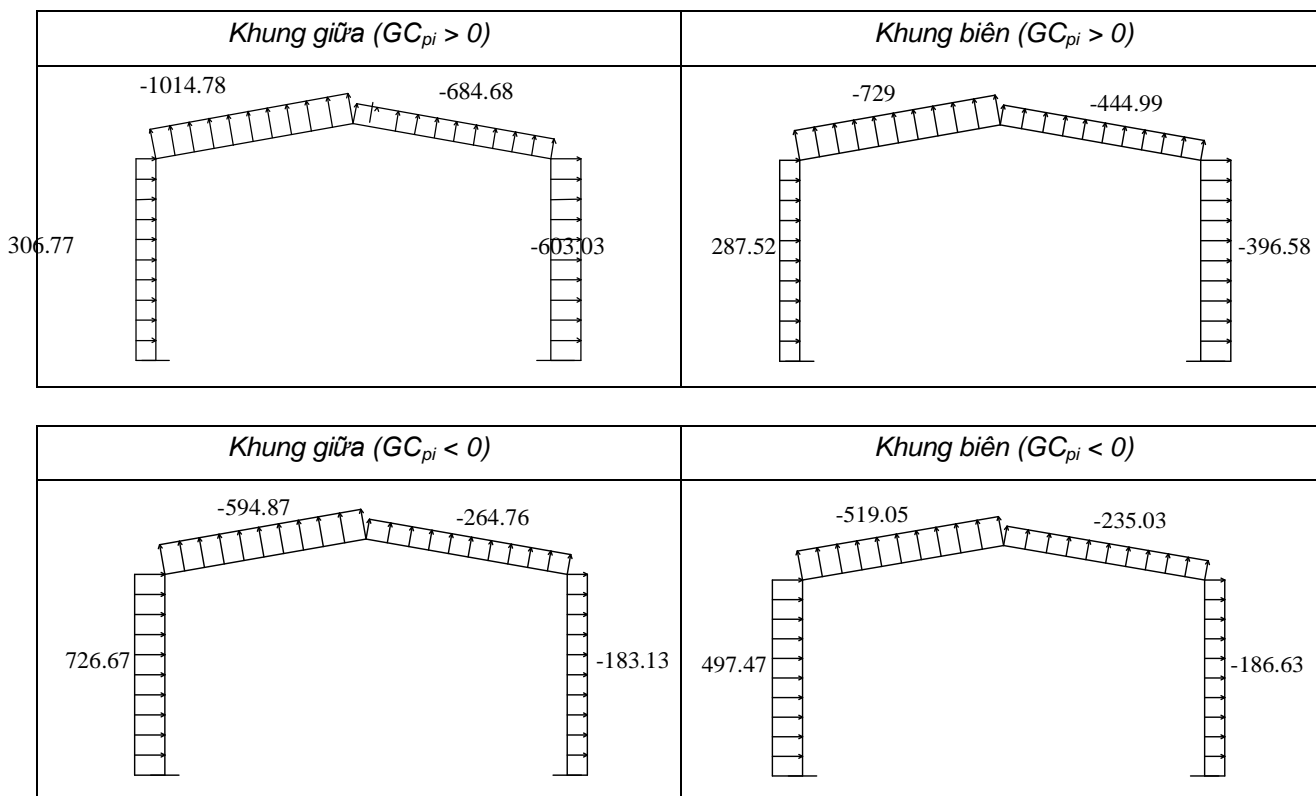
$$\rightarrow q_h = 0.0613 * 1.036 * 1 * 0.85 * 55.56^2 * 7 = 1166.41 \text{ (daN/m)}$$

b. Tính áp lực gió tác dụng lên hệ kết cấu

b1. Tra bảng 2, 4 để tìm ra các hệ số áp lực ngoài GC_{pf} và GC_{pi} cho 2 trường hợp khung giữa và khung biên (dạng nhà kín) khi gió thổi ngang nhà:

Giá trị GC_{pf} tại các vùng							
1	2	3	4	1E	2E	3E	4E
0.443	-0.69	-0.407	-0.337	0.673	-1.07	-0.583	-0.5
Giá trị GC_{pi} tại các vùng							
± 0.18							

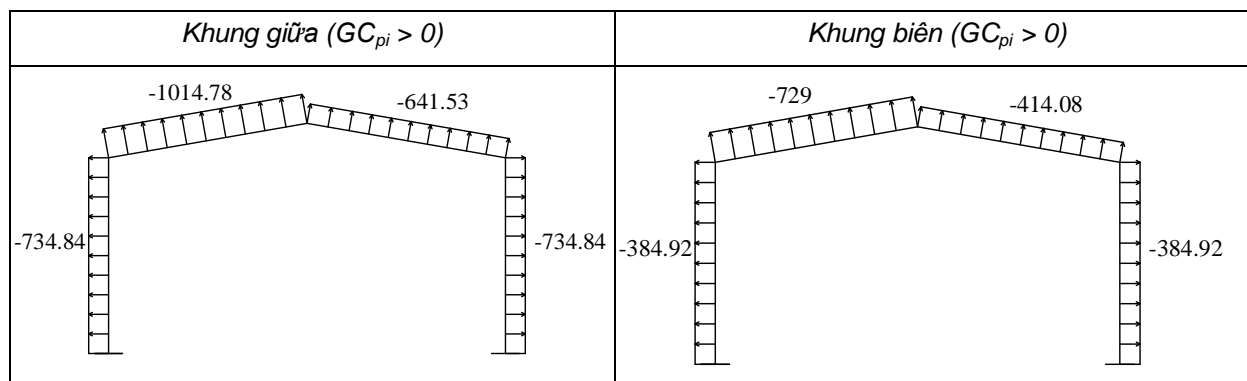
Áp dụng công thức (3), ta có kết quả tải trọng tác dụng lên khung giữa như sau (đơn vị daN/m):

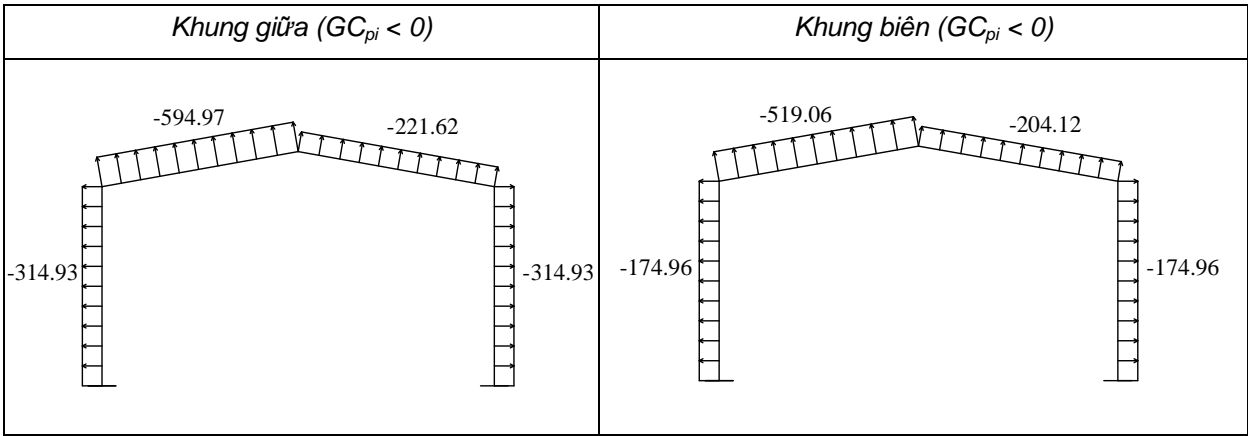


b2. Tra bảng 3, 4 để tìm ra các hệ số áp lực ngoài GC_{pf} và GC_{pi} cho 2 trường hợp khung giữa và khung biên (dạng nhà kín) khi gió thổi dọc nhà:

Giá trị GC_{pf} tại các vùng							
1	2	3	4	1E	2E	3E	4E
-0.45	-0.69	-0.37	-0.45	-0.48	-1.07	-0.53	-0.48
Giá trị GC_{pi} tại các vùng							
± 0.18							

Kết quả tải trọng tác dụng lên khung (đơn vị daN/m)





3.2 Theo tiêu chuẩn TCVN 2737-1995

Vì góc dốc $\theta = 10^\circ$ nên không phải xét đến hệ số áp lực cục bộ. Vì vậy hệ số khí động của khung giữa và khung biên là như nhau.

Công thức tính tải trọng gió tác dụng lên khung xác định như sau:

$$q = W_o * k * C * \gamma * B \quad (daN/m)$$

trong đó:

- $W_o = 0.0613 * V^2$ (công thức 6 [4]).

Ta thực hiện quy đổi vận tốc gió theo công thức (5): $V = V_{20} = V_{700} / 1.391 = 55.56 / 1.391 = 39.94 \text{ (m/s)}$.

$\rightarrow W_o = 0.0613 * 39.94^2 = 97.79 \text{ (daN/m}^2\text{)}$

- Chiều cao đỉnh cột $H = 10m \rightarrow k(H = 10m) = 1$ (bảng 5 [4]) theo dạng địa hình B.

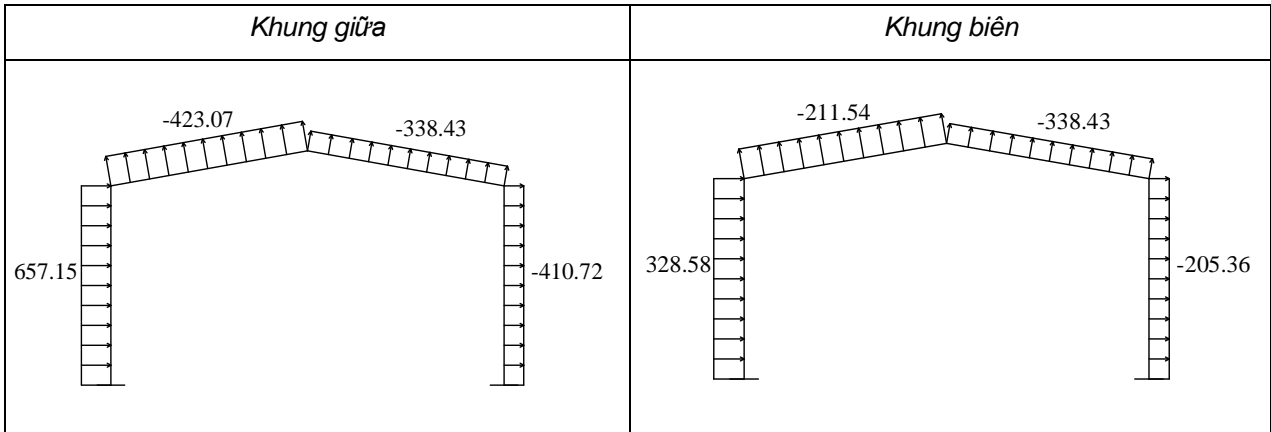
Chiều cao đỉnh mái $H_m = 11.76m \rightarrow k(H_m = 11.76m) = 1.03$.

- Hệ số độ tin cậy của tải trọng gió $\gamma = 1.2$.

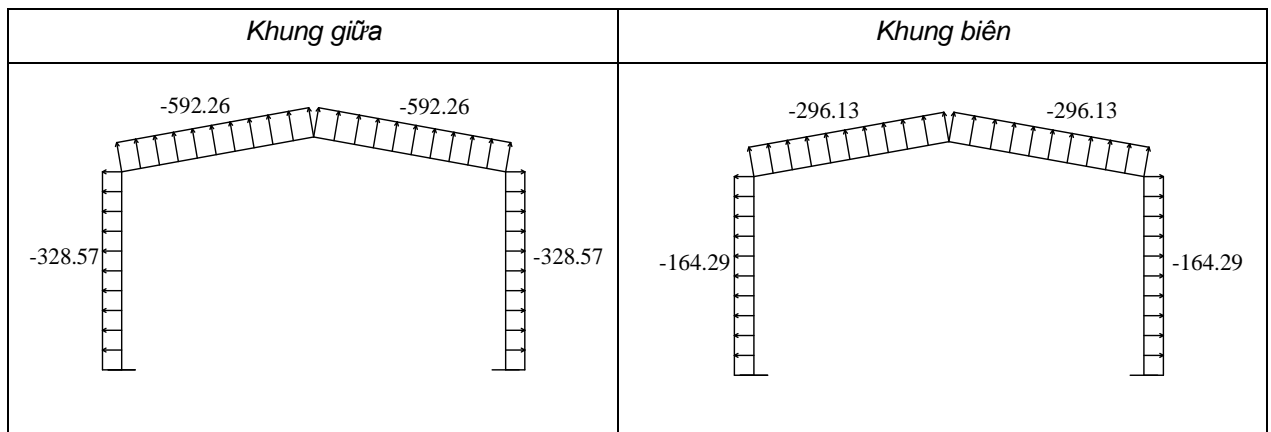
- Bước khung $B = 7m$.

- Hệ số khí động C tra theo sơ đồ 2 bảng 6 [4].

+ Trường hợp gió thổi ngang nhà: $C_e = 0.8$; $C_{e1} = -0.5$; $C_{e2} = -0.4$; $C_{e3} = -0.5$. Ta có kết quả tải trọng tác dụng lên khung như sau (đơn vị daN/m):



+ Trường hợp gió thổi dọc nhà: hệ số khí động ở các mặt mái $C_e = -0.7$; hệ số khí động ở các mặt tường $C_{e3} = -0.4$. Ta có kết quả tải trọng tác dụng lên khung như sau (đơn vị daN/m):



3.3 Nhận xét kết quả thu được

Dựa trên kết quả ví dụ minh họa, ta nhận thấy nguyên tắc xác định tải trọng gió tác dụng lên khung theo ASCE 7-10 xét nhiều trường hợp hơn và giá trị thu được lớn hơn đáng kể so với TCVN 2737-1995 (kể cả tải trọng tác dụng lên cột và xà mái), điều này sẽ dẫn đến các sai lệch về kết quả chuyển vị, kết quả nội lực trong khung khi tiến hành phân tích kết cấu.

4. Kết luận

- Nguyên tắc tính toán tải trọng gió tác dụng lên hệ khung thép nhà tiền chế có rất nhiều điểm khác biệt giữa ASCE 7-10 và TCVN 2737-1995, đặc biệt là ở cách tính vận tốc gió và hệ số khí động. Khi áp dụng ASCE 7-10, người sử dụng có thể quy đổi tương đương số liệu đầu vào của vận tốc gió theo hai hệ tiêu chuẩn nhưng không thể quy đổi hệ số khí động. Cách xác định giá trị hệ số khí động theo ASCE 7-10 xét cả ảnh hưởng của luồng gió đến toàn bộ không gian trong và ngoài nhà nên kết quả thu được chi tiết và rõ ràng hơn TCVN 2737-1995.

- Vì sự sai lệch này nên tác giả khuyến cáo người sử dụng cần áp dụng quy trình thiết kế đồng bộ theo một hệ thống tiêu chuẩn từ lựa chọn sơ đồ kết cấu, xác định tải trọng, xác định nội lực, kiểm tra khả năng chịu lực của các cấu kiện chịu lực để kết quả thu được có độ tin cậy cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Ths. Nguyễn Mạnh Cường, Ths. Đỗ Hoàng Lâm, Ths. Nguyễn Hồng Hải, TS. Đặng Sỹ Lân. (2014), *Tính toán tải trọng gió tác dụng lên hệ mặt dựng kính theo tiêu chuẩn Việt Nam, Hoa Kỳ và Châu Âu*, tr60 – 70 Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng, số 4/2014.
- [2]. TS. Vũ Thành Trung, KS. Nguyễn Quỳnh Hoa. (2013), *Đánh giá profile vận tốc gió theo các tiêu chuẩn của một số nước*, tr3-11 Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng, số 2/2013.
- [3]. PGS.TS. Nguyễn Quang Viên, Ths. Phạm Văn Tư, Ths. Hoàng Văn Quang, (2011), *Kết cấu thép nhà dân dụng và công nghiệp*, Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật.
- [4]. TCVN 2737:1995 *Tải trọng và tác động – Tiêu chuẩn thiết kế*.
- [5]. TCVN 5575:2012 *Kết cấu thép – Tiêu chuẩn thiết kế*.
- [6]. ASCE-7-10 *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*.
- [7]. MBMA 2002 *Metal Building Systems Manual*, Metal Building Manufacturers Association, 2002.

Ngày nhận bài: 28/10/2015.

Ngày nhận bài sửa lần cuối: 16/11/2015.