

TÍNH TOÁN TẢI TRỌNG GIÓ TÁC DỤNG LÊN HỆ MẶT DỰNG KÍNH THEO TIÊU CHUẨN VIỆT NAM, HOA KỲ VÀ CHÂU ÂU

ThS. **NGUYỄN MẠNH CƯỜNG**, ThS. **ĐỖ HOÀNG LÂM**, ThS. **NGUYỄN HỒNG HẢI**
Viện KHCN Xây dựng
TS. Đại úy. **ĐẶNG SỸ LÂN**
Đại học Phòng cháy chữa cháy

Tóm tắt: Hiện nay, ở Việt Nam các công trình xây dựng được hoàn thiện mặt ngoài bằng vật liệu kính đang được thi công ngày một nhiều. Việt Nam là một trong những nước chịu ảnh hưởng lớn bởi gió (bão). Vì vậy, tải trọng gió có tính quyết định đến việc lựa chọn sử dụng các hệ kết cấu mặt dựng kính. Việc tính toán thiết kế hệ mặt dựng này ở Việt Nam vẫn chưa có tiêu chuẩn cũng như chỉ dẫn cụ thể nên nhiều đơn vị tư vấn thiết kế gặp khó khăn đặc biệt là trong việc xác định tải trọng tác dụng do gió. Bài báo này sẽ trình bày về cách tính và các vấn đề cần lưu ý khi tính toán tải trọng do gió tác dụng lên hệ mặt dựng kính theo tiêu chuẩn Việt Nam, Hoa Kỳ và Châu Âu.

Từ khóa: Tải trọng gió, mặt dựng kính, hệ khung xương, hệ lắp ghép kiểu môđun, hệ dạng đỡ điểm,...

1. Mở đầu

Hiện nay, công tác thiết kế kết cấu hệ mặt dựng kính chưa được quan tâm đúng với tầm quan trọng của nó. Hầu hết việc lựa chọn hệ mặt dựng và tính toán cấu kiện đều do nhà thầu thi công nhôm kính thực hiện.

Qua các nghiên cứu tổng quan cho thấy khi sử dụng hệ mặt dựng kính cho công trình thì đa số các trường hợp phá hoại là phá hoại cục bộ, các tấm kính bị thổi bay khỏi mặt dựng và đa số các phá hoại này xảy ra tại các góc của công trình. Do đó, hệ thống mặt

dựng kính cần được thiết kế để đảm bảo khả năng chịu được các lực gió hút, đặc biệt là tại các vị trí góc (phá hoại cục bộ).

Hệ thống tiêu chuẩn của Việt Nam hiện chưa có hướng dẫn đầy đủ về tính toán áp lực gió lên hệ mặt dựng kính và thiết kế kết cấu nhôm nên gây ra khó khăn nhất định trong việc thiết kế. So với tải trọng gió thì tải trọng do động đất ở Việt Nam có xác suất xảy ra thấp trong khi trọng lượng bản thân hệ mặt dựng kính là nhỏ nên tải trọng gió sẽ có ảnh hưởng lớn đến việc lựa chọn và thiết kế hệ mặt dựng kính. Để bổ sung các nội dung chỉ dẫn còn thiếu khi tính toán tải trọng gió tác dụng lên hệ mặt dựng kính, chúng ta có thể tham khảo sử dụng tiêu chuẩn Hoa Kỳ (ASCE), tiêu chuẩn Châu Âu (Eurocode),... Tuy nhiên, khi áp dụng để tính toán tải trọng do gió tác dụng lên hệ mặt dựng sẽ có nhiều điểm khác biệt so với tính toán tải trọng gió tác dụng lên công trình. Vì vậy, việc tìm hiểu tiêu chuẩn để áp dụng cho đúng vào trong tính toán hệ kết cấu mặt dựng kính là cần thiết.

2. Tổng quan về kính và hệ mặt dựng kính sử dụng trong công trình xây dựng

2.1 Đặc tính cơ lý của vật liệu kính

Kính là một loại vật liệu nhân tạo được sử dụng từ khoảng 1500 năm trước công nguyên. Kính có các đặc tính cơ lý cơ bản sau (bảng 1):

Bảng 1. Các đặc tính cơ lý của vật liệu kính [20]

Đặc trưng	Ký hiệu	Giá trị
Khối lượng riêng (18°C)	ρ	2500 kg/m^3
Độ cứng (Knoop)	$\text{HK}_{0,1/20}$	6 Gpa
Hệ số Young (Hệ số đàn hồi)	E	$7 \times 10^{10} \text{ Pa}$
Hệ số Poatxông	μ	0,2
Cường độ chịu uốn đặc trưng	$f_{g,k}$	$45 \times 10^6 \text{ Pa}$
Khả năng chịu nhiệt	C	$0,72 \times 10^3 \text{ J/(kg.K)}$
Hệ số giãn nở trung bình Giữa 20°C và 300°C	α	$9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Khả năng chịu sự thay đổi nhiệt độ đột ngột		40 K^b
Tính dẫn nhiệt	λ	1 W/(m.K)
Khúc xạ ánh sáng (380 nm - 780 nm)	N	1,5
Bức xạ	ε	0,837

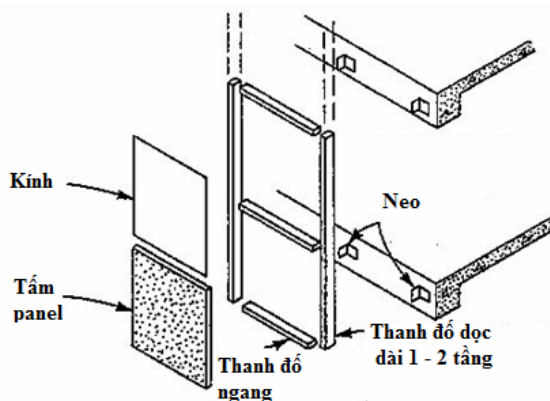
2.2 Các hệ vách kính thông dụng

a. Hệ khung xương (Stick Curtain Wall)

Hệ khung xương là phiên bản lâu đời nhất của hệ mặt dựng kính. Đây là một hệ tường bao ngoài được

liên kết vào kết cấu công trình từ sàn đến sàn. Hệ cấu thành từ nhiều cấu kiện như: Neo sắt hoặc nhôm, thanh đỡ dọc (mullion), đỡ ngang (transom, horizontal mullion), kính, vật liệu cách nhiệt. Hệ khung xương được lắp đặt bằng cách treo thanh đỡ dọc vào mép sàn bằng thép góc, trong khi đó đầu bên dưới được liên kết bằng neo trượt. Các thanh đỡ ngang được gắn vào đỡ dọc để tạo nên các lỗ mở.

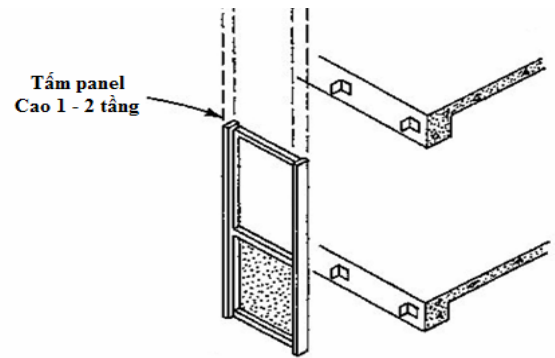
Kết cấu khung chịu lực của hệ có đặc điểm chịu lực tốt, tính toán và thiết kế đơn giản. Vật liệu sử dụng làm khung cho hệ cũng phong phú và dễ sử dụng như: Các thanh nhôm, các thanh hợp kim nhôm hoặc các thanh được làm từ thép có mạ kẽm, thép không rỉ,... Khi thiết kế có thể sử dụng thêm đệm cao su tại các vị trí liên kết giữa gối tựa và hệ kết cấu công trình nhằm hình thành liên kết mềm có tác dụng chống chấn động, chống động đất.



Hình 1. Chi tiết cấu tạo hệ khung xương [11]

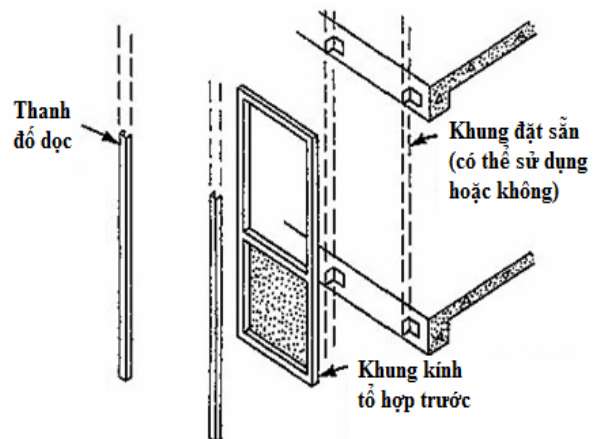
b. Hệ lắp ghép kiểu môđun (Unitized Curtain Wall)

Hệ lắp ghép kiểu môđun có cấu tạo tương tự như hệ khung xương, gồm thanh đỡ dọc, thanh đỡ ngang, neo liên kết. Tuy nhiên, các thanh đỡ dọc, đỡ ngang được chế tạo thành một nửa tiết diện thay vì các thanh hình ống, sau đó được ghép lại khi lắp đặt. Nếu với hệ khung xương chỉ có 2 liên kết cho mỗi thanh đỡ dọc, đỡ ngang thì ở hệ lắp ghép kiểu môđun có đến 3 liên kết. Trong đó 2 liên kết giữa kính và nhôm, liên kết thứ 3 ở khớp nối giữa thanh đỡ dọc và đỡ ngang. Hệ lắp ghép kiểu môđun được ghép sẵn và lắp đặt theo từng panel, giúp đẩy nhanh thời gian thi công. Vật liệu sử dụng làm khung chịu lực cho hệ lắp ghép kiểu môđun phức tạp và khó chế tạo hơn hệ khung xương bởi đòi hỏi nhiều chi tiết, độ chính xác cao để đảm bảo các môđun có thể lắp vào nhau một cách dễ dàng, chặt chẽ và ổn định.



Hình 2. Chi tiết cấu tạo hệ lắp ghép kiểu môđun [11]

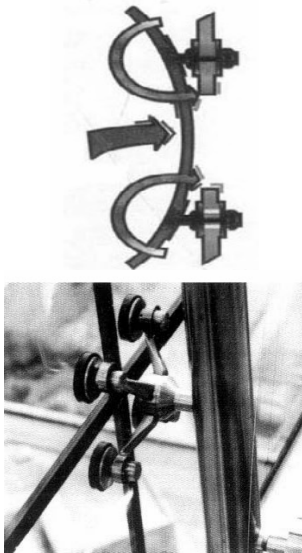
Khi sử dụng cho các toà nhà mà khoảng cách giữa các tầng là lớn, hệ lắp ghép kiểu môđun được tăng cường thêm khả năng chịu lực bằng cách bổ sung các thanh đỡ dọc (ngoài khung xương của các môđun). Các thanh đỡ dọc này được lắp vào công trình tương tự như với hệ khung xương sau đó lần lượt lắp các môđun đơn vị. Lúc này các môđun đơn vị sẽ liên kết với các thanh đỡ dọc và tạo ra một hệ kết cấu chắc chắn hơn.



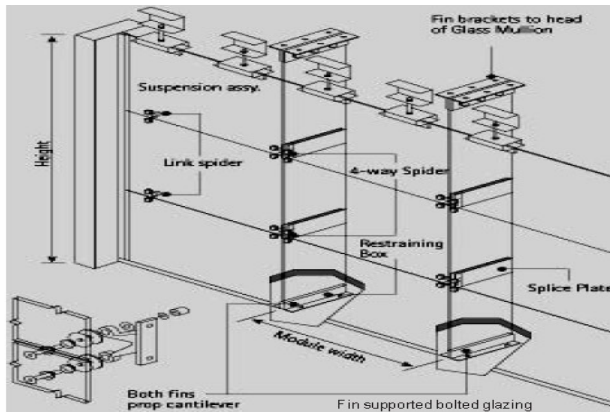
Hình 3. Hệ lắp ghép kiểu môđun có bổ sung thanh đỡ dọc [11]

c. Hệ dạng đỡ điểm (Hệ chân nhện, Spider Curtain Wall)

Hệ dạng đỡ điểm là hệ mặt dựng kính chỉ dùng các chốt giữ kính để tạo thành các điểm liên kết và kết nối các tấm kính lại với nhau. Điểm đỡ có thể là các thanh thép hay bó cáp có cường độ cao làm điểm tựa để cố định các tấm kính thông qua chấu kính (pat) tạo nên hệ chịu lực chính trong mặt dựng kính. Hệ dạng đỡ điểm được phát triển từ mong muốn tạo ra một mặt dựng có kiến trúc đẹp, giúp thỏa mãn nhu cầu thẩm mỹ rất cao, có khả năng đón ánh sáng nhiều nhất do không bị vướng hay cản trở bởi hệ khung đỡ.



Hình 4. Hệ sườn thép [21]



Hình 5. Hệ sườn kính [21]



Hình 6. Hệ dây căng [21]

3. Tải trọng gió tác động lên hệ mặt dựng kính

Thiết kế mặt dựng kính chịu tải trọng ngang (tải trọng gió) là sự quan tâm chính của các kỹ sư thiết kế. Sự phá hoại kết cấu mặt dựng do gió bão gây ra là một hiện tượng hay xảy ra. Khả năng chịu lực của kính chịu ảnh hưởng bởi các yếu tố như bức xạ mặt trời, chi tiết các ô cửa và keo dán, loại kính (kính cường lực hay không cường lực, kính dán hay kính hộp).

Không có phương pháp tính toán chuẩn cho thiết kế của mọi mặt dựng kính với kích thước và hình dáng khác nhau. Mặc dù tất cả các tiêu chuẩn tải trọng và tác động trên thế giới đã thể hiện các vùng có áp lực gió cao tại các góc, diềm mái của công trình. Đặc biệt là các công trình hiện đại có xu hướng không đều đặn, có hình dáng phức tạp và được xây dựng trong vùng có ảnh hưởng mạnh của địa hình và các công trình xung quanh (trung tâm các đô thị lớn), vì vậy thí nghiệm ống thổi khí động để xác định tải trọng gió lên hệ thống bao che là cần thiết. Trong trường hợp không thực hiện được thí nghiệm thì có thể chấp nhận tính toán theo chỉ dẫn của tiêu chuẩn. Trong tất cả các hệ thống tiêu chuẩn khác nhau thì tải trọng gió tác dụng lên công trình được xét đến theo hai dạng là tải trọng gió tổng thể và tải trọng gió cục bộ. Trong đó, tải trọng gió cục bộ là tải trọng gió tác động lên một khu vực cụ thể của bề mặt công trình và là quan trọng nhất đối với hệ mặt dựng kính. So với tải trọng gió tổng thể, tải trọng gió cục bộ có một số điểm khác nhau:

- Tải trọng gió cục bộ bị ảnh hưởng rất nhiều bởi hình dạng của công trình hơn là tải trọng gió tổng thể lên toàn bộ công trình;

- Tải trọng gió cục bộ lớn nhất có thể xảy ra tại bất kỳ vị trí nào trên công trình, trong khi đó tải trọng tổng thể là tổng của các áp lực dương và âm, và xảy ra đồng thời trên toàn bộ bề mặt công trình;

- Cường độ và đặc tính tải trọng gió cục bộ của từng bề mặt công trình là rất khác nhau cho từng hướng gió và vận tốc gió còn tải trọng gió tổng thể chủ yếu khác nhau theo từng hướng gió cụ thể;

- Tải trọng gió cục bộ nhạy cảm với sự tức thời của gió và thường được xác định vận tốc gió giật 3 giây hoặc 1 giây.

Khi thiết kế hệ mặt dựng kính ngoài tính toán tới gió tổng thể còn cần phải chú ý và tính toán tới tải trọng gió cục bộ. Việc tính toán tải trọng gió cục bộ có thể tham khảo theo một số tiêu chuẩn.

3.1 Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN 2737 : 1995)

Giá trị tiêu chuẩn thành phần tĩnh của tải trọng gió ở độ cao z so với mốc chuẩn được xác định theo công thức:

$$W = W_o k c \quad (1)$$

trong đó:

W_o - giá trị áp lực gió theo bản đồ phân vùng;

k - hệ số tính đến sự thay đổi của áp lực gió theo độ cao và dạng địa hình;

c - hệ số khí động;

Hệ số tin cậy của tải trọng gió lấy bằng 1,2.

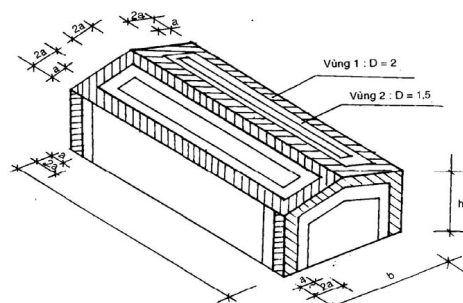
Đối với hệ mặt dựng kính, hệ số khí động với trường hợp gió tổng thể sẽ được lấy theo quy định của mục 6.8 (tính kết cấu của tường ngoài, cột, dầm chịu gió, đồ cửa kính):

$c = +1,0$ khi tính với áp lực dương;

$c = - 0,8$ khi tính với áp lực âm.

Điều 6.10 của tiêu chuẩn có quy định trong trường

hợp áp lực ngoài lên hệ vách dựng có giá trị âm (gió hút) thì khi tính toán sẽ cần xét đến tải trọng cục bộ do gió tại vùng lân cận các đường bờ mái, bờ nóc và chân mái, các cạnh tiếp giáp giữa tường ngang và tường dọc. Phân định các vùng chịu áp lực gió cục bộ như trong hình 7:



Hình 7. Các vùng chịu áp lực cục bộ trên mái (Nguồn hình 1[4])

Bảng 2. Hệ số áp lực cục bộ D (Nguồn bảng 7 [4])

Vùng có áp lực cục bộ	Hệ số D
Vùng 1: Có bề rộng a tính từ bờ mái, bờ nóc, chân mái và góc tường	2
Vùng 2: Có bề rộng a tiếp giáp với vùng 1	1,5

Chú thích:

- Tại các vùng có áp lực cục bộ, hệ số khí động c cần được nhân với hệ số áp lực cục bộ D ;

- Khi tính lực tổng hợp trên 1 công trình, một bức tường hoặc một hệ mái không được sử dụng các hệ số áp lực cục bộ này;

- Bề rộng a lấy bằng giá trị nhỏ nhất trong 3 giá trị sau: $0,1b$, $0,1l$, $0,1h$ nhưng không nhỏ hơn 1,5m, kích thước b , l , h xem trên hình 7;

- Hệ số áp lực cục bộ chỉ áp dụng cho các nhà có độ dốc mái $\alpha > 10^\circ$;

- Khi có mái đua thì diện tích bao gồm cả diện tích mái đua, áp lực phần mái đua lấy bằng phần tường sát dưới mái đua.

Với ảnh hưởng của thành phần động, tiêu chuẩn Việt Nam hiện tại chưa có chỉ dẫn tính toán riêng cho hệ mặt dựng kính nên khi tính toán có thể vận dụng theo công thức sau:

$$W_p = W \zeta v \quad (2)$$

trong đó:

W - giá trị tiêu chuẩn thành phần tĩnh của tải trọng gió ở độ cao;

ζ - hệ số áp lực động của tải trọng gió ở độ cao;

v - hệ số tương quan không gian áp lực động của tải trọng gió.

3.2 Tiêu chuẩn Hoa Kỳ (ASCE 7-2010)

Tiêu chuẩn Hoa Kỳ có quy định riêng cho việc tính toán áp lực gió lên hệ kết cấu bao che với diện tích các cấu kiện (bộ phận) nhỏ hơn $65m^2$. Theo đó việc xác định tải trọng gió lên kết cấu bao che cho các dạng công trình được chia ra làm 06 phần như sau:

Phần 1: Áp dụng cho công trình dạng kín hoặc gần kín:

- Nhà thấp tầng (xem định nghĩa tại mục 26.2 [16]);
- Công trình có chiều cao $h \leq 60$ ft (18,3 m).

Phần 2: Phương pháp tính đơn giản áp dụng cho công trình dạng kín:

- Nhà thấp tầng (xem định nghĩa tại mục 26.2 [16]);
- Công trình có chiều cao $h \leq 60$ ft (18,3 m).

Phần 3: Áp dụng cho công trình dạng kín hoặc gần kín:

Công trình có chiều cao $h > 60$ ft (18,3 m).

Phần 4: Phương pháp tính đơn giản áp dụng cho công trình dạng kín:

Công trình có chiều cao $h \leq 160$ ft (48,8 m).

Phần 5: Áp dụng cho các công trình mở với chiều cao bất kỳ, sử dụng mái dốc, mái dốc một bên, mái có máng xối.

Phần 6: Áp dụng cho các chi tiết phụ như mái đua,

tường chắn mái, thiết bị trên mái.

* Các thông số xác định tải trọng gió bao gồm:

- Vận tốc gió cơ bản V ;
- Hệ số gió theo phương K_d ;
- Phân loại dạng đón gió;
- Hệ số địa hình K_{zt} ;
- Hệ số ảnh hưởng của gió giật;
- Phân loại các dạng bao che;
- Hệ số áp lực trong nhà, ngoài nhà (GC_{pi} , GC_p).

* Áp lực gió

- Theo hệ đơn vị SI, áp lực gió, q_z , tại cao độ z sẽ được tính theo công thức:

$$q_z = 0,0613 K_z K_{zt} K_d V^2 \text{ (daN/m}^2\text{)} \quad (3)$$

trong đó:

K_d - hệ số gió theo phương, với mặt dựng kính $K_d = 0,85$;

K_z - hệ số áp lực theo dạng đón gió, tra theo bảng 30.3-1[16];

K_{zt} - hệ số địa hình, xác định theo mục 26.8[16];

V - vận tốc gió cơ bản là vận tốc gió trung bình trong 3 giây; đo tại độ cao 10m; ứng với dạng địa hình chuẩn C; chu kỳ lặp là 300 năm với công trình cấp I, 700 năm với công trình cấp II và 1700 năm với công trình cấp III, IV (quy định về dạng địa hình chuẩn C và các cấp công trình tuân thủ theo quy định trong [16]).

Áp lực gió tối thiểu tác dụng lên hệ mặt dựng theo mục 30.2.2[16] là $0,77\text{KN/m}^2$.

- Với hệ kết cấu thuộc đối tượng quy định trong phần 1: Áp lực gió thiết kế được xác định theo công thức sau:

$$p = q_h [(GC_p) - (GC_{pi})] \quad (4)$$

trong đó:

q_h , - áp lực gió xác định tại chiều cao công trình h ;

(GC_p) - hệ số áp lực ngoài nhà, tra theo các hình từ 30.4-1[16] đến 30.4-7[16] và 27.4-3[16].

(GC_{pi}) - hệ số áp lực trong nhà, tra bảng 26.11-1[16].

- Với hệ kết cấu thuộc đối tượng quy định trong phần 2: Áp lực gió thiết kế trung bình, p_{net} , là giá trị đặc trưng cho các áp lực trung bình (tổng của áp

lực gió trong và ngoài nhà), được đặt theo phương pháp tuyến với mỗi bề mặt công trình. Giá trị p_{net} được xác định theo công thức:

$$p_{net} = \lambda K_{zt} p_{net30} \quad (5)$$

trong đó:

λ - hệ số điều chỉnh cho chiều cao và hình dạng công trình, tra theo hình 30.5-1[16];

K_{zt} - hệ số địa hình xác định tại chiều cao tham chiếu bằng 0,33 chiều cao công trình ($0,33h$);

p_{net30} - áp lực gió thiết kế trung bình cho dạng địa hình B, tại độ cao $h = 30 \text{ ft}$ ($9,1 \text{ m}$).

- Với hệ kết cấu thuộc đối tượng quy định trong phần 3: áp lực gió thiết kế được xác định theo công thức sau:

$$p = q(GC_p) - q_i(GC_{pi}) \quad (6)$$

trong đó:

$q = q_z$ cho tường chịu gió đẩy, tính toán tại cao độ z ;

$q = q_h$ cho tường chịu gió hút, tường bên, mái, tính toán tại cao độ h ;

$q_i = q_h$ cho tường chịu gió đẩy, tường bên, tường chịu gió hút, mái của công trình dạng kín và áp lực trong nhà có giá trị âm của công trình gần kín;

$q_i = q_z$ cho áp lực trong nhà có giá trị dương của công trình gần kín, với cao độ z được định nghĩa là cao độ của lỗ mở cao nhất của công trình có thể gây ra áp lực trong nhà dương;

(GC_p) - hệ số áp lực ngoài nhà, tra theo các hình từ 30.6-1[16], 30.4-7[16] và 27.4-3[16];

(GC_{pi}) - hệ số áp lực trong nhà, tra bảng 26.11-1[16].

- Với hệ kết cấu thuộc đối tượng quy định trong phần 4: Áp lực gió thiết kế tại các vùng của tường và mái được xác định theo bảng 30.7-2 [16] dựa trên vận tốc gió cơ bản V , chiều cao công trình h , độ dốc mái θ . Áp lực tra theo bảng (p_{table}) sẽ được nhân với hệ số điều chỉnh theo hình dạng công trình (EAF) nếu khác với dạng C. Áp lực trong bảng 30.7-2 [16] dựa trên diện tích tác dụng của gió là 10 ft^2 ($0,93 \text{ m}^2$). Áp lực gió được giảm đối với diện tích lớn hơn dựa trên hệ số giảm (RF) cho trong bảng. Áp lực trên toàn bộ vùng còn lại được đưa ra theo công thức. Áp lực gió thiết kế cuối

cùng được xác định theo công thức sau:

$$p = p_{table}(EAF)(RF)K_{zt} \quad (7)$$

trong đó:

EAF - hệ số điều chỉnh theo hình dạng, tra bảng 30.7-2 [16];

RF - hệ số giảm theo diện tích tác dụng, tra theo bảng 30.7-2 [16];

K_{zt} - Hệ số địa hình, xác định theo mục 26.8[16].

- Với hệ kết cấu thuộc đối tượng quy định trong phần 5: Áp lực gió thiết kế trung bình được xác định theo công thức sau:

$$p = q_h GC_N \quad (8)$$

trong đó:

q_h - áp lực gió xác định tại chiều cao công trình h , là tải trọng gió lớn nhất theo hình dạng công trình mà có thể gây ra tác dụng lớn nhất đối với bất kỳ hướng nào;

G - hệ số ảnh hưởng của gió giật (gust-effect factor), xác định theo mục 26.9[16];

C_N - hệ số áp lực trung bình, tra theo hình 30.8-1[16] đến 30.8-3[16].

- Với hệ kết cấu thuộc đối tượng quy định trong phần 6: áp lực gió được chia riêng thành hệ tường chắn mái và mái đua.

Tường chắn mái: Áp lực gió thiết kế được xác định theo công thức:

$$p = q_p[(GC_p) - (GC_{pi})] \quad (9)$$

trong đó:

q_p - áp lực gió xác định dựa vào cao độ đỉnh tường;

(GC_p) - hệ số áp lực ngoài, tra theo các hình từ 30.4-1[16] đến 30.4-7[16], 30.6-1[16] và 27.4-3[16];

(GC_{pi}) - hệ số áp lực trong, dựa trên độ rỗng của tường bao mái, tra theo hình 26.11-1[16].

Mái đua: Áp lực gió thiết kế cho mái đua được xác định theo công thức:

$$p = q_h[(GC_p) - (GC_{pi})] \quad (10)$$

trong đó:

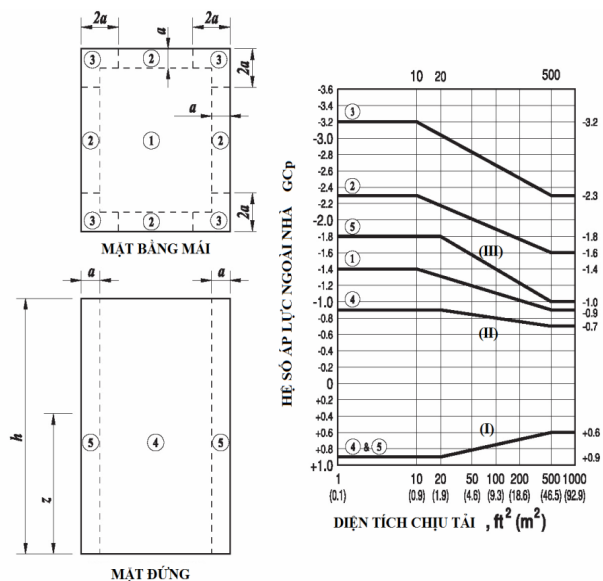
q_h - áp lực gió được xác định ở chiều cao công trình h ;

(GC_p) - hệ số áp lực ngoài, tra theo các hình từ 30.4-2A[16], 30.4-2C[16];

(GC_{pi}) - hệ số áp lực trong, tra theo hình 26.11-1[16].

*** Phân vùng áp lực gió cục bộ trên bề mặt công trình**

Khi tính toán hệ mặt dựng kính dưới tác động của gió phải xét đến các vị trí cục bộ. Phân vùng áp lực gió cục bộ được thể hiện thông qua hệ số áp lực ngoài nhà (GC_p). Đối với từng hình dạng công trình khác nhau sẽ có từng bảng tra tương ứng (GC_p). Thí dụ: Với công trình nhà có mặt bằng hình chữ nhật, mái bằng chiều cao lớn hơn 60ft hệ số áp lực ngoài nhà cho từng khu vực sẽ được tra theo hình sau:



Hình 8. Hình xác định hệ số áp lực cục bộ ngoài nhà, GC_p (Nguồn hình 30.6-1 [16])

Chú thích các nội dung trong hình 8:

- Trong trường hợp gió đẩy, không xuất hiện gió cục bộ, khu vực 4, 5 có cùng giá trị và tra theo đường (I), hệ số (GC_p) có giá trị dương;

- Trong trường hợp gió hút, gió cục bộ xuất hiện ở 2 góc dọc theo chiều cao công trình (khu vực 5), tra bảng theo đường (III), hệ số (GC_p) có giá trị âm;

- Theo đồ thị, áp lực cục bộ đối với mặt đón gió có diện tích nhỏ hơn 20 ft² (1,9 m²) sẽ có giá trị (GC_p) lớn nhất (-1,8), diện tích trong khoảng 20 ft² (1,9 m²) - 500 ft² (46,5 m²) sẽ giảm dần về (-1) và giữ nguyên giá trị này với diện tích lớn hơn 500 ft² (46,5 m²);

- Khoảng giới hạn a của phân vùng 5 bằng 10% của chiều dài cạnh nhỏ mặt bằng công trình, không nhỏ hơn 3 ft (0,9 m).

Hệ số áp lực trong nhà, (GC_{pi}), được xác định theo bảng 26.11-1 [16] dựa theo phân loại các dạng bao che của công trình.

chữ nhật tỷ lệ hai cạnh bình thường thì khu vực này là 1/5 chiều dài đón gió hoặc 2/5 chiều cao công trình tùy (lấy giá trị nhỏ hơn);

- Giá trị c_{pe} phụ thuộc vào diện tích bề mặt tính toán.

Hệ số áp lực trong nhà c_{pi} phụ thuộc vào kích thước và phân bố lỗ mở trên mặt đứng. Áp lực trong nhà của mặt đứng chính được lấy bằng một phần của áp lực ngoài nhà:

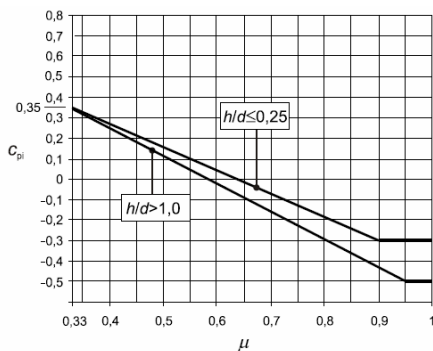
- Khi diện tích lỗ mở mặt đứng chính gấp đôi diện tích lỗ mở của các mặt còn lại:

$$c_{pi} = 0,75 c_{pe} \quad (17)$$

- Khi diện tích lỗ mở mặt đứng chính lớn hơn 3 lần diện tích lỗ mở của các mặt còn lại:

$$c_{pi} = 0,90 c_{pe} \quad (18)$$

- Với công trình không xác định được mặt đứng chính, hệ số áp lực trong nhà c_{pi} được xác định theo hình 10:



Hình 10. Hệ số áp lực trong nhà đối với lỗ mở phân bố đều (Nguồn hình 7.13 [19])

$$\mu = \frac{\text{Tổng diện tích lỗ mở có } c_{pe} \text{ âm hoặc } -0,0}{\text{Tổng diện tích lỗ mở}} \quad (19)$$

- Khi ít nhất hai mặt của công trình (mặt đứng hoặc mái) có tổng diện tích lỗ mở mỗi mặt lớn hơn 30% diện tích mặt đó thì việc tính toán sẽ không thực hiện theo mục này mà thay thế theo mục 7.3 [19] và 7.4 [19].

- Với các dạng khác xem quy định trong mục 7.2.9[19].

Tải trọng gió, F_w , tác động lên kết cấu hoặc bộ phận của kết cấu được xác định bằng cách tổng hợp các lực thành phần $F_{w,e}$, $F_{w,i}$ tính từ áp lực bên ngoài và bên trong sử dụng công thức (20), (21)

$$\text{Lực bên ngoài: } F_{w,e} = C_s C_d * \sum_{surfaces} W_e * A_{ref} \quad (20)$$

$$\text{Lực bên trong: } F_{w,i} = C_s C_d * \sum_{surfaces} W_e * A_{ref} \quad (21)$$

trong đó:

$C_s C_d$ - hệ số phụ thuộc vào đặc điểm kết cấu, với hệ mặt dựng kính $C_s C_d = 1,0$;

W_e - áp lực bên ngoài lên bề mặt kết cấu ở độ cao z_e ;

W_i - áp lực bên trong lên bề mặt kết cấu ở độ cao z_e ;

A_{ref} - diện tích tham chiếu của kết cấu hoặc các bộ phận kết cấu.

4. Ví dụ tính toán

Công trình lựa chọn làm ví dụ tính toán có các thông tin như sau:

- Vị trí xây dựng công trình: địa phận xã Trung Văn, huyện Từ Liêm, thành phố Hà Nội;
- Quy mô công trình: 54 tầng, chiều cao: 184m;
- Hình dạng công trình: hình chữ nhật;
- Diện tích mặt bằng các tầng điển hình: rộng 44m; dài 52m;
- Kích thước ô kính điển hình: 1,2 x 3,6m.

Việc tính toán áp lực gió vào bề mặt công trình trong ví dụ này được áp dụng theo các tiêu chuẩn bao gồm: Việt Nam, Hoa Kỳ và Châu Âu để đối chiếu và đánh giá.

4.1 Tính toán theo tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN 2737:1995)

Vị trí xây dựng công trình thuộc vùng gió IIB có áp lực gió tiêu chuẩn $W_0 = 95 \text{ daN/m}^2$, dạng địa hình là dạng B. Giá trị tiêu chuẩn thành phần tĩnh của tải trọng gió ở độ cao z so với mốc chuẩn được xác định theo công thức $W_{tc} = W_0 k c$. Trong đó:

- Hệ số kể đến sự thay đổi áp lực gió theo độ cao (k) được tra theo bảng 5 - TCVN 2737:1995 ứng với dạng địa hình B;

- Hệ số khí động (c) được lấy bằng +1,0 với mặt đón gió (gió đẩy) và -0,8 với mặt khuất gió (gió hút) trong trường hợp tính gió tổng thể và lấy bằng -1,6 (-0,8*2) trong trường hợp xét đến cục bộ các vị trí thuộc vùng 1 theo hình 1 - TCVN 2737:1995.

Kết quả tính toán áp lực tiêu chuẩn do thành phần tĩnh của tải trọng gió tác dụng lên bề mặt dựng xem trong bảng 4.

Bảng 4. Kết quả tính toán áp lực tiêu chuẩn do thành phần tĩnh của tải trọng gió

Cao độ	Z(m)	k	W_{ttc} (đẩy), daN/m ²	W_{ttc} (hút tổng thể), daN/m ²	W_{ttc} (hút cục bộ), daN/m ²
1	20,0	1,13	107	86	172
2	50,0	1,34	127	102	204
3	120,0	1,56	148	119	237
4	184,0	1,68	160	128	255

Áp lực tiêu chuẩn do thành phần động của tải trọng gió tác dụng lên bề mặt dựng được xác định theo công thức (2): $W_p = W \zeta v$. Thực hiện tính toán với mặt chắn gió là mặt có bề rộng 48m, kết quả tính toán xem trong bảng 5.

Bảng 5. Kết quả tính toán áp lực tiêu chuẩn do thành phần động của tải trọng gió

Cao độ	Z(m)	k	ζ	v	W_{ptc} (đẩy), daN/m ²	W_{ptc} (hút tổng thể), daN/m ²	W_{ptc} (hút cục bộ), daN/m ²
1	20,0	1,13	0,457	0,547	27	21	43
2	50,0	1,34	0,421	0,547	29	23	47
3	120,0	1,56	0,389	0,547	32	25	50
4	184,0	1,68	0,374	0,547	33	26	52

Áp lực gió tính toán lên được xác định bằng cách nhân áp lực gió tiêu chuẩn với hệ số tin cậy của tải trọng gió. Với công trình lựa chọn trong ví dụ tính toán này, hệ số độ tin cậy $\gamma = 1,2$.

Tổng hợp áp lực gió (gồm cả thành phần tĩnh và động) tính toán tác dụng vào hệ mặt dựng xem trong bảng 6.

Bảng 6. Tổng hợp áp lực gió (gồm cả thành phần tĩnh và động) tính toán tác dụng vào hệ mặt dựng

Cao độ	Z(m)	k	W_{tt} (đẩy), daN/m ²	W_{tt} (hút tổng thể), daN/m ²	W_{tt} (hút cục bộ), daN/m ²
1	20,0	1,13	161	129	258
2	50,0	1,34	188	150	301
3	120,0	1,56	216	173	345
4	184,0	1,68	231	185	369

4.2 Tính toán theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ (ASCE 7-2010)

Với quy mô như công trình lựa chọn làm ví dụ, cấp tính toán công trình lấy tương ứng với cấp II theo quy định trong ASCE 7-2010. Theo đó, vận tốc gió tính toán được xác định là vận tốc trung bình trong 3 giây, chu kỳ lặp là 700 năm. Hệ số chuyển đổi vận tốc gió trung bình trong 3 giây từ chu kỳ lặp 20 năm (theo TCVN) sang 700 năm là: 1,391.

Vận tốc gió cơ bản: $V = 1,391 \cdot 39,36 = 57,78$ (m/s).

K_d - hệ số gió theo phương, với mặt dựng kính $K_d = 0,85$;

K_{zt} - hệ số địa hình, với công trình này $K_{zt} = 1,0$;

K_z - hệ số áp lực theo dạng đón gió, tra bảng 30.3-1[16] theo dạng địa hình C.

Công trình ví dụ thuộc phạm vi áp dụng trong phần 3, diện tích mỗi tấm kính là 4,32m². Hệ số áp lực tra theo hình 30.6-1 và 26.11-1[16]:

- Vùng gió có gió hút cục bộ: $GC_{pe} = -1,55$, $GC_{pi} = 0,18$;

- Vùng gió có gió đẩy: $GC_{pe} = 0,82$, $GC_{pi} = -0,18$.

Tổng hợp áp lực gió tác dụng vào hệ mặt dựng xem trong bảng 7.

Bảng 7. Kết quả tính toán áp lực gió tác dụng vào hệ mặt dựng - theo tiêu chuẩn ASCE 7-2010

Cao độ	Z(m)	K_z	q_z , daN/m ²	q_h , daN/m ²	Gió đẩy, daN/m ²	Gió hút cục bộ, daN/m ²
1	20,0	1,16	181	227	199	462
2	50,0	1,40	219		229	468
3	120,0	1,69	264		267	477
4	184,0	1,77	277		277	479

4.3 Tính theo tiêu chuẩn Châu Âu (Eurocode)

Công trình được xây dựng tại Từ Liêm - Hà Nội, tra bảng 4.1 QCVN 02-2009 xác định được vận tốc gió tính trung bình 10 phút, chu kỳ lặp 50 năm là 30,12m/s.

Dạng địa hình tại vị trí xây dựng công trình tương ứng với dạng II theo tiêu chuẩn Eurocode có $z_0 = 0,05\text{m}$, $z_{\min} = 2,00\text{m}$.

Áp lực gió tiêu chuẩn xác định theo công thức $q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 = 56,7 \text{ daN/m}^2$.

Áp lực gió tác dụng lên mặt ngoài được xác định theo công thức: $w_e = q_p \cdot c_e(z_e) \cdot c_{pe}$

Áp lực gió tác dụng lên mặt trong được xác định theo công thức: $w_i = q_p \cdot c_e(z_i) \cdot c_{pi}$

Mặt chắn gió được chọn là mặt có kích thước $b \times h = 52 \times 184 \text{ (m)}$. Khi đó, tỷ lệ kích thước $h/b = 184/48$

$= 3,833 > 2$ nên chiều cao tham chiếu z_e sẽ được lấy cho 03 vùng khác nhau:

- Vùng 1: Từ độ cao 48m trở xuống, z_e được lấy bằng 48m, hệ số $c_e(48) = 3,44$;

- Vùng 2: Từ độ cao 136m trở lên, z_e được lấy bằng 184m, hệ số $c_e(184) = 4,51$;

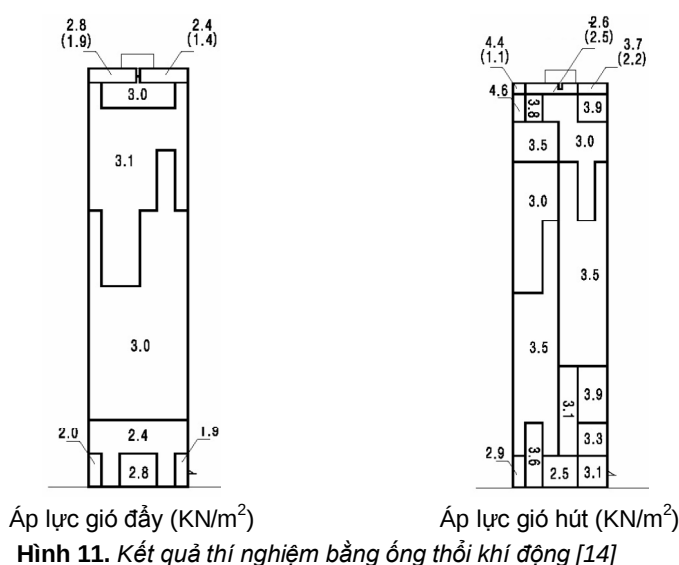
- Vùng 3: Từ độ cao 48m trở lên đến 136m, z_e được lấy chính bằng độ cao tại vị trí tính toán.

Công trình sử dụng tấm kính có kích thước $1,2 \times 3,6 \text{ (m)}$, mỗi tấm kính có diện tích là $4,32 \text{ m}^2$. Do đó, hệ số áp lực ngoài lên tấm kính sẽ lấy $c_{pe,4,32}$. Hệ số áp lực cục bộ lớn nhất tương ứng với vùng A có $c_{pe,4,32} = 1,272$. Các mặt đứng công trình đều được thiết kế tương tự như nhau nên hệ số áp lực trong c_{pi} được tra theo hình 10, Việc xác định giá trị của μ là rất phức tạp nên thiên về an toàn có thể lấy $c_{pi} = 0,35$. Tổng hợp kết quả tính toán áp lực gió hút cục bộ tác dụng vào hệ mặt dựng xem trong bảng 8.

Bảng 8. Kết quả tính toán áp lực gió hút cục bộ tác dụng vào hệ mặt dựng - theo tiêu chuẩn Eurocode

Cao độ	Z(m)	$Z_{e,i} \text{ (m)}$	$c_e \text{ (} Z_{e,i} \text{)}$	c_{pe}	c_{pi}	$W_e, \text{ daN/m}^2$	$W_i, \text{ daN/m}^2$	Tổng gió hút $W_e + W_i, \text{ daN/m}^2$
1	20,0	48	3,44	1,272	0,35	248	68	316
2	50,0	50	3,47	1,272	0,35	250	69	319
3	120,0	120	4,15	1,272	0,35	299	82	382
4	184,0	184	4,51	1,272	0,35	325	90	415

4.4 Kết quả thí nghiệm bằng ống thổi khí động



4.5 Nhận xét đánh giá

Kết quả tính toán áp lực gió hút cục bộ tác dụng lên mặt dựng công trình trong ví dụ trên cho thấy khi

tính toán theo các tiêu chuẩn khác nhau thì giá trị thu được là khác nhau, kết quả tính toán theo tiêu chuẩn Việt Nam cho giá trị nhỏ nhất.

Kết quả tính toán theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ và tiêu chuẩn Châu Âu cho giá trị gần với kết quả thí nghiệm bằng ống thổi khí động hơn.

5. Kết luận

- Với các công trình xây dựng ở Việt Nam có sử dụng hệ mặt dựng kính thì việc tính toán hệ mặt dựng kính dưới tác động của tải trọng do gió (bão) là không thể không kể tới;

- Nên tiến hành thí nghiệm ống thổi khí động để xác định áp lực gió đặc biệt là với các công trình có hình dạng phức tạp. Trong trường hợp không thực hiện được thí nghiệm có thể áp dụng tính toán theo các tiêu chuẩn về tải trọng và tác động. Khi tính toán tải trọng gió lên hệ thống mặt dựng kính cần xét tới ảnh hưởng của áp lực gió cục bộ;

- Tiêu chuẩn Việt Nam có quy định về tính toán gió cục bộ nhưng chưa đầy đủ cho các dạng công trình nên khi tính toán cần tham khảo các tiêu chuẩn nước ngoài: Mỹ, Châu Âu,... như đã trình bày ở phần 3 của bài báo. Khi vận dụng tiêu chuẩn nước ngoài để tính toán cần lưu ý chuyển đổi số liệu đầu vào của vận tốc gió theo tiêu chuẩn Việt Nam (trung bình trong 3 giây với chu kỳ lặp là 20 năm) sang phù hợp với các tiêu chuẩn khác.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. VŨ THÀNH TRUNG, Báo cáo kết quả thí nghiệm hệ thống mặt dựng của công trình tòa nhà PV GAS (Hồ Chí Minh), *Phòng Nghiên cứu Thí nghiệm Gió - Viện KHCN Xây dựng*, 2001.
2. VŨ THÀNH TRUNG, Một số kết quả nghiên cứu về mặt dựng tường kính của nhà cao tầng, *Viện KHCN Xây dựng*, 2012.
3. QCVN 02 : 2009/BXD, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia - số liệu - điều kiện tự nhiên dùng trong xây dựng.
4. TCVN 2737 : 1995 Tải trọng và tác động - Tiêu chuẩn thiết kế.
5. TCVN 5574 : 2012 Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế.
6. TCVN 7505 : 2005 Quy phạm sử dụng kính trong xây dựng – Lựa chọn và lắp đặt.
7. EMIL SIMIU and ROBERT H.SCALAN. Wind effects on Structure.
8. G. JAMES GROUP, Glass Handbook, Australia, 2010.
9. JOHNNY CHOI, Design and Implementation of Curtain Wall System, *Hong Kong*, 2010.
10. N.K. GARG, Guidelines for Use of Glass in Buildings, *New Age International (P) Limited – Publishers, India*, 2007.
11. WONG WAN SIE, WINXIE , Analysis and Design of Curtain Wall Systems for High Rise Buildings, *University of Southern Queensland, Australia*, 2007.
12. YUKAKO NAKAGAMI , Probabilistic Dynamics of Wind Excitation on Glass Facade, *Japan*, 2003.
13. BMT Fluid Mechanics, Keangnam Hanoi Landmark Tower Complex - Hanoi, Vietnam - Wind Tunnel Testing Cladding Pressure Studies, *Viet Nam*, 2008.
14. TE SOLUTION, Report on the Wind Tunnel Test for VINAFOR Tower, *Hanoi, Vietnam*, 2011.
15. AAMA-TIR-A11 - 2004 Maximum Allowable Deflection of Framing Systems for Building Cladding Components at Design Wind Loads.
16. ASCE 7 - 2010: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures.
17. ASTM E 1300-04: Glass Load Design Specification.
18. EN 572-1:2004: Glass in Building - Basic Soda Lime Silicate Glass Products - Part 1: Definitions and General Physical and Mechanical Properties.
19. Eurocode 1: Actions on Structures - Part 1-4: General Actions – Wind Actions.
20. prEN 13474-3:2009 Glass in building - Determination of the Strength of Glass Panes.
21. ĐỖ HOÀNG LÂM, Tính toán hệ mặt dựng kính áp dụng trong nhà cao tầng chịu tải trọng gió ở Việt Nam, *Luận văn thạc sỹ kỹ thuật – Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội*, 2013.

Ngày nhận bài sửa: 02/11/2014.