



BỘ XÂY DỰNG
Ministry of Construction

VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG
Vietnam Institute for Building Science and Technology

Add: 81 Trần Cung - Nghĩa Tân - Cầu Giấy - Hà Nội - Tel: 84.4.37544196 - Fax: 84.4.38361197
Website: www.ibst.vn - Email: vkcnxd@ibt.vn

HƯỚNG DẪN XÁC ĐỊNH TẢI TRỌNG GIÓ

**Đề tài: "Nghiên cứu biên soạn hướng dẫn tính toán tải trọng và
tác động theo TCVN 2737:2023"**

Mã số: RD 32-24

Hà Nội, 2025



BỘ XÂY DỰNG
Ministry of Construction

VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG
Vietnam Institute for Building Science and Technology

Add: 81 Trần Cung - Nghĩa Tân - Cầu Giấy - Hà Nội - Tel: 84.4.37544196 - Fax: 84.4.38361197
Website: www.ibst.vn - Email: vkhcnxd@ibst.vn

HƯỚNG DẪN XÁC ĐỊNH TẢI TRỌNG GIÓ

**Đề tài: "Nghiên cứu biên soạn hướng dẫn tính toán tải trọng
và tác động theo TCVN 2737:2023"**

Mã số: RD 32-24

Chủ trì: TS. Vũ Thành Trung
ThS. Đỗ Văn Mạnh
ThS. Hồ Hữu Thắng
ThS. Nguyễn Ngọc Huy
KS. Tống Sĩ Biển
ThS. Quách Thanh Phúc
và các CTV khác

Hà Nội, ngày tháng năm 2025
THỦ TRƯỞNG CƠ QUAN
CHỦ TRÌ TIÊU CHUẨN

Hà Nội, ngày tháng năm 2025
CHỦ TRÌ TIÊU CHUẨN

TS. Vũ Thành Trung

MỤC LỤC

Lời giới thiệu.....	5
1. Phạm vi áp dụng.....	7
2. (10) Hướng dẫn xác định tải trọng gió.....	7
2.1 (10.1) Yêu cầu chung	7
2.2 (10.2) Tải trọng gió chính	7
2.3 (Phụ lục C) Phương pháp xác định mốc chuẩn	18
2.4 (Phụ lục D) Minh họa các dạng địa hình.....	19
2.5 (Phụ lục E) Một số công thức đơn giản tính hệ số hiệu ứng giạt G_f và kích thước tương đương cho một số mặt bằng phức tạp của công trình	20
2.6 (Phụ lục F) Hệ số khí động	23
PHỤ LỤC 1 PROFILE VẬN TỐC GIÓ THEO MỘT SỐ TIÊU CHUẨN TRÊN THẾ GIỚI	109
PHỤ LỤC 2 HỆ SỐ HIỆU ỨNG GIẠT VÀ HỆ SỐ ĐỘ TIN CẬY VỀ TẢI TRỌNG GIẠT	125
PHỤ LỤC 3 HỆ SỐ HIỆU ỨNG GIẠT CHO CỘT ĐIỆN VÀ DÂY DẪN ĐIỆN.....	136
PHỤ LỤC 4 CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN ĐỐI VỚI TẢI TRỌNG GIÓ THEO CÁC TIÊU CHUẨN KHÁC NHAU	144
PHỤ LỤC 5 HỆ SỐ ĐỘ TIN CẬY VỀ TẢI TRỌNG γ_f ĐỐI VỚI TẢI TRỌNG GIÓ	146

Lời giới thiệu

Trong bối cảnh ngành xây dựng tại Việt Nam đang phát triển mạnh mẽ cả về quy mô lẫn yêu cầu kỹ thuật, việc áp dụng đúng và đầy đủ các tiêu chuẩn kỹ thuật trong thiết kế và thi công là điều kiện tiên quyết để đảm bảo chất lượng, an toàn và hiệu quả cho các công trình xây dựng. Một trong những tiêu chuẩn quan trọng nhất trong lĩnh vực thiết kế kết cấu là TCVN 2737:2023 Tải trọng và tác động, quy định các yêu cầu, quy định về tải trọng và tổ hợp tải trọng trong tính toán kết cấu nhà và công trình. Tuy nhiên, với nhiều nội dung mới so với phiên bản trước đó (TCVN 2737:1995), việc hiểu và áp dụng tiêu chuẩn này một cách chính xác là rất cần thiết với các kỹ sư, các đơn vị tư vấn...

Do vậy, nhóm nghiên cứu thực hiện đề tài "Nghiên cứu biên soạn hướng dẫn tính toán tải trọng và tác động theo TCVN 2737:2023", mã số RD 32-24 đã biên soạn tài liệu "Hướng dẫn xác định tải trọng gió". Tài liệu này là kết quả của quá trình tổng hợp, phân tích, đối chiếu giữa các quy định trong tiêu chuẩn với thực tiễn thiết kế xây dựng công trình tại Việt Nam.

Hướng dẫn không chỉ đưa ra các bình luận, làm rõ nội dung tiêu chuẩn mà còn chú trọng đến tính ứng dụng thực tiễn thông qua nhiều ví dụ cụ thể. Mỗi ví dụ đều đi kèm với sơ đồ minh họa, số liệu cụ thể và cách tính từng bước, giúp kỹ sư có thể dễ dàng tra cứu và áp dụng.

Ngoài ra, hướng dẫn còn tích hợp các phụ lục chuyên sâu như:

- Profile vận tốc gió theo một số tiêu chuẩn trên thế giới;
- Hệ số hiệu ứng giật và hệ số độ tin cậy về tải trọng giật;
- Hệ số hiệu ứng giật cho cột điện và dây dẫn điện;
- Các thông số cơ bản đối với tải trọng gió theo các tiêu chuẩn khác nhau;
- Hệ số độ tin cậy về tải trọng đối với tải trọng gió.

Trong Hướng dẫn, số hiệu các đầu mục, bảng, hình vẽ, công thức được đánh số lần lượt, các số hiệu tương ứng của TCVN 2737:2023 được ghi trong ngoặc đơn.

Tài liệu này có thể có các vấn đề chưa được đề cập hoặc ví dụ tính toán chưa bao quát hết các trường hợp thực tế xảy ra, người đọc có thể tự tìm hiểu hoặc tham khảo ở các tài liệu kỹ thuật khác.

Hướng dẫn này có thể dùng làm tài liệu tham khảo cho kỹ sư, sinh viên và các cá nhân, tổ chức có liên quan, cũng như làm cơ sở để biên soạn tài liệu giảng dạy trong các cơ sở đào tạo chuyên ngành Kỹ thuật xây dựng.

Mặc dù đã rất cố gắng trong việc rà soát và trình bày nội dung, nhưng chắc chắn không thể tránh khỏi những thiếu sót. Nhóm biên soạn mong nhận được sự đóng góp ý kiến từ người đọc để hoàn thiện tài liệu hơn nữa.

Trân trọng cảm ơn!

DRAFT

1. Phạm vi áp dụng

Hướng dẫn này đưa ra các yêu cầu và hướng dẫn tính toán, xác định tải trọng gió lên kết cấu nhà và công trình xây dựng.

Hướng dẫn này được biên soạn theo TCVN 2737:2023 và các tài liệu khác có liên quan.

2. (10) Hướng dẫn xác định tải trọng gió

2.1 (10.1) Yêu cầu chung

2.1.1 (10.1.1) Điều này áp dụng cho công trình có chiều cao không lớn hơn 200 m hoặc nhịp không lớn hơn 150 m.

Bình luận: Đối với công trình có chiều cao lớn hơn 200 m hoặc nhịp lớn hơn 150 m hoặc công trình có hình dạng phức tạp thì cần tiến hành thí nghiệm trong ống thổi khí động hoặc tham khảo ý kiến chuyên gia.

2.1.2 (10.1.2) Đối với nhà và công trình phải xét các tác động do gió gây ra sau đây:

- a) Dạng chính của tải trọng gió (hay còn gọi là “tải trọng gió chính”, xem 2.2 (10.2));
- b) Dạng kích động xoáy cộng hưởng (vortex shedding);
- c) Dao động mất ổn định khí động dạng uốn (galloping), xoắn vặn (divergence), uốn-xoắn (flutter).

2.1.3 (10.1.3) Dạng chính của tải trọng gió liên quan tới tác động trực tiếp của gió lớn nhất lên nhà và công trình cho các vị trí xây dựng và phải được kể đến khi thiết kế mọi nhà và công trình.

2.1.4 (10.1.4) Dạng kích động xoáy cộng hưởng và dao động mất ổn định khí động phải được kể đến đối với nhà, kết cấu bụng đặc hoặc các phần riêng lẻ của chúng mà có trục trung tâm thẳng (hoặc gần thẳng), cũng như có hình dạng và kích thước tiết diện ngang không đổi hoặc thay đổi uyển chuyển với độ mảnh hiệu dụng $\lambda_e > 20$, trong đó λ_e được xác định theo F.18. Tiêu chí xảy ra dao động mất ổn định khí động được quy định trong các tiêu chuẩn thiết kế. Khi thiết kế công trình thì cần sử dụng các giải pháp kiến trúc và giải pháp kết cấu để không xảy ra dao động mất ổn định khí động.

2.1.5 (10.1.5) Dao động mất ổn định khí động dạng uốn, xoắn vặn, uốn-xoắn được nêu trong các tiêu chuẩn khác có liên quan đến tải trọng gió hoặc trong các tài liệu kỹ thuật chuyên ngành.

2.1.6 (10.1.6) Hệ số độ tin cậy về tải trọng γ_f đối với tải trọng gió chính được lấy bằng 2,1; khi tính toán kích động xoáy cộng hưởng thì hệ số độ tin cậy về tải trọng γ_f lấy bằng 1,0.

Bình luận: Diễn giải lựa chọn hệ số độ tin cậy về tải trọng γ_f đối với tải trọng gió chính được lấy bằng 2,1 được trình bày tại Phụ lục 5.

2.2 (10.2) Tải trọng gió chính

2.2.1 (10.2.1) Tải trọng gió W tác dụng lên công trình được xem xét theo một trong hai phương án.

Theo phương án một, tải trọng W gồm các thành phần:

- a) Áp lực pháp tuyến W_e tác dụng vào mặt ngoài của công trình hoặc cấu kiện.
- b) Áp lực ma sát W_f hướng theo tiếp tuyến với mặt ngoài và tính trên diện tích hình chiếu bằng (đối với mái răng cưa hoặc lượn sóng và mái có cửa trời) hoặc tính trên diện tích hình chiếu đứng (đối với tường có ban công hoặc lô gia và các kết cấu tương tự).
- c) Áp lực pháp tuyến W_i tác dụng vào các mặt trong của công trình có tường bao che không kín, tường có lỗ cửa tự mở hoặc mở thường xuyên.

Bình luận: TCVN 2737:2023 sử dụng phương án một cho xác định tải trọng gió.

Theo phương án hai, tải trọng W gồm các thành phần:

- a) Các áp lực pháp tuyến W_x và W_y do áp lực gió ngoài gây bởi tổng lực cản của công trình theo hướng các trục x và y (x và y là các trục trên mặt bằng công trình).
- b) Mô men xoắn W_{Mz} đối với trục z (trục z theo phương thẳng đứng).

CHÚ THÍCH: Để xác định mô men xoắn W_{Mz} , có thể tham khảo các tiêu chuẩn khác có liên quan đến tải trọng gió hoặc các tài liệu kỹ thuật chuyên ngành.

2.2.2 (10.2.2) Giá trị tiêu chuẩn của tải trọng gió W_K tại độ cao tương đương z_e được xác định theo công thức:

$$W_K = W_{3s,10} \cdot k(z_e) \cdot c \cdot G_f \quad (1 \text{ (10)})$$

trong đó:

$W_{3s,10}$ là áp lực gió 3 s ứng với chu kỳ lặp 10 năm: $W_{3s,10} = (\gamma_T W_0)$ với γ_T là hệ số chuyển đổi áp lực gió từ chu kỳ lặp từ 20 năm xuống 10 năm, lấy bằng 0,852; W_0 là áp lực gió cơ sở (xem 3.1.1), tính bằng daN/m², tương ứng với vận tốc gió cơ sở V_0 (xem 3.1.24). W_0 được xác định theo 2.2.3 (10.2.3);

$k(z_e)$ là hệ số kể đến sự thay đổi áp lực gió theo độ cao và dạng địa hình tại độ cao tương đương z_e (xem 2.2.4 (10.2.4)) và được xác định theo 2.2.5 (10.2.5);

c là hệ số khí động, xác định theo 2.2.6 (10.2.6);

G_f là hệ số hiệu ứng giật, xác định theo 2.2.7 (10.2.7).

CHÚ THÍCH: Hệ số γ_T đã được xác định dựa theo các số liệu tại Bảng 5.2 của [1].

2.2.3 (10.2.3) Áp lực gió cơ sở W_0 được lấy theo phân vùng gió trên lãnh thổ Việt Nam theo địa danh hành chính hoặc theo bản đồ phân vùng áp lực gió nêu trong QCVN 02 :2022/BXD. Giá trị W_0 nêu trong Bảng 1 (7) được trích dẫn từ 5.2 trong QCVN 02 :2022/BXD.

Bảng 1 (7) – Giá trị của áp lực gió cơ sở W_0 theo bản đồ phân vùng áp lực gió trên lãnh thổ Việt Nam

Vùng áp lực gió trên bản đồ	I	II	III	IV	V
-----------------------------	---	----	-----	----	---

W_0 , daN/m ²	65	95	125	155	185
----------------------------	----	----	-----	-----	-----

Đối với các công trình xây dựng ở những vùng có địa hình phức tạp (núi cao, hẻm núi, giữa hai dãy núi song song, các cửa đèo, cửa sông lớn, v.v...), giá trị của áp lực gió cơ sở W_0 phải lấy theo số liệu của Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu hoặc Tổng cục Khí tượng Thủy văn (Bộ Tài nguyên và Môi trường) hoặc cơ quan chuyên môn khác có thẩm quyền cung cấp hoặc kết quả khảo sát xây dựng đã được xử lý có kể đến kinh nghiệm sử dụng công trình. Khi đó giá trị áp lực gió cơ sở W_0 , tính bằng decaniuton trên mét vuông (daN/m²), được xác định theo công thức:

$$W_0 = 0,0613V_0^2 \quad (2 \text{ (11)})$$

trong đó: V_0 xem 3.1.24 của TCVN 2737:2023.

Sơ đồ xác định tải trọng gió theo TCVN 2737:2023 được thể hiện trong Hình 1.

2.2.4 (10.2.4) Độ cao tương đương z_e xác định như sau:

a) Đối với tháp, trụ, ống, kết cấu rỗng và tương tự: $z_e = z$;

b) Đối với nhà:

1) Khi $h \leq b$: $z_e = h$

2) Khi $b < h \leq 2b$:

$z > b$ $z_e = h$

$0 < z \leq b$ $z_e = b$

3) Khi $h > 2b$:

$z \geq h - b$ $z_e = h$

$b < z < h - b$ $z_e = z$

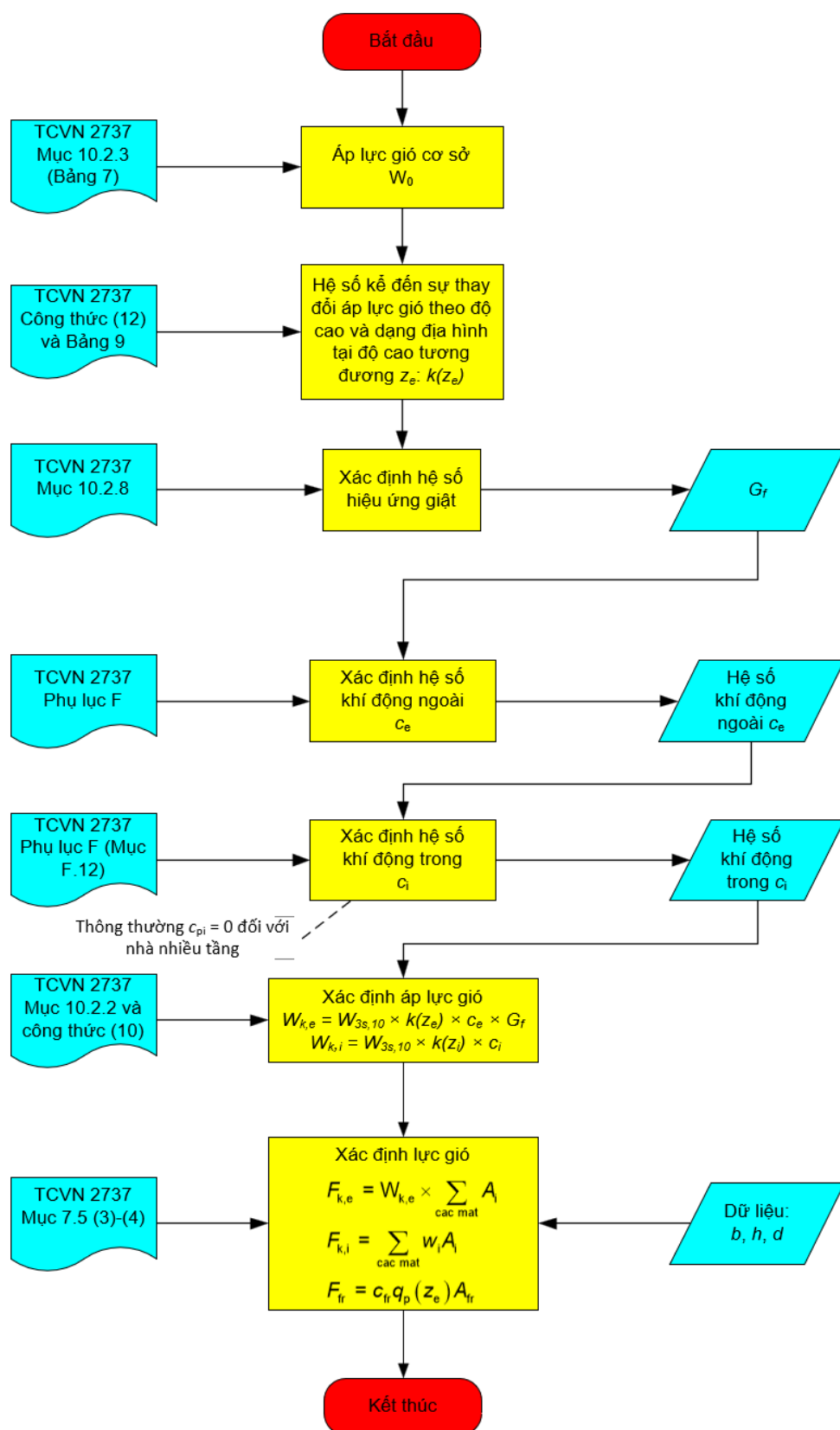
$0 < z \leq b$ $z_e = b$

trong đó:

z là độ cao so với mặt đất (khi mặt đất xung quanh nhà và công trình không bằng phẳng thì mốc chuẩn để tính độ cao z được xác định theo 2.3 (Phụ lục C));

b là chiều rộng của nhà (không kể khối đế), vuông góc với hướng gió;

h là chiều cao của nhà.



Hình 1 – Sơ đồ xác định tải trọng gió theo TCVN 2737:2023

2.2.5 (10.2.5) Giá trị của hệ số $k(z_e)$, kể đến sự thay đổi áp lực gió theo độ cao z_e so với mốc chuẩn và dạng địa hình, được xác định theo công thức:

$$k(z_e) = 2,01 \left(\frac{z_e}{z_g} \right)^{2/\alpha} \quad (3 (12))$$

trong đó:

z_e được xác định theo 2.2.4 (10.2.4); z_e lấy không nhỏ hơn $z_{\min}$ theo Bảng 2 (8);

z_g là độ cao gradient, được xác định phụ thuộc vào dạng địa hình, lấy theo Bảng 2 (8);

α là hệ số dùng trong hàm lũy thừa đối với vận tốc gió 3s (lấy trung bình trong khoảng thời gian 3 s), được xác định phụ thuộc vào dạng địa hình, lấy theo Bảng 2 (8).

Bảng 2 (8) – Các hệ số z_g , $z_{\min}$ và α

Dạng địa hình	Mô tả dạng địa hình	Giá trị z_g , m	Giá trị $z_{\min}$, m	Giá trị α
A	Trống trải, không có hoặc có rất ít vật cản cao không quá 1,5 m (bờ biển thoáng, mặt sông, hồ lớn, đồng muối, cánh đồng không có cây cao...), xem Hình D.1, Phụ lục D.	213,36	2,13	11,5
B	Tương đối trống trải, có một số vật cản thưa thớt cao không quá 10 m (vùng ngoại ô ít nhà, thị trấn, làng mạc, rừng thưa hoặc rừng non, vùng trồng cây thưa...), xem Hình D.2, Phụ lục D.	274,32	4,57	9,5
C	Bị che chắn mạnh, có nhiều vật cản sát nhau cao từ 10 m trở lên (trong thành phố, vùng rừng rậm...), xem Hình D.3, Phụ lục D.	365,76	9,14	7,0

Bình luận: Các dạng định hình và các dạng profile vận tốc gió theo các tiêu chuẩn trên thế giới được trình bày trong Phụ lục 1.

Giá trị hệ số $k(z_e)$ lấy không lớn hơn 1,99; 1,97 và 1,98 lần lượt đối với các dạng địa hình A, B và C.

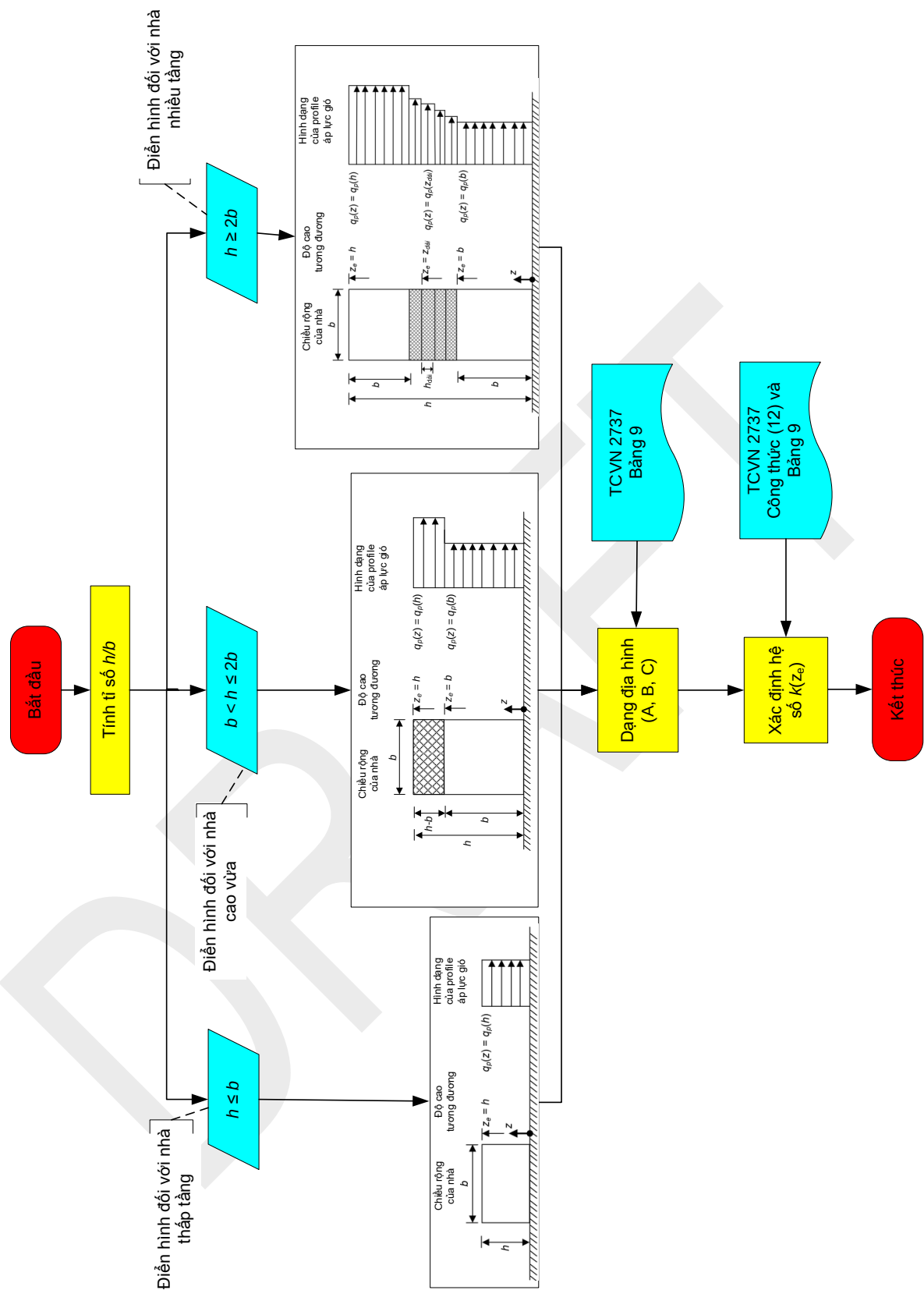
Công trình được xem là nằm trong dạng địa hình nào nếu tính chất của dạng địa hình đó không thay đổi trong khoảng cách $30h$ khi $h \leq 60$ m và 2 km khi $h > 60$ m tính từ mặt đón gió của công trình, trong đó h là chiều cao công trình.

Giá trị của hệ số $k(z_e)$ tính theo công thức (3(12)) được nêu trong Bảng 3 (9).

Bảng 3 (9) – Hệ số $k(z_e)$

Độ cao tương đương z_e , m	Giá trị $k(z_e)$ đối với các dạng địa hình		
	A	B	C
5	1,05	0,87	0,59
10	1,18	1,00	0,72
15	1,27	1,09	0,81
20	1,33	1,16	0,88
30	1,43	1,26	0,98
40	1,50	1,34	1,07
50	1,56	1,40	1,14
60	1,61	1,46	1,20
80	1,69	1,55	1,30
100	1,76	1,63	1,39
150	1,89	1,77	1,56
200	1,99	1,88	1,69
250	1,99	1,97	1,80
300	1,99	1,97	1,90
350	1,99	1,97	1,98
400	1,99	1,97	1,98
CHÚ THÍCH 1: Đối với các độ cao tương đương z_e trung gian cho phép xác định giá trị $k(z_e)$ bằng cách nội suy tuyến tính.			
CHÚ THÍCH 2: Khi xác định tải trọng gió cho một công trình, các dạng địa hình có thể khác nhau theo hướng gió khác nhau.			

Sơ đồ xác định hệ số $k(z_e)$ được thể hiện trong Hình 2.



Hình 2 – Sơ đồ xác định hệ số $k(z_e)$

2.2.6 (10.2.6) Khi xác định các thành phần W_e , W_f , W_i , W_x và W_y thì sử dụng các hệ số khí động tương ứng: hệ số khí động áp lực ngoài c_e ; hệ số khí động ma sát c_f ; hệ số khí động áp lực trong c_i ; hệ số khí động cản chính diện c_x ; hệ số khí động lực ngang c_y . Trong một số hợp mà cần phải kể đến mô men xoắn W_{Mz} thì sử dụng hệ số khí động mô men xoắn c_{Mz} .

Các hệ số khí động nêu trên được xác định theo 2.6 (Phụ lục F), trong đó dấu “cộng” của các hệ số c_e và c_f ứng với hướng áp lực gió vào bề mặt tương ứng, dấu “trừ” ứng với hướng ra ngoài bề mặt tương ứng.

Khi xác định tải trọng gió lên bề mặt tường và vách ngăn trong mà chưa có tường ngoài (ở giai đoạn thi công) thì cần sử dụng các hệ số khí động áp lực ngoài c_e hoặc hệ số khí động cản chính diện c_x .

Đối với các trường hợp không nêu trong 2.6 (Phụ lục F) (các hình dạng khác của công trình, việc xét các hướng khác của luồng gió hoặc việc xét các thành phần cản tổng của vật thể theo các hướng khác, sự cần thiết phải kể đến ảnh hưởng của các nhà và công trình lân cận, địa hình và tương tự) thì xem xét để lấy hệ số khí động theo các tài liệu kỹ thuật chuyên ngành hoặc kết quả thí nghiệm gió trong ống thổi khí động.

CHÚ THÍCH 1: Khi lựa chọn các hệ số c_x , c_y và c_{Mz} , phải ghi rõ kích thước của công trình mà chúng tác dụng.

CHÚ THÍCH 2: Đối với tháp làm mát; cầu cạn đỡ đường dây cáp; cầu cạn đỡ các đường ống công nghệ; các khung giá đỡ độc lập nhiều tầng ngoài trời có trang bị các thiết bị hoặc có các màn chắn bảo vệ; mái đua có chiều dài vượt lớn hơn 7 m; cụm công trình có bề mặt trụ tròn bố trí cách nhau ít hơn 3 m, cũng như đối với các công trình hình trụ nằm ngang bố trí gần bề mặt phẳng ở độ cao nhỏ hơn 1,5d, thì hệ số khí động lấy theo các tài liệu chuyên ngành (trong đó d là đường kính lớn nhất của các công trình trụ tròn).

2.2.7 (10.2.7) Hệ số hiệu ứng giật G_f

2.2.7.1 (10.2.7.1) Hệ số hiệu ứng giật G_f là hệ số phản ứng của kết cấu dưới tác dụng của tải trọng gió (bao gồm cả thành phần phản ứng tĩnh và thành phần phản ứng động của kết cấu).

2.2.7.2 (10.2.7.2) Đối với kết cấu "cứng" (có chu kỳ dao động riêng cơ bản thứ nhất $T_1 \leq 1$ s) thì G_f có thể lấy bằng 0,85.

2.2.7.3 (10.2.7.3) Đối với kết cấu "mềm" (có chu kỳ dao động riêng cơ bản thứ nhất $T_1 > 1$ s) thì G_f được xác định theo công thức:

$$G_f = 0,925 \left(\frac{1 + 1,7I(z_s) \sqrt{g_Q^2 Q^2 + g_R^2 R^2}}{1 + 1,7g_v I(z_s)} \right) \quad (4 \text{ (13)})$$

trong đó:

$I(z_s)$ là độ rời ở độ cao tương đương z_s , xác định theo công thức:

$$I(z_s) = c_r \left(\frac{10}{z_s} \right)^{1/6} \quad (5 \text{ (14)})$$

c_r là hệ số, phụ thuộc vào các dạng địa hình khác nhau, lấy theo Bảng 4 (10);

z_s là độ cao tương đương của công trình, lấy bằng $0,6h$;

h là chiều cao của công trình;

g_Q là hệ số đỉnh cho thành phần xung của gió, lấy bằng 3,4;

g_v là hệ số đỉnh cho thành phần phản ứng của gió, lấy bằng 3,4;

g_R là hệ số đỉnh cho thành phần cộng hưởng của gió, được xác định theo công thức:

$$g_R = \sqrt{2 \ln(3600n_1)} + \frac{0,577}{\sqrt{2 \ln(3600n_1)}} \quad (6 \text{ (15)})$$

với: n_1 là tần số dao động riêng cơ bản thứ nhất;

Q là hệ số kể đến thành phần phản ứng nền của kết cấu chịu tải trọng gió, xác định theo công thức:

$$Q = \sqrt{\frac{1}{1 + 0,63 \left(\frac{b+h}{L(z_s)} \right)^{0,63}}} \quad (7 \text{ (16)})$$

với:

b là chiều rộng công trình, vuông góc với hướng gió tác dụng;

$L(z_s)$ là thang nguyên kích thước xoáy (chiều dài rối) tại độ cao tương đương z_s , xác định theo công thức:

$$L(z_s) = \ell \left(\frac{z_s}{10} \right)^{\bar{\epsilon}} \quad (8 \text{ (17)})$$

ℓ và $\bar{\epsilon}$ là các hệ số, phụ thuộc vào các dạng địa hình khác nhau, lấy theo Bảng 4 (10).

R là hệ số phản ứng cộng hưởng, được xác định theo công thức:

$$R = \sqrt{\frac{1}{\beta} R_n R_h R_b (0,53 + 0,47 R_d)} \quad (9 \text{ (18)})$$

với:

β là độ cản, lấy bằng:

0,01 – cho kết cấu thép;

0,015 – cho kết cấu liên hợp thép - bê tông;

0,02 – cho kết cấu bê tông và bê tông cốt thép;

$$R_n = \frac{7,47 N_1}{(1 + 10,3 N_1)^{5/3}} \quad (10 \text{ (19)})$$

với:

$$N_1 = \frac{n_1 L(z_s)}{V(z_s)_{3600s,50}} \quad (11 \text{ (20)})$$

$V(z_s)_{3600s,50}$ là vận tốc gió trung bình trong khoảng thời gian 3600 s ứng với chu kỳ lặp 50 năm, tại độ cao tương đương z_s , được xác định theo công thức:

$$V(z_s)_{3\ 600s,50} = \bar{b} \left(\frac{z_s}{10} \right)^{\bar{\alpha}} V_{3s,50} \quad (12\ (21))$$

$V_{3s,50}$ là vận tốc gió 3s (lấy trung bình trong khoảng thời gian 3 s) ứng với chu kỳ lặp 50 năm, lấy theo [1].

R_h, R_b, R_d là các hàm số dẫn suất khí động, được xác định theo các công thức:

$$R_h = \frac{1}{\eta_h} - \frac{1}{2\eta_h^2} (1 - e^{-2\eta_h}); R_h = 1 \text{ khi } \eta_h = 0 \quad (13\ (22))$$

$$R_b = \frac{1}{\eta_b} - \frac{1}{2\eta_b^2} (1 - e^{-2\eta_b}); R_b = 1 \text{ khi } \eta_b = 0 \quad (14\ (23))$$

$$R_d = \frac{1}{\eta_d} - \frac{1}{2\eta_d^2} (1 - e^{-2\eta_d}); R_d = 1 \text{ khi } \eta_d = 0 \quad (15\ (24))$$

$$\text{với: } \eta_h = 4,6 \frac{n_1 h}{V(z_s)_{3\ 600s,50}}; \eta_b = 4,6 \frac{n_1 b}{V(z_s)_{3\ 600s,50}}; \eta_d = 15,4 \frac{n_1 d}{V(z_s)_{3\ 600s,50}};$$

h, b và d lần lượt là chiều cao, chiều rộng và chiều sâu (hoặc chiều dài) của công trình.

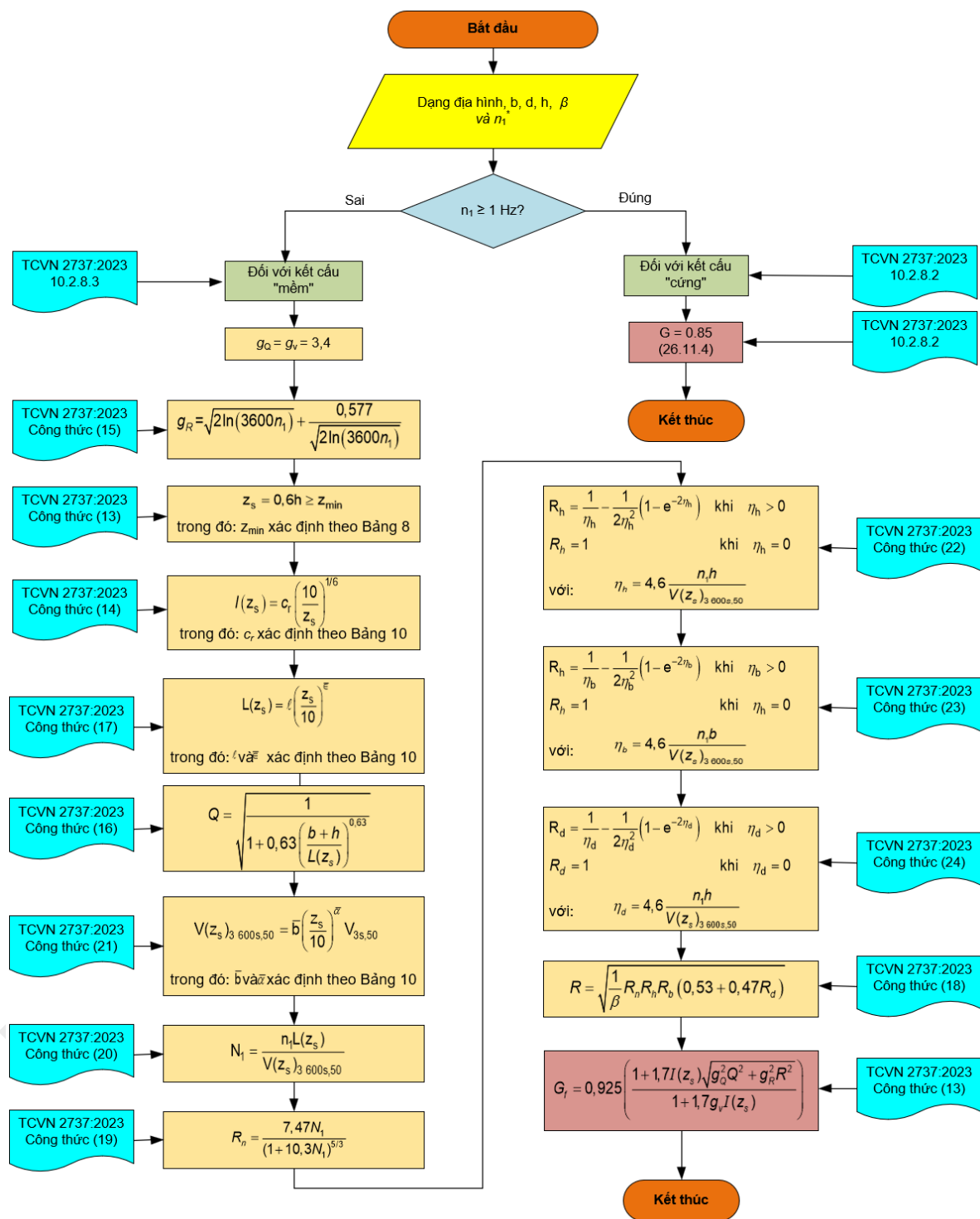
Giá trị các hệ số $\bar{b}$ và $\bar{\alpha}$ trong công thức 12 (21) lấy theo Bảng 4 (10) phụ thuộc vào các dạng địa hình khác nhau.

Bảng 4 (10) – Giá trị các hệ số cho các dạng địa hình

Dạng địa hình	c_r	ℓ , m	$\bar{\epsilon}$	$\bar{b}$	$\bar{\alpha}$
A	0,15	198,12	1/8	0,80	1/9
B	0,20	152,40	1/5	0,65	1/6,5
C	0,30	97,54	1/3	0,45	1/4

Bình luận: Cơ sở lý thuyết xác định Hệ số hiệu ứng giật G_f được trình bày trong Phụ lục 2.

Sơ đồ xác định hệ số phản ứng giật G_f được thể hiện trong Hình 3.

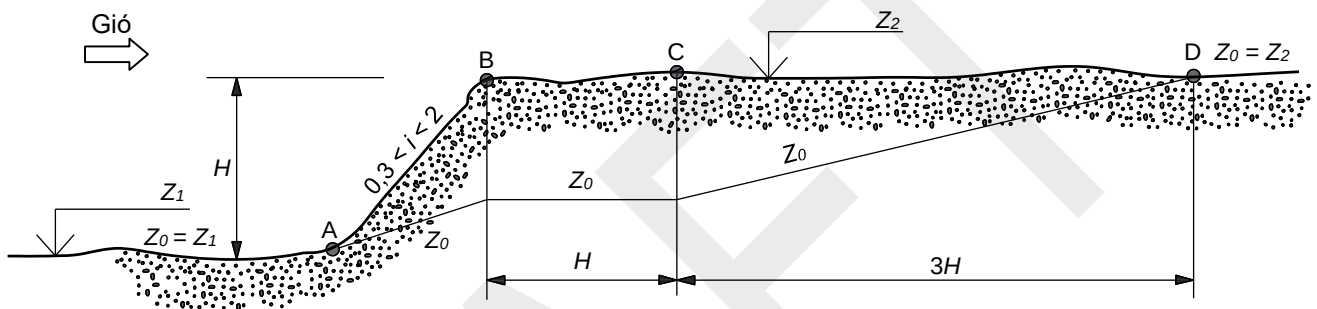


Hình 3 – Sơ đồ xác định hệ số phản ứng giật G_f

2.3 (Phụ lục C) Phương pháp xác định mốc chuẩn

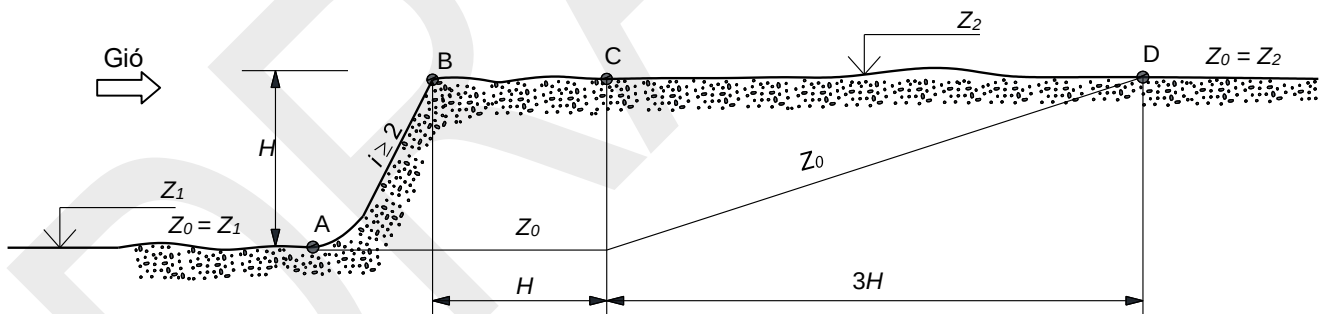
2.3.1 (C.1) Khi xác định hệ số $k(z_e)$ theo công thức (3 (12)), nếu mặt đất xung quanh nhà và công trình không bằng phẳng thì độ cao tương đương z_e được xác định thông qua độ cao z (xem 2.2.4 (10.2.4)) và z được xác định như sau:

- Trường hợp mặt đất có độ dốc nhỏ so với phương nằm ngang $i \leq 0,3$, độ cao z được tính từ mặt đất (mốc chuẩn) đặt nhà và công trình tới điểm cần xét.
- Trường hợp mặt đất có độ dốc $0,3 < i < 2$, độ cao z được tính từ mặt cao độ công trình quy ước z_0 (mốc chuẩn) (xem Hình 4 (C.1a)) thấp hơn so với mặt đất thực tới điểm cần xét.
- Trường hợp mặt đất có độ dốc lớn $i \geq 2$, mặt cao độ công trình quy ước z_0 (mốc chuẩn) để tính độ cao z thấp hơn mặt đất thực được xác định theo Hình 4 (C.1b).



CHÚ THÍCH: Bên trái điểm A: $z_0 = z_1$; Trên đoạn BC: $z_0 = H(2 - i)/1,7$; Bên phải điểm D: $z_0 = z_2$; Trên đoạn AB và CD: z_0 được xác định bằng nội suy tuyến tính.

a) Khi mặt đất có độ dốc $0,3 < i < 2$



CHÚ THÍCH: Bên trái điểm C: $z_0 = z_1$; Bên phải điểm D: $z_0 = z_2$; Trên đoạn CD: được xác định bằng nội suy tuyến tính.

b) Khi mặt đất có độ dốc $i \geq 2$

Hình 4 (C.1) – Mặt cao độ công trình quy ước (mốc chuẩn)

2.4 (Phụ lục D) Minh họa các dạng địa hình



a) Bờ biển thoáng



b) Cánh đồng không có cây cao

Hình D.1 – Hình ảnh minh họa địa hình dạng A



a) Làng mạc



b) Thị trấn

Hình D.2 – Hình ảnh minh họa địa hình dạng B



a) Thành phố lớn



b) Vùng rừng rậm

Hình 5 (D.3) – Hình ảnh minh họa địa hình dạng C

2.5 (Phụ lục E) Một số công thức đơn giản tính hệ số hiệu ứng giạt G_f và kích thước tương đương cho một số mặt bằng phức tạp của công trình

2.5.1 (E.1) Một số công thức đơn giản tính hệ số hiệu ứng giạt G_f

Đối với nhà cao tầng có hình dạng đều đặn theo chiều cao và có chu kỳ dao động riêng cơ bản thứ nhất $T_1 > 1$ s và chiều cao không quá 150 m, có thể xác định hệ số hiệu ứng giạt G_f theo các công thức sau để tính toán sơ bộ:

– Đối với nhà bê tông cốt thép:

$$G_f = 0,85 + \frac{h}{2840} \quad (16 \text{ (E.1)})$$

– Đối với nhà thép:

$$G_f = 0,85 + \frac{h}{1010} \quad (17 \text{ (E.2)})$$

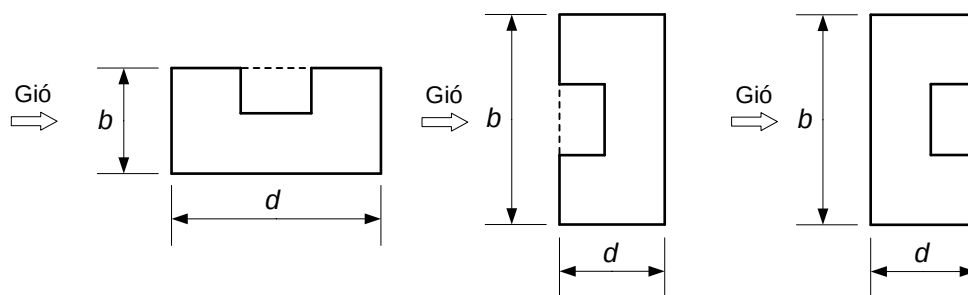
trong đó:

h là chiều cao công trình, tính bằng mét (m).

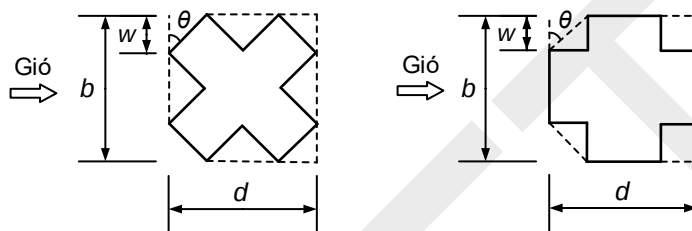
2.5.2 (E.2) Kích thước tương đương cho một số mặt bằng phức tạp của công trình

Đối với một số công trình có mặt bằng phức tạp dạng chữ U, X, Y, Z, L thì kích thước tương đương của mặt bằng công trình có thể được xác định như đối với công trình có mặt bằng hình chữ nhật trên cơ sở kích thước của hình chữ nhật tương đương:

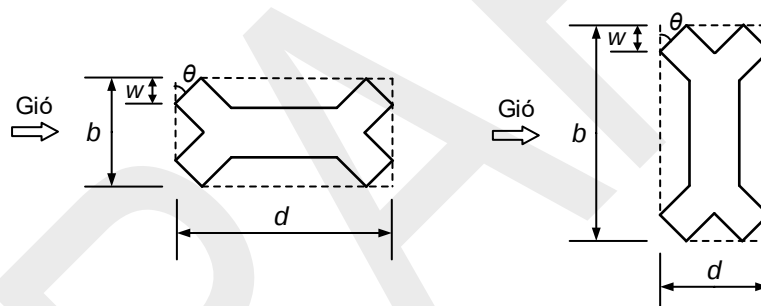
- Đối với công trình có mặt bằng hình chữ U và X: xem các hình 6 (E.1a) và 6 (E.1b);
- Đối với công trình có mặt bằng hình chữ Y: xem các hình 6 (E.1c) và 6 (E.1d);
- Đối với công trình có mặt bằng hình chữ L và chữ Z: xem các hình 6 (E.1e) và 6 (E.1f).



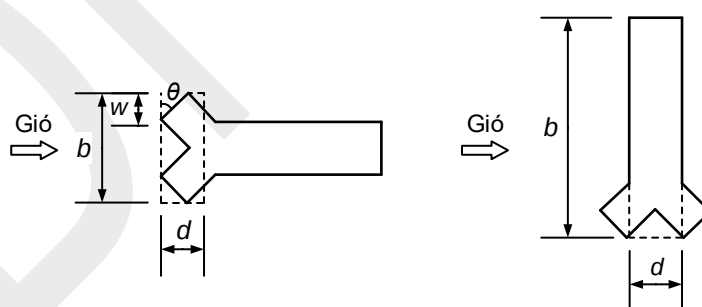
a) Mặt bằng công trình hình chữ U



b) Mặt bằng công trình hình chữ X



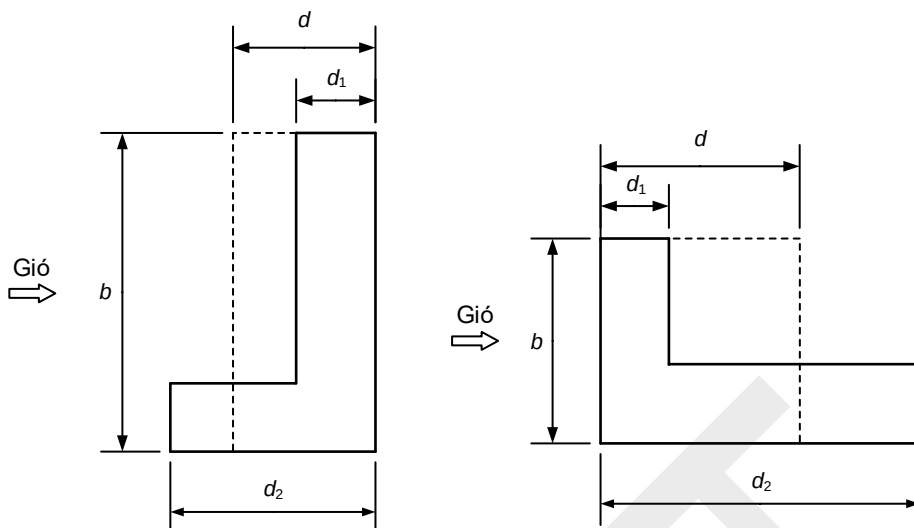
c) Mặt bằng công trình hình chữ Y đôi



CHÚ THÍCH: $d = \frac{b}{1,8}$.

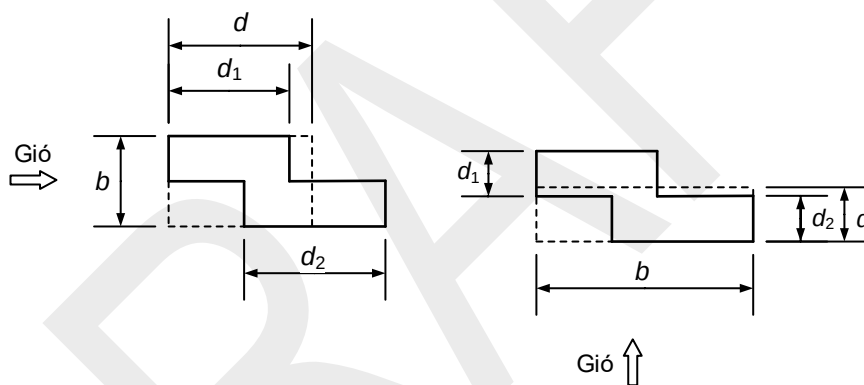
d) Mặt bằng công trình hình chữ Y đơn

Hình 6 (E.1) – Kích thước tương đương cho một số mặt bằng phức tạp của công trình



CHÚ THÍCH: $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$.

e) Mặt bằng công trình hình chữ L



CHÚ THÍCH: $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$.

f) Mặt bằng công trình hình chữ Z

Hình 6 (E.1) (kết thúc)

2.6 (Phụ lục F) Hệ số khí động

2.6.1 (F.1) Kết cấu phẳng đứng độc lập

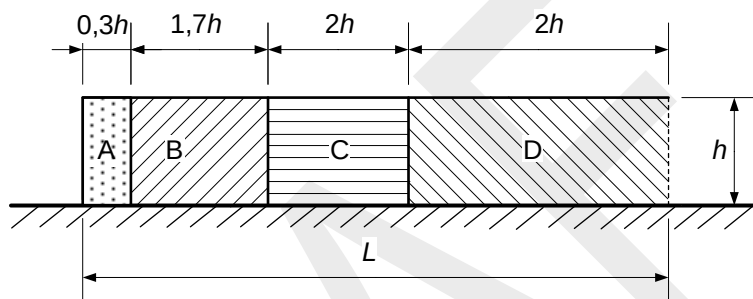
2.6.1.1 (F.1.1) Tường phẳng (kể cả tường chắn mái), hàng rào và kết cấu tương tự

2.6.1.1.1 (F.1.1.1) Hệ số c_x cho các vùng khác nhau của kết cấu (Hình 7 (F.1)) lấy theo Bảng 5 (F.1).

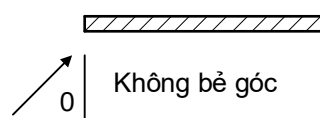
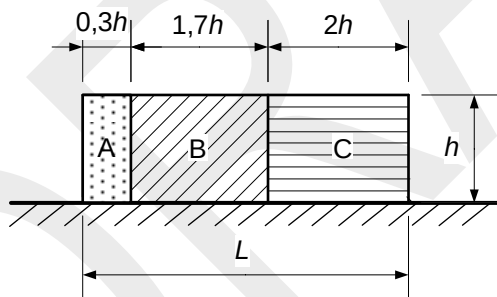
2.6.1.1.2 (F.1.1.2) Độ cao tương đương $z_e = h$.

2.6.1.1.3 (F.1.1.3) Hệ số đặc của kết cấu φ là tỉ số giữa diện tích phần đặc và diện tích bao của kết cấu.

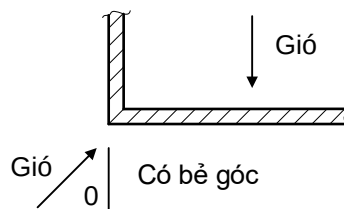
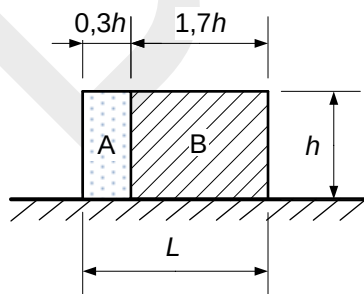
Khi $L > 4h$



Khi $L \leq 4h$



Khi $L \leq 2h$



Hình 7 (F.1) – Các vùng trên tường phẳng, hàng rào và kết cấu tương tự

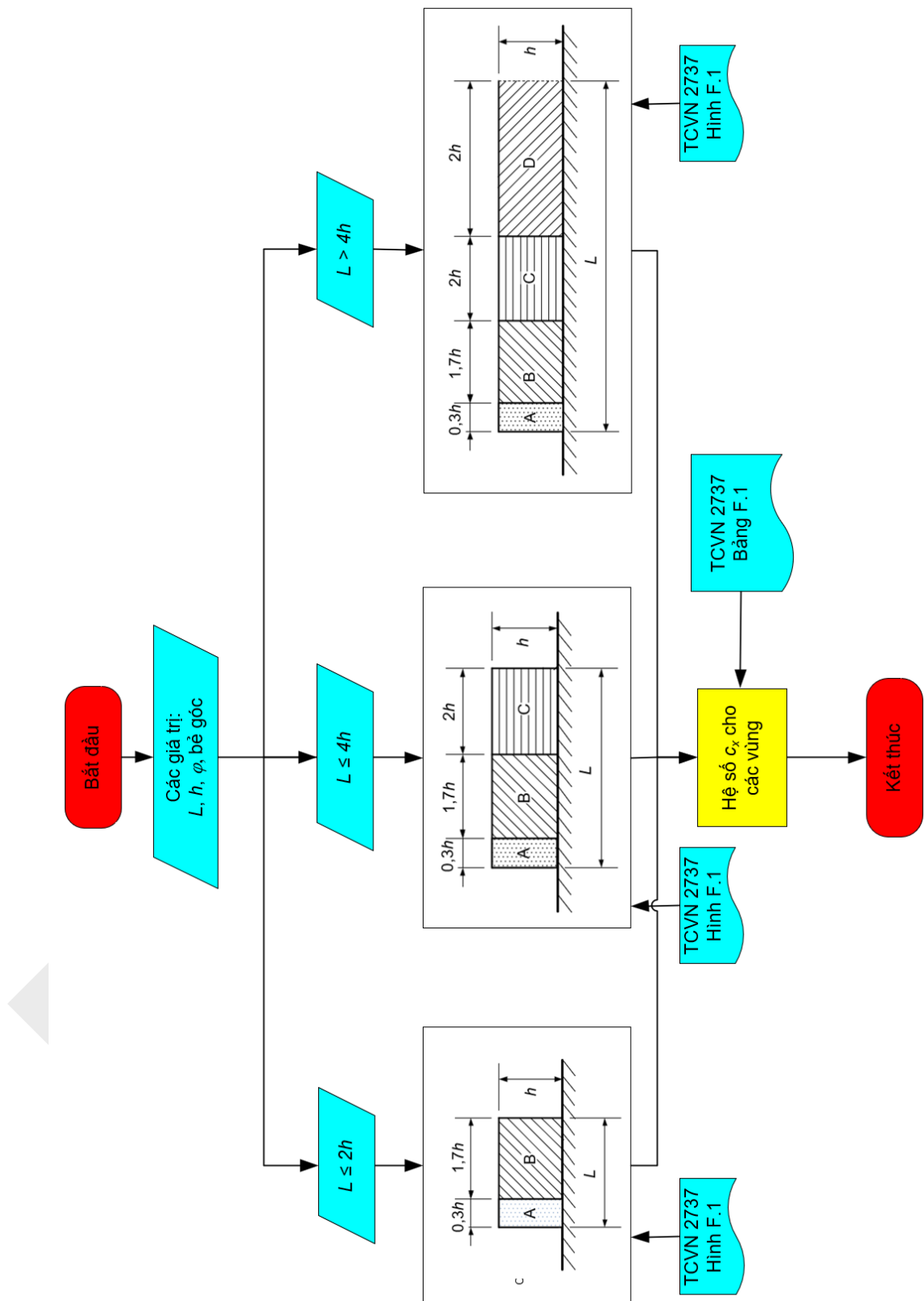
Bảng 5 (F.1) – Hệ số c_x cho các vùng trên tường phẳng, hàng rào và kết cấu tương tự
(xem Hình 7 (F.1))

Hệ số đặc	Tường		Vùng			
			A	B	C	D
$\varphi = 1,0$	Thẳng	$L/h \leq 3$	2,3	1,4	1,2	1,2
		$L/h = 5$	2,9	1,8	1,4	1,2
		$L/h \geq 10$	3,4	2,1	1,7	1,2
	Có bề góc với chiều dài phần bề góc không nhỏ hơn $h^{1)}$		2,1	1,8	1,4	1,2
$\varphi = 0,8$			1,2	1,2	1,2	1,2

¹⁾ Đối với chiều dài phần bề góc trong khoảng từ 0 đến h , có thể xác định c_x bằng nội suy tuyến tính.

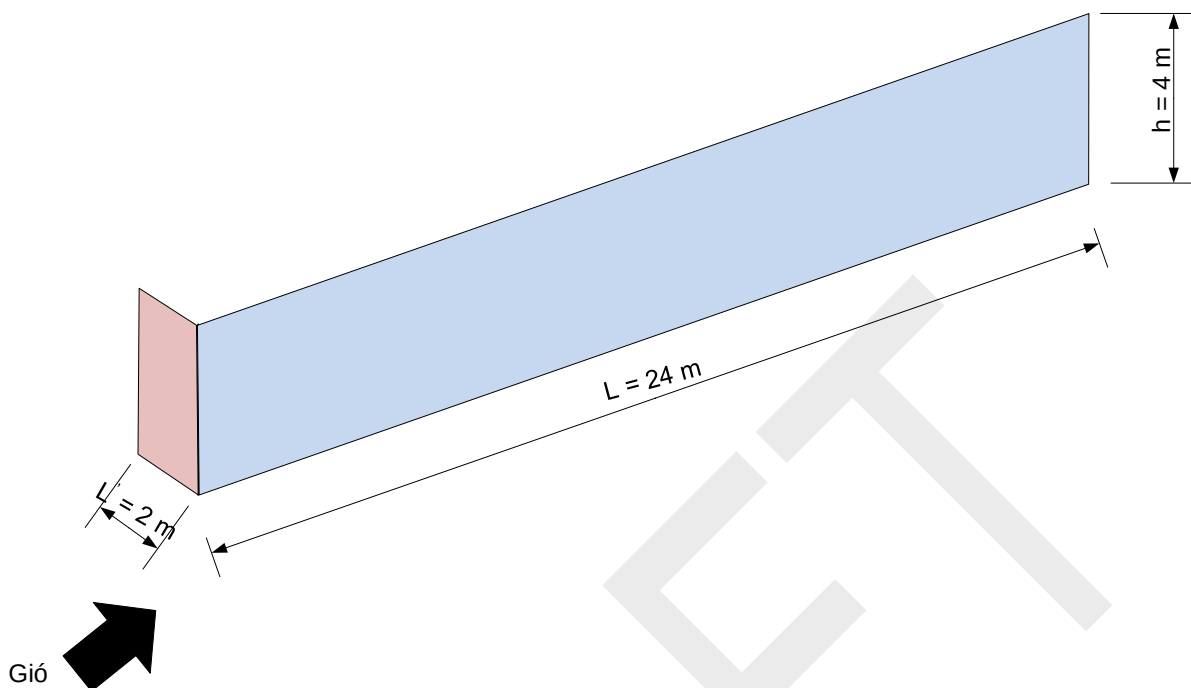
CHÚ THÍCH: Với các giá trị trung gian của hệ số đặc φ , có thể xác định c_x bằng nội suy tuyến tính.

Sơ đồ xác định hệ số khí động cho tường phẳng (kể cả tường chắn mái), hàng rào và kết cấu tương tự được thể hiện trong Hình 8.



Hình 8 – Sơ đồ xác định hệ số khí động cho tường phẳng (kể cả tường chắn mái), hàng rào và kết cấu tương tự

Ví dụ 1: Xác định hệ số khí động của tường phẳng bề góc đứng độc lập có kích thước 24 m (dài) và 4 m (cao) với đoạn bề góc 2 m (dài), hệ số đặc bằng 0,9.



Hình 9 – Sơ đồ hệ tường phẳng bề góc đứng độc lập

Lời giải:

Nội suy tuyến tính dựa trên tỉ lệ chiều dài/cao của tường (bỏ qua phần bề góc) $\frac{L}{h} = \frac{24}{4} = 6$

Bảng 6 (F.1) – Hệ số c_x cho các vùng trên tường phẳng, hàng rào và kết cấu tương tự (xem Hình 7 (F.1))

Hệ số đặc		Tường		Vùng			
				A	B	C	D
$\varphi = 1,0$	Thẳng	$L/h \leq 3$	2,3	1,4	1,2	1,2	
		$L/h = 5$	2,9	1,8	1,4	1,2	
		$L/h \geq 10$	3,4	2,1	1,7	1,2	
	Có bề góc với chiều dài phần bề góc không nhỏ hơn h ¹⁾		2,1	1,8	1,4	1,2	
$\varphi = 0,8$			1,2	1,2	1,2	1,2	
¹⁾ Đối với chiều dài phần bề góc trong khoảng từ 0 đến h , có thể xác định c_x bằng nội suy tuyến tính.							
CHÚ THÍCH: Với các giá trị trung gian của hệ số đặc φ , có thể xác định c_x bằng nội suy tuyến tính.							

Giá trị nội suy tuyến tính có được (trong ô màu đỏ) cho tường phẳng đứng độc lập.

Nội suy tuyến tính lần 2 cho tường phẳng bề góc đứng độc lập với chiều dài bề góc $L' = 2 \text{ m} = 0,5h$

Bảng 7 (F.2) – Hệ số c_x cho các vùng trên tường phẳng, hàng rào và kết cấu tương tự (xem Hình 7 (F.1))

Hệ số đặc	Tường		Vùng			
			A	B	C	D
$\varphi = 1,0$	Thẳng $L' = 0$	$L/h \leq 3$	2,3	1,4	1,2	1,2
		$L/h = 5$	2,9	1,8	1,4	1,2
		$L/h \geq 10$	3,4	2,1	1,7	1,2
	Có bề góc với chiều dài phần bề góc không nhỏ hơn $h^{1)}$ $L' = 4$		2,55	1,83	1,43	1,2
			2,1	1,8	1,4	1,2
$\varphi = 0,8$			1,2	1,2	1,2	1,2

¹⁾ Đối với chiều dài phần bề góc trong khoảng từ 0 đến h , có thể xác định c_x bằng nội suy tuyến tính.

CHÚ THÍCH: Với các giá trị trung gian của hệ số đặc φ , có thể xác định c_x bằng nội suy tuyến tính.

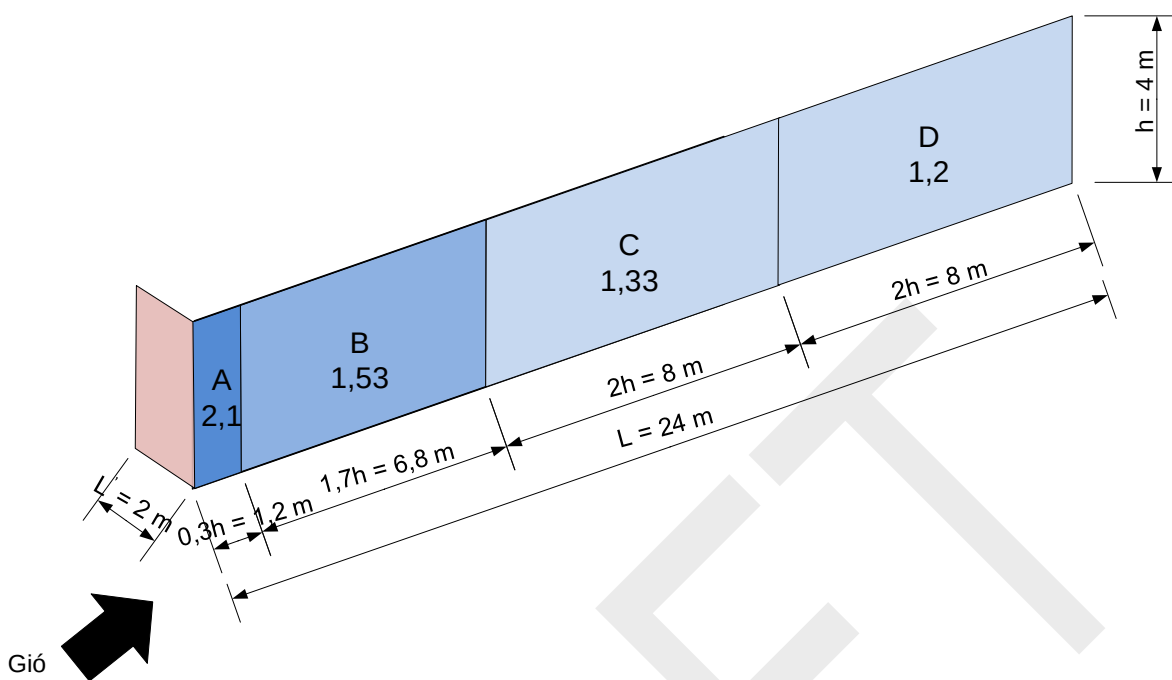
Các giá trị nội suy tuyến tính có được (chữ xanh) cho tường vách đứng độc lập ($\varphi = 1,0$). Nội suy tuyến tính theo hệ số đặc $\varphi = 0,9$.

Bảng 8 (F.3) – Hệ số c_x cho các vùng trên tường phẳng, hàng rào và kết cấu tương tự (xem Hình 7 (F.1))

Hệ số đặc	Tường		Vùng			
			A	B	C	D
$\varphi = 1,0$ 						

Các giá trị nội suy (chữ xanh) của hệ số khí động cho các vùng A, B và C.

Sơ đồ hệ số khí động c_x cho các vùng trên hệ tường phẳng bề góc đứng độc lập được thể hiện trong Hình 10.



Hình 10 – Sơ đồ hệ số khí động c_x cho các vùng trên hệ tường phẳng bề góc đứng độc lập

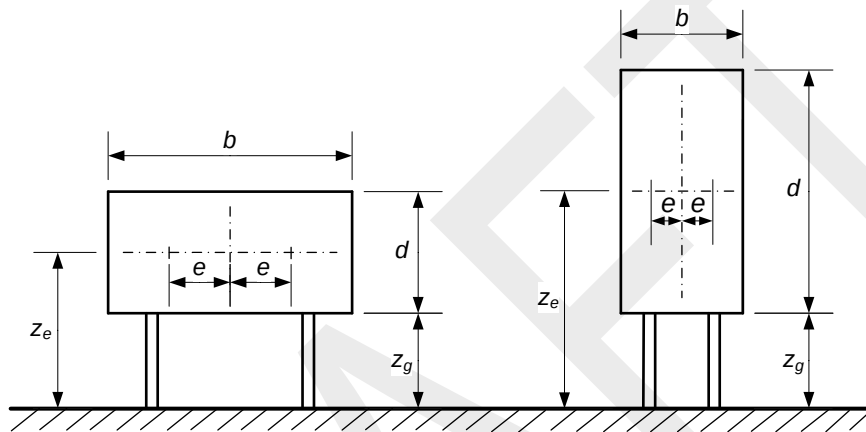
2.6.1.2 (F.1.2) Bảng quảng cáo

Đối với bảng quảng cáo nằm cách mặt đất một khoảng $z_g \geq d/4$ (Hình 11 (F.2)): $c_x = 2,5k_\lambda$, trong đó k_λ được xác định theo 2.6.18 (F.18).

Khi $z_g < d/4$ và $b/d \leq 1$ thì cũng có thể lấy $c_x = 2,5k_\lambda$.

Hợp lực của các tải trọng hướng vuông góc với mặt phẳng bảng quảng cáo cần được đặt ở độ cao tâm hình học của bảng quảng cáo với độ lệch tâm theo phương ngang $e = \pm 0,25b$.

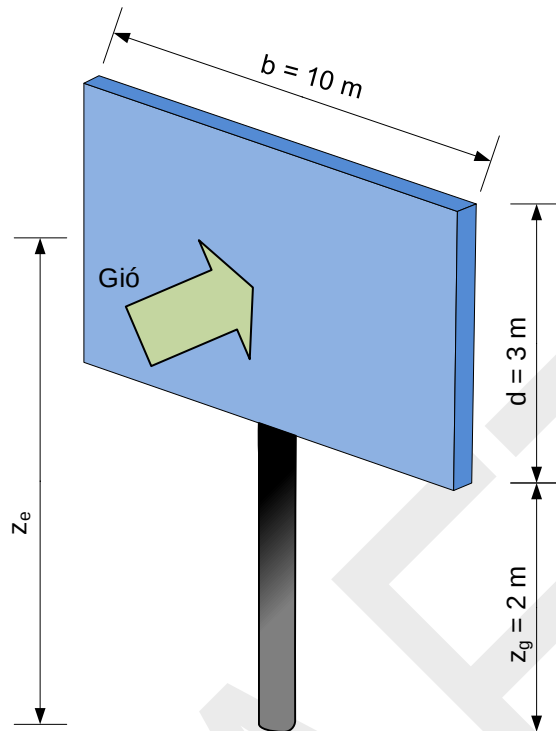
Độ cao tương đương z_e lấy bằng $z_e = z_g + \frac{d}{2}$.



Hình 11 (F.2) – Bảng quảng cáo

Ghi chú: Khi $z_g < d/4$ và $b/d > 1$ thì tính toán như kết cấu phẳng đứng độc lập (xem F.1).

Ví dụ 2: Tính toán tải trọng gió lên bảng quảng cáo nằm cách mặt đất một khoảng $z_g = 2\text{m}$. Kích thước bảng $b = 10\text{ m}$ và $d = 3\text{ m}$. Áp lực gió cơ sở $W_0 = 95\text{ daN/m}^2$. Dạng địa hình B.



Hình 12 – Sơ đồ bảng quảng cáo

Lời giải:

Diện tích tham chiếu của Bảng quảng cáo $A_{\text{ref}} = b.d = 10 \times 3 = 30\text{ m}^2$.

Khi $z_g > \frac{d}{4} \rightarrow 2 > \frac{3}{4} = 0,75$

Thì $c_x = 2,5k_\lambda$.

trong đó k_λ được xác định theo 2.6.18 (F.18).

Giá trị hệ số k_λ phụ thuộc vào độ mảnh hiệu dụng λ_e của cấu kiện hoặc công trình được lấy theo biểu đồ trên Hình 76 (F.27). Độ mảnh hiệu dụng λ_e phụ thuộc vào độ mảnh $\lambda = \frac{b}{d}$ và được xác định theo Bảng 76 (F.15).

$$\lambda_e = \frac{b}{d} = \frac{10}{3} = 3,33 \rightarrow k_\lambda = 0,65.$$

$$c_x = 2,5 \cdot 0,65 = 1,625.$$

Hợp lực của các tải trọng hướng vuông góc với mặt phẳng bảng quảng cáo cần được đặt ở độ cao tâm hình học của bảng quảng cáo với độ lệch tâm theo phương ngang

$$e = \pm 0,25b = \pm 0,25 \cdot 10 = \pm 2,5\text{ m}$$

Độ cao tương đương z_e lấy bằng $z_e = z_g + \frac{d}{2} = 2 + \frac{3}{2} = 3,5 \text{ m}$.

Tải trọng gió tiêu chuẩn:

$$W_k = W_{3s,10} \cdot k(z_e) \cdot c_x \cdot G_f = 950 \cdot 0,852 \cdot 0,87 \cdot 1,625 \cdot 1 = 1.144 \text{ daN/m}^2$$

trong đó:

$k(z_e)$ được xác định theo 10.2.5 (Bảng 9) của TCVN 2737:2023, $k(z_e) = 0,87$;

$c_x = 1,625$;

G_f là hệ số hiệu ứng giạt, lấy bằng 1.

Lực gió

$$F_k = W_k \cdot d \cdot b = 1144 \cdot 3 \cdot 10 = 34.320 \text{ daN}$$

Mô men xoắn

$$M_{kX} = F_k \cdot e = 34320 \cdot (\pm 2,5) = \pm 85.800 \text{ daN.m}$$

Mô men uốn

$$M_{kU} = F_k \cdot z_e = 34.320 \cdot 3,5 = 120.120 \text{ daN.m}$$

2.6.2 (F.2) Mái bằng

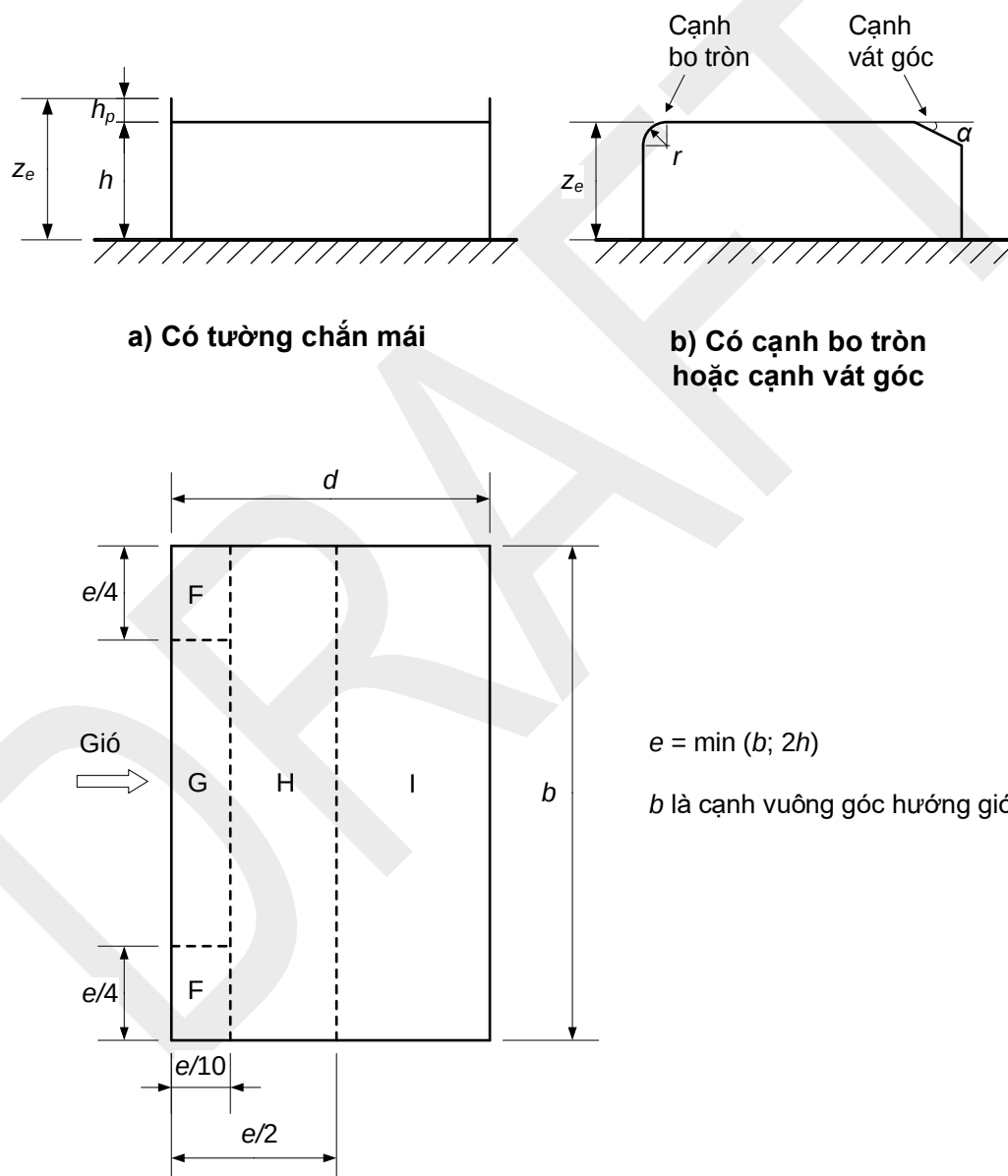
2.6.2.1 (F.2.1) Mái được coi là mái bằng khi có góc dốc α trong khoảng $-5^\circ < \alpha < 5^\circ$.

2.6.2.2 (F.2.2) Mái được chia thành các vùng như trên Hình 13 (F.3).

2.6.2.3 (F.2.3) Đối với mái bằng và mái có các cạnh bo tròn hoặc vát góc (Hình 13 (F.3b)), độ cao tương đương lấy bằng $z_e = h$. Đối với mái bằng có tường chắn mái (xem Hình 13 (F.3a)), độ cao tương đương lấy bằng $z_e = h + h_p$.

2.6.2.4 (F.2.4) Hệ số khí động áp lực c_e cho từng vùng lấy theo Bảng 9 (F.2).

CHÚ THÍCH: Hệ số khí động áp lực c_e cho tường chắn mái được xác định theo 2.6.1.1 (F.1.1).



Hình 13 (F.3) – Mái bằng

Bảng 9 (F.2) – Hệ số c_e cho mái bằng

Loại mái		Vùng			
		F	G	H	I
Có cạnh sắc		- 1,8	- 1,2	- 0,7	$\pm 0,2$
Có tường chắn mái	$h_p/h = 0,025$	- 1,6	- 1,1	- 0,7	$\pm 0,2$
	$h_p/h = 0,05$	- 1,4	- 0,9	- 0,7	$\pm 0,2$
	$h_p/h = 0,10$	- 1,2	- 0,8	- 0,7	$\pm 0,2$
Có cạnh bo tròn	$r/h = 0,05$	- 1,0	- 1,2	- 0,4	$\pm 0,2$
	$r/h = 0,10$	- 0,7	- 0,8	- 0,3	$\pm 0,2$
	$r/h = 0,20$	- 0,5	- 0,5	- 0,3	$\pm 0,2$
Có cạnh vát góc	$\alpha = 30^\circ$	- 1,0	- 1,0	- 0,3	$\pm 0,2$
	$\alpha = 45^\circ$	- 1,2	- 1,3	- 0,4	$\pm 0,2$
	$\alpha = 60^\circ$	- 1,3	- 1,3	- 0,5	$\pm 0,2$

CHÚ THÍCH 1: Đối với mái có tường chắn mái hoặc mái có cạnh bo tròn, có thể sử dụng nội suy tuyến tính cho các giá trị trung gian của h_p/h và r/h .

CHÚ THÍCH 2: Đối với mái có cạnh vát góc, có thể sử dụng nội suy tuyến tính giữa $\alpha = 30^\circ$, $\alpha = 45^\circ$ và $\alpha = 60^\circ$. Khi $\alpha > 60^\circ$, sử dụng nội suy tuyến tính giữa giá trị $\alpha = 60^\circ$ và giá trị cho mái bằng có cạnh sắc.

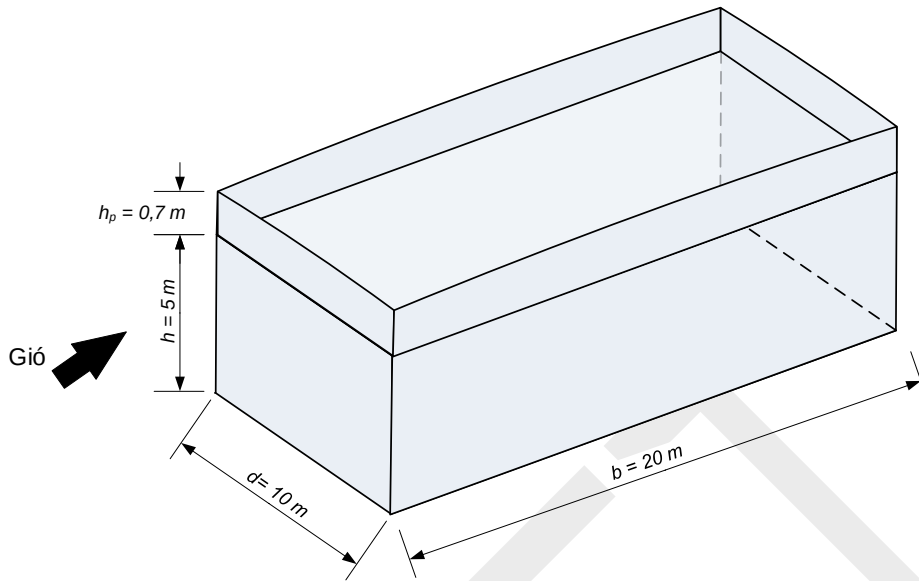
CHÚ THÍCH 3: Trong vùng I, nơi có các giá trị dương và âm, thì cần xét cả hai giá trị này.

CHÚ THÍCH 4: Đối với mái có cạnh vát góc, hệ số khí động áp lực ngoài c_e lấy theo Bảng F.5a, vùng F và G, phụ thuộc vào góc dốc của mái có cạnh vát góc.

CHÚ THÍCH 5: Đối với mái có cạnh bo tròn, hệ số khí động áp lực ngoài c_e được xác định bằng nội suy tuyến tính (dọc theo đường bo tròn) giữa các giá trị cho tường và cho mái.

CHÚ THÍCH 6: Đối với mái có cạnh vát góc với kích thước nằm ngang nhỏ hơn $e/10$ thì sử dụng giá trị c_e cho mái có cạnh sắc. e được xác định như trên Hình F.3.

Ví dụ 3: Tính toán hệ số khí động của cửa mái bằng có kích thước $b = 20$ m (rộng), $d = 10$ m (dài), $h = 5$ m (cao), chiều cao tường chắn mái $h_p = 0,7$ m .



Hình 14 – Sơ đồ nhà với mái bằng có tường chắn mái

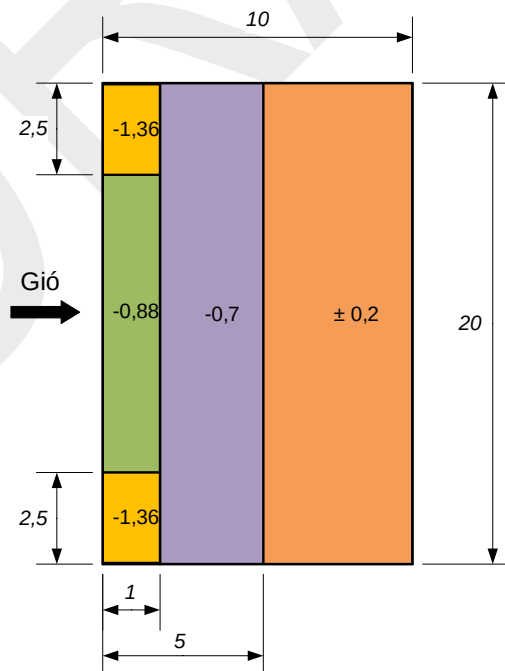
Lời giải:

Với $\frac{h_p}{h} = \frac{0,3}{5} = 0,06$, nội suy tuyến tính dựa theo Bảng 9 (F.2).

Giá trị nội suy tuyến tính có được (trong ô màu đỏ) cho mái bằng có tường chắn mái (xem Bảng 10 (F.2)).

Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho mái bằng có tường chắn mái được thể hiện trong Hình 15.

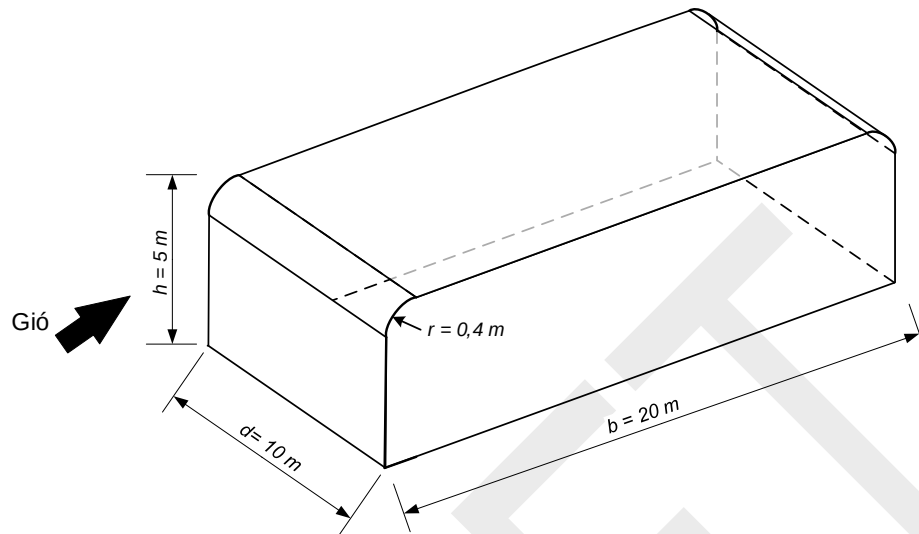
Đối với hướng gió $\theta = 0^\circ$ thì $e = \min(b; 2h) = \min(20; 2 \times 5) = 10$ m



Hình 15 – Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho mái bằng có tường chắn mái

(đối với hướng gió $\theta = 0^\circ$)

Ví dụ 4: Tính toán hệ số khí động của mái bằng có cạnh bo tròn có kích thước $b = 20$ m (rộng), $d = 10$ m (dài), $h = 5$ m (cao), cạnh bo tròn $r = 0,4$ m.



Hình 16 – Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho nhà với mái bằng có cạnh bo tròn

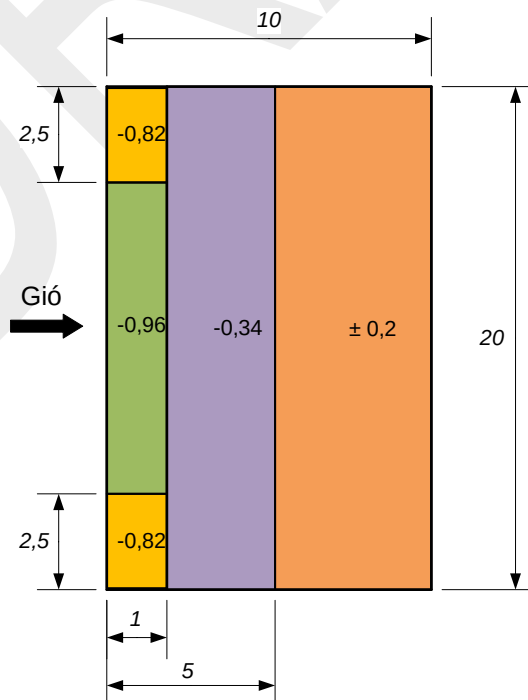
Lời giải:

Với $\frac{r}{h} = \frac{0,4}{5} = 0,08$, nội suy tuyến tính dựa theo Bảng 9 (F.2) của TCVN 2737:2023.

Giá trị nội suy tuyến tính có được (trong ô màu xanh dương) cho mái bằng có cạnh bo tròn (xem Bảng 10 (F.2)).

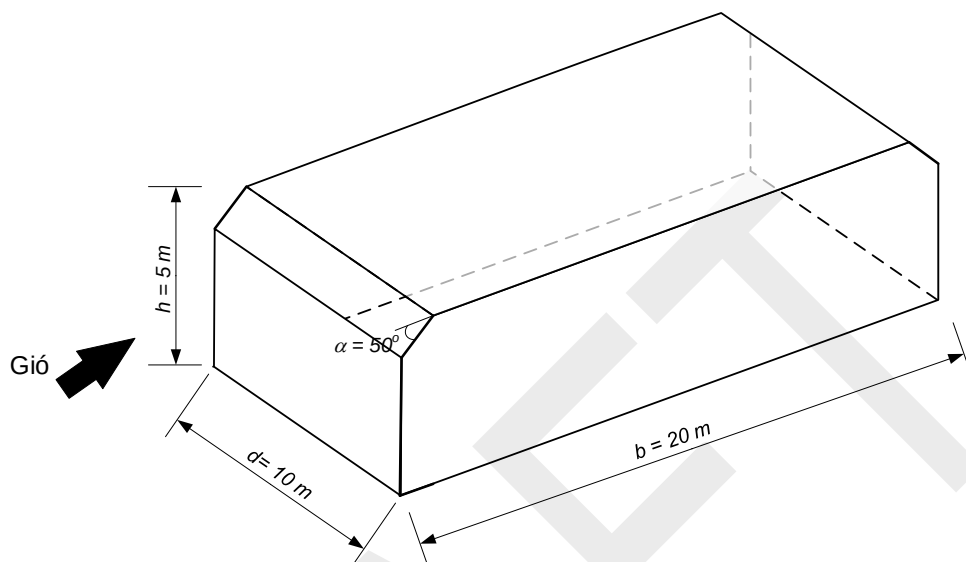
Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho mái bằng có cạnh bo tròn được thể hiện trong Hình 17.

Đối với hướng gió $\theta = 0^\circ$ thì $e = \min(b; 2h) = \min(20; 2 \times 5) = 10$ m



Hình 17 – Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho mái bằng có cạnh bo tròn
(đối với hướng gió $\theta = 0^\circ$)

Ví dụ 5: Tính toán hệ số khí động của mái bằng có cạnh vát góc có kích thước $b = 20$ m (rộng), $d = 10$ m (dài), $h = 5$ m (cao), cạnh vát góc với $\alpha = 50^\circ$.



Hình 18 – Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho nhà với mái bằng có cạnh vát góc

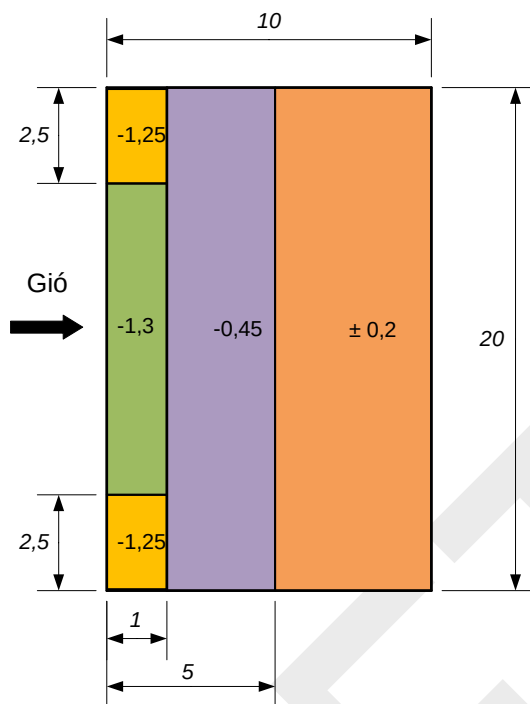
Lời giải:

Với $\alpha = 50^\circ$, nội suy tuyến tính dựa theo Bảng 9 (F.2) của TCVN 2737:2023.

Giá trị nội suy tuyến tính có được (trong ô màu xanh lá cây) cho mái bằng có cạnh vát góc (xem Bảng 10 (F.2)).

Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho mái bằng có cạnh bo tròn được thể hiện trong Hình 19.

Đối với hướng gió $\theta = 0^\circ$ thì $e = \min(b; 2h) = \min(20; 2 \times 5) = 10$ m



Hình 19 – Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho mái bằng có cạnh vát góc (đối với hướng gió $\theta = 0^\circ$)

Bảng 10 (F.2) – Hệ số c_e cho mái bằng

Loại mái		Vùng			
		F	G	H	I
Có cạnh sắc		- 1,8	- 1,2	- 0,7	$\pm 0,2$
Có tường chắn mái	$h_p/h = 0,025$	- 1,6	- 1,1	- 0,7	$\pm 0,2$
	0,06	-1,36	-0,88	-0,7	$\pm 0,2$
	$h_p/h = 0,05$	- 1,4	- 0,9	- 0,7	$\pm 0,2$
	$h_p/h = 0,10$	- 1,2	- 0,8	- 0,7	$\pm 0,2$
Có cạnh bo tròn	$r/h = 0,05$	- 1,0	- 1,2	- 0,4	$\pm 0,2$
	0,08	-0,82	-0,96	-0,34	$\pm 0,2$
	$r/h = 0,10$	- 0,7	- 0,8	- 0,3	$\pm 0,2$
	$r/h = 0,20$	- 0,5	- 0,5	- 0,3	$\pm 0,2$
Có cạnh vát góc	$\alpha = 30^\circ$	- 1,0	- 1,0	- 0,3	$\pm 0,2$
	$\alpha = 45^\circ$	- 1,2	- 1,3	- 0,4	$\pm 0,2$
	50°	-1,25	-1,3	-0,45	$\pm 0,2$
	$\alpha = 60^\circ$	- 1,3	- 1,3	- 0,5	$\pm 0,2$

CHÚ THÍCH 1: Đối với mái có tường chắn mái hoặc mái có cạnh bo tròn, có thể sử dụng nội suy tuyến tính cho các giá trị trung gian của h_p/h và r/h .

CHÚ THÍCH 2: Đối với mái có cạnh vát góc, có thể sử dụng nội suy tuyến tính giữa $\alpha = 30^\circ$, $\alpha = 45^\circ$ và $\alpha = 60^\circ$. Khi $\alpha > 60^\circ$, sử dụng nội suy tuyến tính giữa giá trị $\alpha = 60^\circ$ và giá trị cho mái bằng có cạnh sắc.

CHÚ THÍCH 3: Trong vùng I, nơi có các giá trị dương và âm, thì cần xét cả hai giá trị này.

CHÚ THÍCH 4: Đối với mái có cạnh vát góc, hệ số khí động áp lực ngoài c_e lấy theo Bảng F.5a, vùng F và G, phụ thuộc vào góc dốc của mái có cạnh vát góc.

CHÚ THÍCH 5: Đối với mái có cạnh bo tròn, hệ số khí động áp lực ngoài c_e được xác định bằng nội suy tuyến tính (dọc theo đường bo tròn) giữa các giá trị cho tường và cho mái.

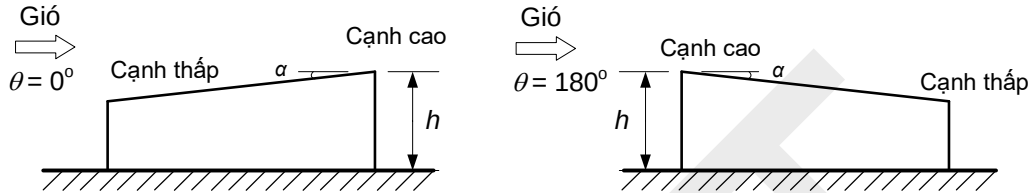
CHÚ THÍCH 6: Đối với mái có cạnh vát góc với kích thước nằm ngang nhỏ hơn $e/10$ thì sử dụng giá trị c_e cho mái có cạnh sắc. e được xác định như trên Hình F.3.

2.6.3 (F.3) Mái dốc một phía

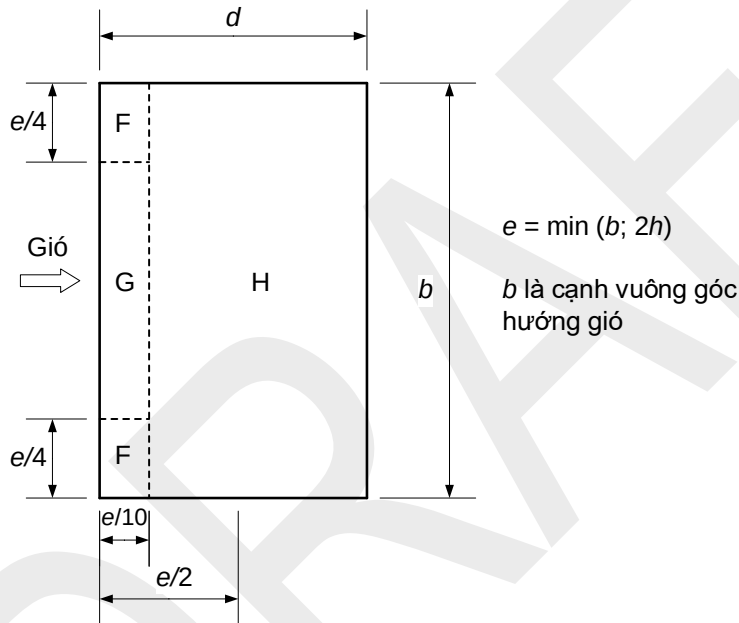
2.6.3.1 (F.3.1) Mái dốc một phía, bao gồm cả các phần nhô ra, được chia thành các vùng như trên Hình 20 (F.4).

2.6.3.2 (F.3.2) Độ cao tương đương lấy bằng $z_e = h$.

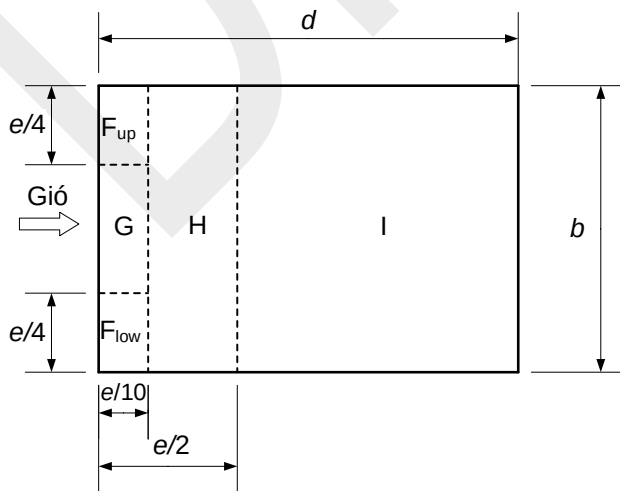
2.6.3.3 (F.3.3) Hệ số khí động áp lực c_e được xác định cho từng vùng theo các bảng 11 (F3a) và 12 (F.3b).



a) Sơ đồ chung



b) Góc hướng gió $\theta = 0^\circ$ và $\theta = 180^\circ$



c) Góc hướng gió $\theta = 90^\circ$

Hình 20 (F.4) – Mái dốc một phía

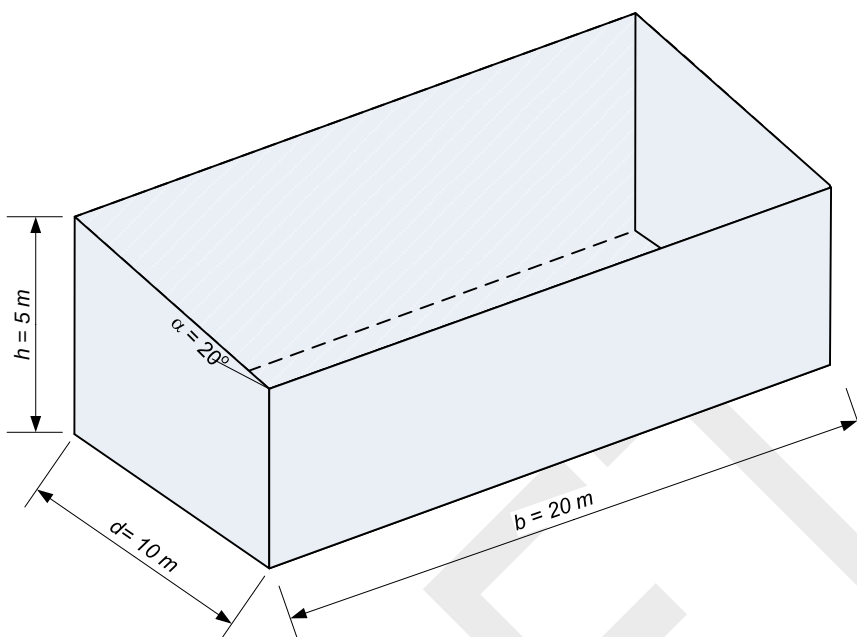
Bảng 11 (F.3a) – Hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho mái dốc một phía khi góc hướng gió $\theta = 0^\circ$ và $\theta = 180^\circ$

Góc dốc $\alpha, ^\circ$	Góc hướng gió $\theta = 0^\circ$			Góc hướng gió $\theta = 180^\circ$		
	Vùng			Vùng		
	F	G	H	F	G	H
5	- 1,7	- 1,2	- 0,6	- 2,3	- 1,3	- 0,8
	+ 0,0	+ 0,0	+ 0,0			
15	- 0,9	- 0,8	- 0,3	- 2,5	- 1,3	- 0,9
	+ 0,2	+ 0,2	+ 0,2			
30	- 0,5	- 0,5	- 0,2	- 1,1	- 0,8	- 0,8
	+ 0,7	+ 0,7	+ 0,4			
45	- 0,0	- 0,0	- 0,0	- 0,6	- 0,5	- 0,7
	+ 0,7	+ 0,7	+ 0,6			
60	+ 0,7	+ 0,7	+ 0,7	- 0,5	- 0,5	- 0,5
75	+ 0,8	+ 0,8	+ 0,8	- 0,5	- 0,5	- 0,5
CHÚ THÍCH 1: Khi $\theta = 0^\circ$, áp lực thay đổi nhanh giữa các giá trị âm và dương khi góc dốc $+ 5^\circ \leq \alpha \leq + 45^\circ$, do đó cả hai giá trị âm và dương đều được nêu trong bảng này. Đối với mái này, cần xét hai trường hợp: một là với tất cả các giá trị dương và hai là với tất cả các giá trị âm. Không được xét đồng thời giá trị âm và dương trên cùng một mặt. CHÚ THÍCH 2: Sử dụng phương pháp nội suy tuyến tính cho các góc dốc trung gian nằm giữa các giá trị cùng dấu. Các giá trị bằng 0,0 dùng để nội suy tuyến tính.						

Bảng 12 (F.3b) – Hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho mái dốc một phía khi góc hướng gió $\theta = 90^\circ$

Góc dốc $\alpha, ^\circ$	Vùng				
	F_{up}	F_{low}	G	H	I
5	- 2,1	- 2,1	- 1,8	- 0,6	- 0,5
15	- 2,4	- 1,6	- 1,9	- 0,8	- 0,7
30	- 2,1	- 1,3	- 1,5	- 1,0	- 0,8
45	- 1,5	- 1,3	- 1,4	- 1,0	- 0,9
60	- 1,2	- 1,2	- 1,2	- 1,0	- 0,7
75	- 1,2	- 1,2	- 1,2	- 1,0	- 0,5

Ví dụ 6: Tính toán hệ số khí động của mái dốc một phía của công trình có kích thước $b = 20$ m (rộng), $d = 10$ m (dài), $h = 5$ m (cao), góc dốc $\alpha = 20^\circ$.



Hình 21 – Sơ đồ nhà có mái dốc một phía

Lời giải:

Đối với góc hướng gió $\theta = 0^\circ$ và $\theta = 180^\circ$

Góc dốc $\alpha = 20^\circ$

Nội suy tuyến tính dựa theo Bảng 11 (F.3a).

Giá trị nội suy tuyến tính có được (trong ô màu đỏ) cho mái dốc một phía.

Đối với góc hướng gió $\theta = 90^\circ$.

góc dốc $\alpha = 20^\circ$

Nội suy tuyến tính dựa theo Bảng 12 (F.3b).

Giá trị nội suy tuyến tính có được (trong ô màu đỏ) cho mái dốc một phía.

Đối với hướng gió $\theta = 0^\circ$ thì $e = \min(b; 2h) = \min(20; 2 \times 5) = 10$ m.

Đối với hướng gió $\theta = 90^\circ$ thì $e = \min(b; 2h) = \min(10; 2 \times 5) = 10$ m.

Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho mái dốc một phía (đối với hướng gió $\theta = 0^\circ$) được thể hiện trong Hình 22.

Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho mái dốc một phía (đối với hướng gió $\theta = 180^\circ$) được thể hiện trong Hình 23.

Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho mái dốc một phía (đối với hướng gió $\theta = 90^\circ$) được thể hiện trong Hình 24.

Bảng 13 (F.3a) – Hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho mái dốc một phía khi góc hướng gió $\theta = 0^\circ$ và $\theta = 180^\circ$

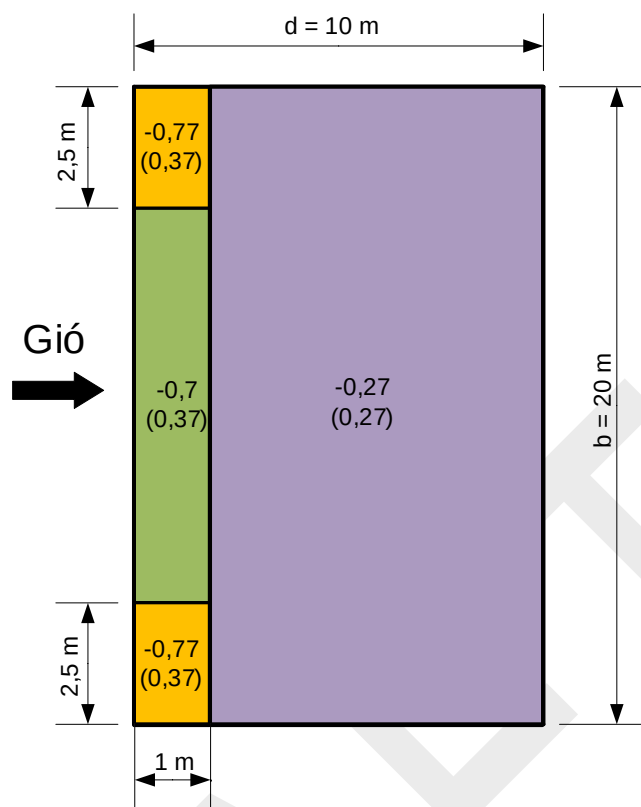
Góc dốc $\alpha, ^\circ$	Góc hướng gió $\theta = 0^\circ$			Góc hướng gió $\theta = 180^\circ$		
	Vùng			Vùng		
	F	G	H	F	G	H
5	- 1,7	- 1,2	- 0,6	- 2,3	- 1,3	- 0,8
	+ 0,0	+ 0,0	+ 0,0			
15	- 0,9	- 0,8	- 0,3	- 2,5	- 1,3	- 0,9
	+ 0,2	+ 0,2	+ 0,2			
20	-0,77	-0,70	-0,27	-2,03	-1,13	-0,87
	0,37	0,37	0,27			
30	- 0,5	- 0,5	- 0,2	- 1,1	- 0,8	- 0,8
	+ 0,7	+ 0,7	+ 0,4			
45	- 0,0	- 0,0	- 0,0	- 0,6	- 0,5	- 0,7
	+ 0,7	+ 0,7	+ 0,6			
60	+ 0,7	+ 0,7	+ 0,7	- 0,5	- 0,5	- 0,5
75	+ 0,8	+ 0,8	+ 0,8	- 0,5	- 0,5	- 0,5

CHÚ THÍCH 1: Khi $\theta = 0^\circ$, áp lực thay đổi nhanh giữa các giá trị âm và dương khi góc dốc $+ 5^\circ \leq \alpha \leq + 45^\circ$, do đó cả hai giá trị âm và dương đều được nêu trong bảng này. Đối với mái này, cần xét hai trường hợp: một là với tất cả các giá trị dương và hai là với tất cả các giá trị âm. Không được xét đồng thời giá trị âm và dương trên cùng một mặt.

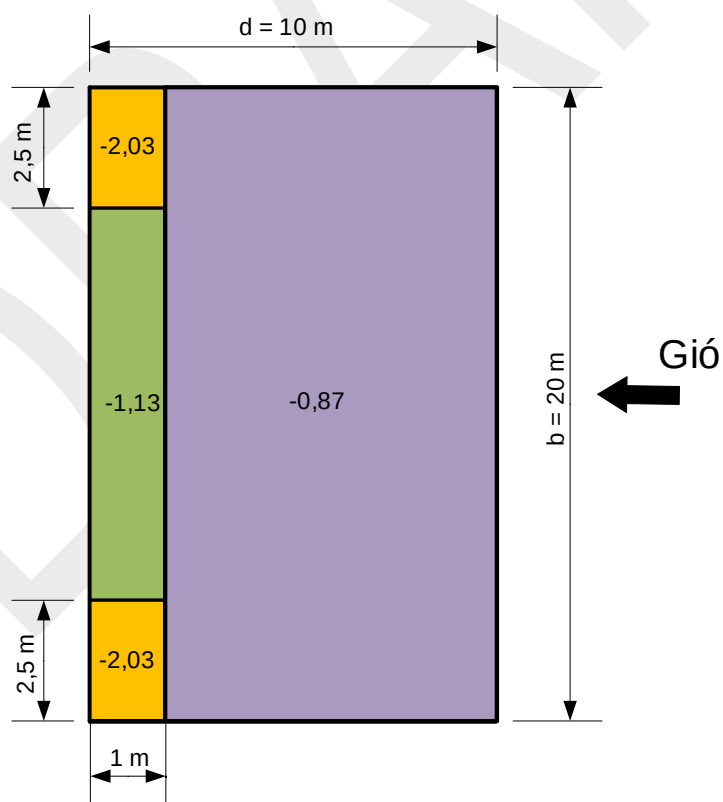
CHÚ THÍCH 2: Sử dụng phương pháp nội suy tuyến tính cho các góc dốc trung gian nằm giữa các giá trị cùng dấu. Các giá trị bằng 0,0 dùng để nội suy tuyến tính.

Bảng 14 (F.3b) – Hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho mái dốc một phía khi góc hướng gió $\theta = 90^\circ$

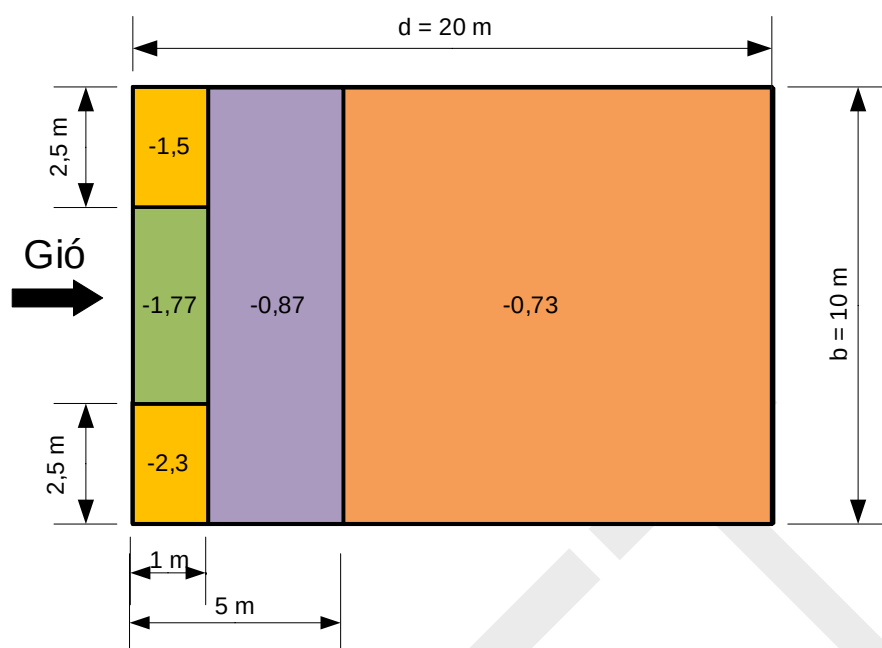
Góc dốc $\alpha, ^\circ$	Vùng				
	F_{up}	F_{low}	G	H	I
5	- 2,1	- 2,1	- 1,8	- 0,6	- 0,5
15	- 2,4	- 1,6	- 1,9	- 0,8	- 0,7
20	-2,30	-1,50	-1,77	-0,87	-0,73
30	- 2,1	- 1,3	- 1,5	- 1,0	- 0,8
45	- 1,5	- 1,3	- 1,4	- 1,0	- 0,9
60	- 1,2	- 1,2	- 1,2	- 1,0	- 0,7
75	- 1,2	- 1,2	- 1,2	- 1,0	- 0,5



Hình 22 – Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho mái dốc một phía (đối với hướng gió $\theta = 0^\circ$)



Hình 23 – Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho mái dốc một phía (đối với hướng gió $\theta = 180^\circ$)



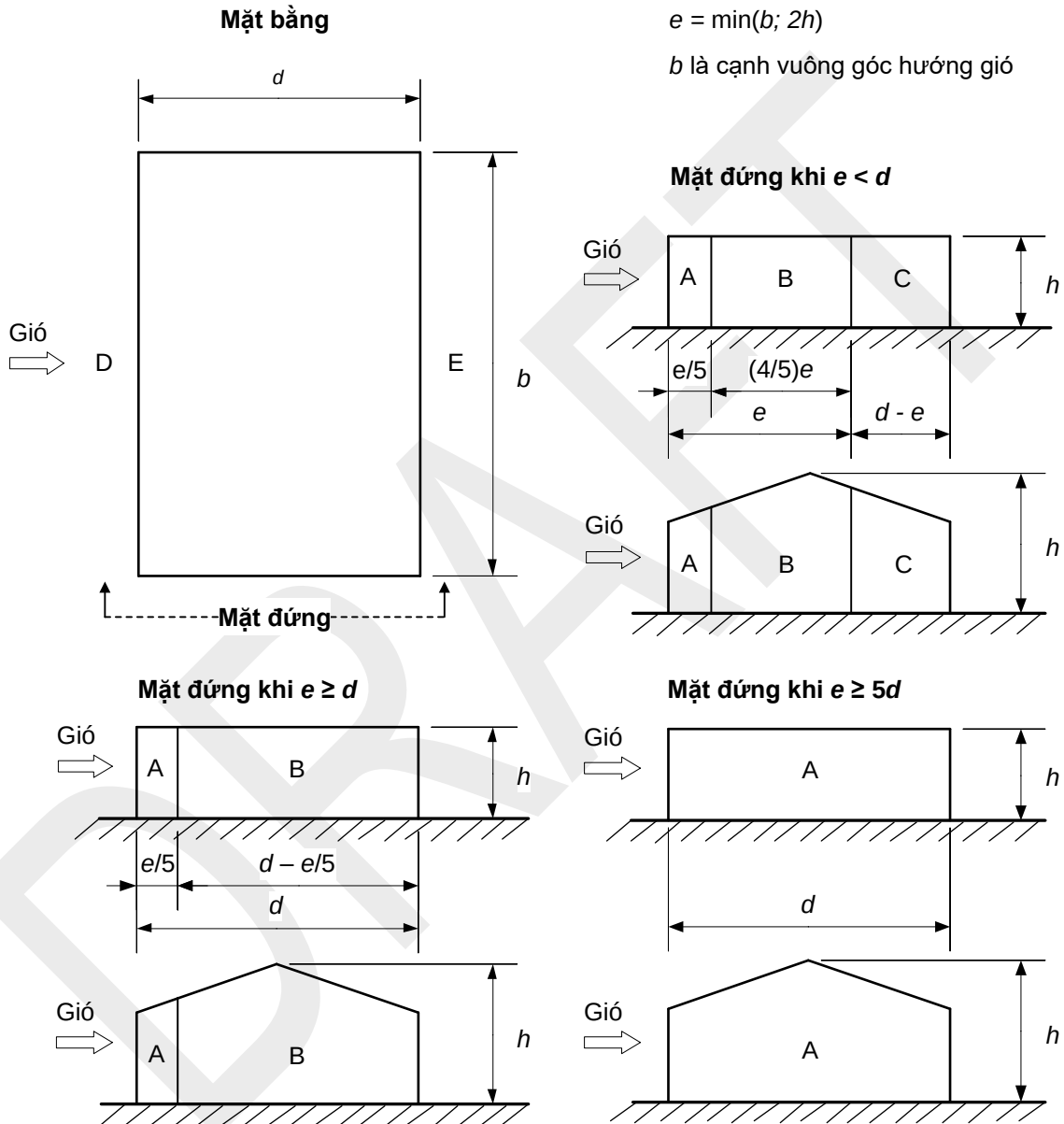
Hình 24 – Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho mái dốc một phía
(đối với hướng gió $\theta = 90^\circ$)

2.6.4 (F.4) Nhà có mặt bằng hình chữ nhật

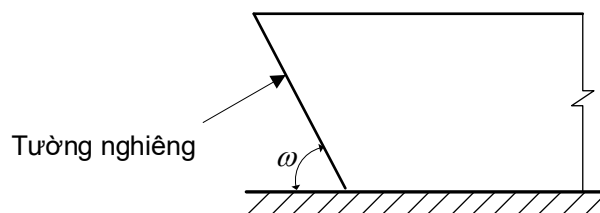
2.6.4.1 (F.4.1) Tường thẳng đứng

2.6.4.1.1 (F.4.1.1) Hệ số khí động c_e cho các vùng trên các tường của nhà có mặt bằng chữ nhật (Hình 26 (F.5a)) lấy theo Bảng 15 (F.4).

Đối với tường nghiêng (Hình 26 (F.5b)) với góc nghiêng trong khoảng $45^\circ < \omega < 90^\circ$, các hệ số khí động được xác định tương tự như đối với tường thẳng đứng.



Hình 25 (F.5a) – Tường thẳng đứng của nhà có mặt bằng chữ nhật



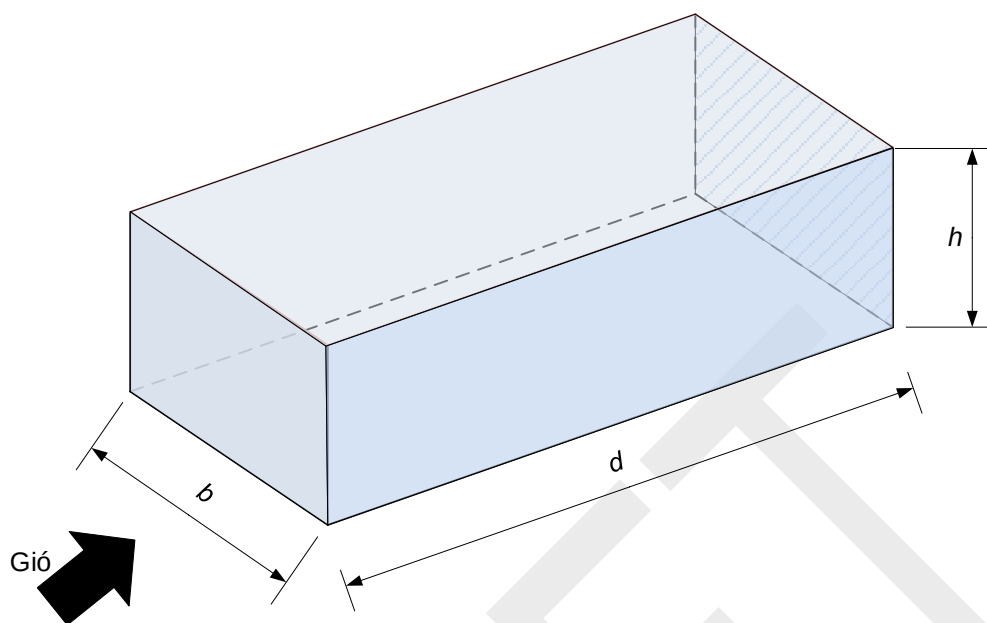
Hình 26 (F.5b) – Tường nghiêng của nhà có mặt bằng chữ nhật

**Bảng 15 (F.4) – Hệ số c_e cho tường thẳng đứng
của nhà có mặt bằng chữ nhật**

h/d	Vùng				
	A	B	C	D	E
5	- 1,2	- 0,8	- 0,5	+ 0,8	- 0,7
1	- 1,2	- 0,8	- 0,5	+ 0,8	- 0,5
$\leq 0,25$	- 1,2	- 0,8	- 0,5	+ 0,7	- 0,3

2.6.4.1.2 (F.4.1.2) Đối với các tường bên có lô gia nhô ra, hệ số khí động ma sát lấy bằng $c_f = 0,1$.

Ví dụ 7: Tính toán hệ số khí động cho các vùng trên mái của nhà có mặt bằng chữ nhật có kích thước b (rộng), d (dài), h (cao).



Hình 27 – Sơ đồ của nhà có mặt bằng chữ nhật

Lời giải:

Các giá trị của hệ số khí động cho các vùng của tường được nội suy tuyến tính dựa theo Bảng 15 (F.4) cho các tỷ số h/d khác nhau (phần chữ xanh)(xem Bảng 16 (F.4)).

Bảng 16 (F.4) – Hệ số c_e cho tường thẳng đứng của nhà có mặt bằng chữ nhật

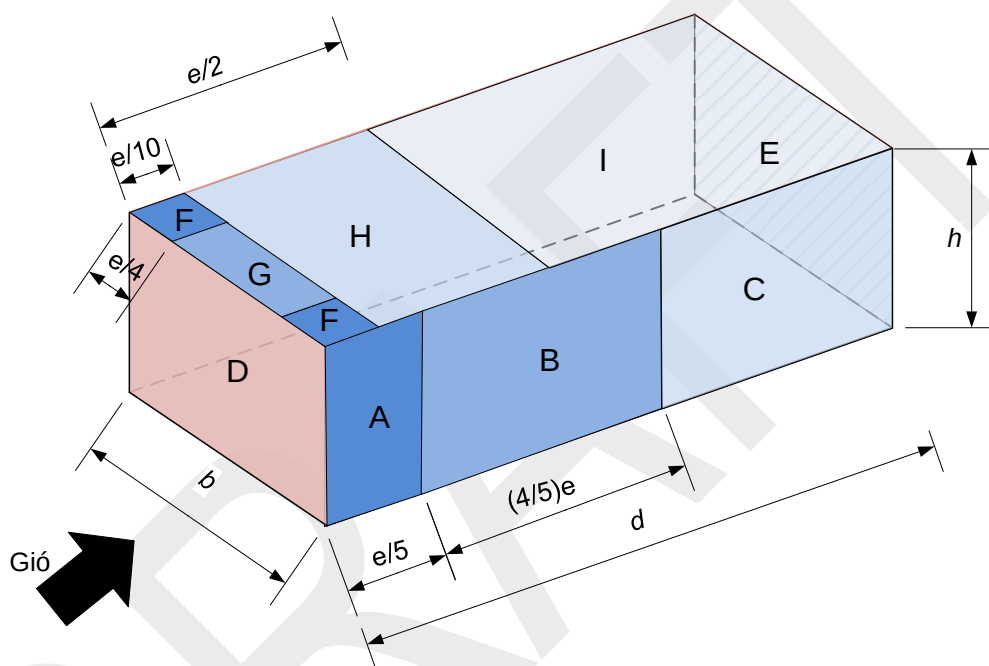
h/d	Vùng				
	A	B	C	D	E
5	- 1,2	- 0,8	- 0,5	+ 0,8	- 0,7
4	-1.20	-0.80	-0.50	0.80	-0.65
3	-1.20	-0.80	-0.50	0.80	-0.60
2	-1.20	-0.80	-0.50	0.80	-0.55
1	- 1,2	- 0,8	- 0,5	+ 0,8	- 0,5
0.9	-1.20	-0.80	-0.50	0.79	-0.47
0.8	-1.20	-0.80	-0.50	0.77	-0.45
0.7	-1.20	-0.80	-0.50	0.76	-0.42
0.6	-1.20	-0.80	-0.50	0.75	-0.39
0.5	-1.20	-0.80	-0.50	0.73	-0.37
0.4	-1.20	-0.80	-0.50	0.72	-0.34
0.3	-1.20	-0.80	-0.50	0.71	-0.31
$\leq 0,25$	- 1,2	- 0,8	- 0,5	+ 0,7	- 0,3

Các giá trị của hệ số khí động cho các vùng của mái được xác định theo Bảng 17 (F.2).

Bảng 17 (F.2) – Hệ số c_e cho mái bằng

Loại mái	Vùng			
	F	G	H	I
Có cạnh sắc	- 1,8	- 1,2	- 0,7	$\pm 0,2$

Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho nhà có mặt bằng hình chữ nhật (đối với hướng gió $\theta = 0^\circ$) được thể hiện trong Hình 28.



Hình 28 – Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho nhà có mặt bằng hình chữ nhật (đối với hướng gió $\theta = 0^\circ$)

CHÚ THÍCH 1: Giá trị hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho các mái bằng thì xem Bảng F.2

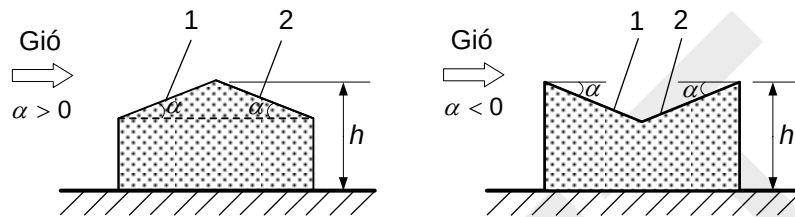
CHÚ THÍCH 2: $e = \min(b; 2h)$

2.6.4.2 (F.4.2) Mái dốc hai phía

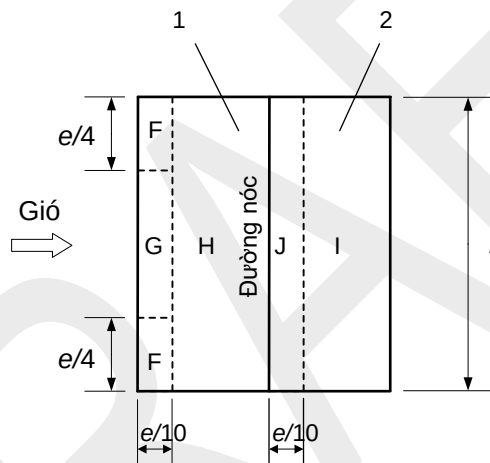
2.6.4.2.1 (F.4.2.1) Mái dốc hai phía được chia thành các vùng như trên Hình F.6.

2.6.4.2.2 (F.4.2.2) Hệ số khí động áp lực c_e cho các vùng của mái được xác định theo các bảng 18 (F.5a) và 19 (F.5b) phụ thuộc vào hướng gió.

2.6.4.2.3 (F.4.2.3) Đối với mái trơn dài khi góc hướng gió $\theta = 90^\circ$ (Hình 29 (F.6c)) thì hệ số khí động ma sát $c_f = 0,02$.

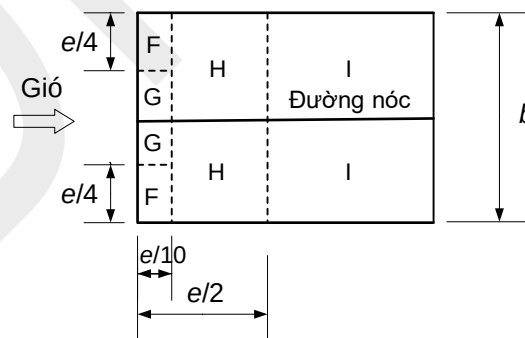


a) Sơ đồ chung



b) Góc hướng gió $\theta = 0^\circ$

$$e = \min(b; 2h)$$



c) Góc hướng gió $\theta = 90^\circ$

CHÚ DẪN:

1 – Phía đón gió;

2 – Phía hút gió.

Hình 29 (F.6) – Mái dốc hai phía của nhà có mặt bằng chữ nhật

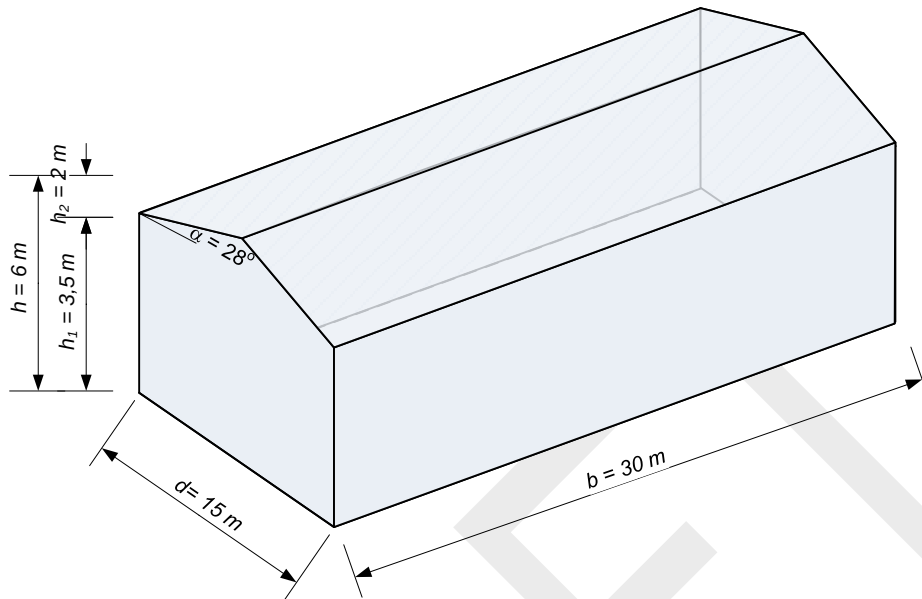
Bảng 18 (F.5a) – Hệ số c_e khi góc hướng gió $\theta = 0^\circ$

Góc dốc $\alpha, ^\circ$	Vùng				
	F	G	H	I	J
- 45	- 0,6	- 0,6	- 0,8	- 0,7	- 1,0
- 30	-1,1	- 2,0	- 0,8	- 0,6	- 0,8
- 15	- 2,5	- 1,3	- 0,9	- 0,5	- 0,7
- 5	- 2,3	- 1,2	- 0,8	+ 0,2	+ 0,2
				- 0,6	- 0,6
5	-1,7	- 1,2	- 0,6	- 0,6	+ 0,2
	+ 0,0	+ 0,0	+ 0,0		- 0,6
15	- 0,9	- 0,8	- 0,3	- 0,4	- 1,0
	+ 0,2	+ 0,2	+ 0,2		
30	- 0,5	- 0,5	- 0,2	- 0,4	- 0,5
	+ 0,7	+ 0,7	+ 0,4		
45	- 0,0	- 0,0	- 0,0	- 0,2	- 0,3
	+ 0,7	+ 0,7	+ 0,6	+ 0,0	+ 0,0
60	+ 0,7	+ 0,7	+ 0,7	- 0,2	- 0,3
75	+ 0,8	+ 0,8	+ 0,8	- 0,2	- 0,3
CHÚ THÍCH 1: Khi $\theta = 0^\circ$, áp lực thay đổi nhanh giữa các giá trị âm và dương khi góc dốc $- 5^\circ \leq \alpha \leq + 45^\circ$, do đó cả hai giá trị âm và dương đều được nêu trong bảng này. Đối với mái này, cần xét hai trường hợp: một là với tất cả các giá trị dương và hai là với tất cả các giá trị âm. Không được xét đồng thời giá trị âm và dương trên cùng một mặt. CHÚ THÍCH 2: Sử dụng nội suy tuyến tính cho các góc dốc nằm trong khoảng giữa các giá trị cùng dấu (không nội suy giữa $\alpha = + 5^\circ$ và $\alpha = - 5^\circ$ mà dùng số liệu cho mái bằng trong F.2). Các giá trị bằng 0,0 dùng để nội suy tuyến tính.					

Bảng 19 (F.5b) – Hệ số c_e khi góc hướng gió $\theta = 90^\circ$

Góc dốc $\alpha, ^\circ$	Vùng			
	F	G	H	I
- 45	- 1,4	- 1,2	- 1,0	- 0,9
- 30	- 1,5	- 1,2	- 1,0	- 0,9
- 15	- 1,9	- 1,2	- 0,8	- 0,8
- 5	- 1,8	- 1,2	- 0,7	- 0,6
+ 5	- 1,6	- 1,3	- 0,7	- 0,6
15	- 1,3	- 1,3	- 0,6	- 0,5
30	- 1,1	- 1,4	- 0,8	- 0,5
45	- 1,1	- 1,4	- 0,9	- 0,5
60	- 1,1	- 1,2	- 0,8	- 0,5
75	- 1,1	- 1,2	- 0,8	- 0,5

Ví dụ 8: Tính toán hệ số khí động cho các vùng trên mái dốc hai phía của nhà có mặt bằng chữ nhật có kích thước $b = 30$ m (rộng), $d = 15$ m (dài), $h = 6$ m (cao), $h_2 = 2,5$ m (chiều cao của mái).



Hình 30 – Sơ đồ nhà có mái dốc hai phía

Lời giải:

$$\text{Độ dốc mái tang } \alpha = \frac{h_2}{d} = \frac{2,5}{0,5 \cdot 15} = 0,333 \rightarrow \alpha = 18,4^\circ$$

Chiều cao tham chiếu trên mặt đất $z_e = h = 6$ m.

Đối với hướng gió $\theta = 0^\circ$, bề rộng đón gió $b = 30$ m.

Nội suy tuyến tính dựa theo Bảng 18 (F.5a).

Giá trị nội suy tuyến tính có được (trong ô màu đỏ) cho các vùng trên các tường của nhà có mặt bằng chữ nhật (xem Bảng 20 (F.5a)).

Đối với hướng gió $\theta = 90^\circ$, bề rộng đón gió $d = 15$ m.

Nội suy tuyến tính dựa theo Bảng 19 (F.5b).

Giá trị nội suy tuyến tính có được (trong ô màu đỏ) cho các vùng trên các tường của nhà có mặt bằng chữ nhật (xem Bảng 21 (F.5b)).

Đối với hướng gió $\theta = 0^\circ$ thì $e = \min(b; 2h) = \min(30; 2 \times 6) = 12$ m.

Đối với hướng gió $\theta = 90^\circ$ thì $e = \min(d; 2h) = \min(15; 2 \times 6) = 12$ m.

Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho mái dốc hai phía (đối với hướng gió $\theta = 0^\circ$) được thể hiện trong Hình 31.

Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho mái dốc hai phía (đối với hướng gió $\theta = 90^\circ$) được thể hiện trong Hình 32.

Bảng 20 (F.5a) – Hệ số c_e khi góc hướng gió $\theta = 0^\circ$

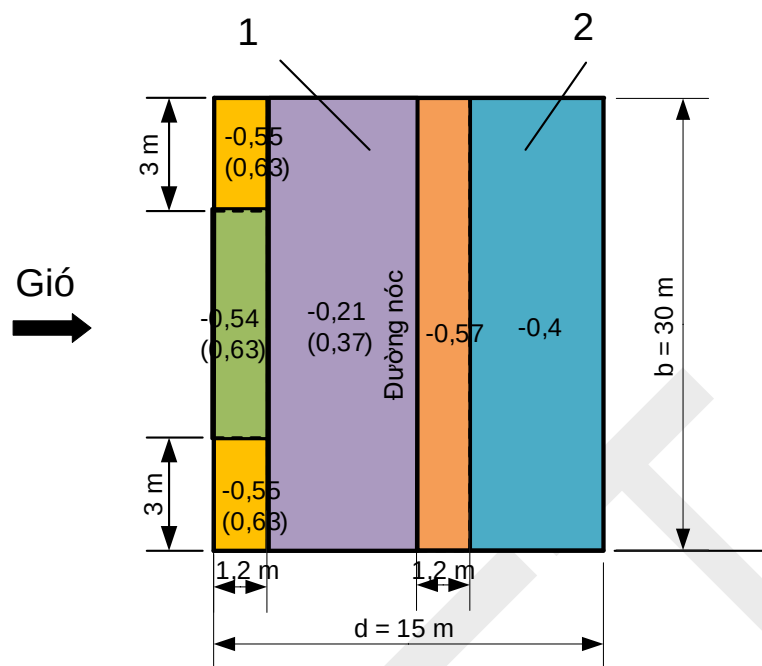
Góc dốc $\alpha, ^\circ$	Vùng				
	F	G	H	I	J
- 45	- 0,6	- 0,6	- 0,8	- 0,7	- 1,0
- 30	-1,1	- 2,0	- 0,8	- 0,6	- 0,8
- 15	- 2,5	- 1,3	- 0,9	- 0,5	- 0,7
- 5	- 2,3	- 1,2	- 0,8	+ 0,2	+ 0,2
				- 0,6	- 0,6
5	-1,7	- 1,2	- 0,6	- 0,6	+ 0,2
	+ 0,0	+ 0,0	+ 0,0		- 0,6
15	- 0,9	- 0,8	- 0,3	- 0,4	- 1,0
	+ 0,2	+ 0,2	+ 0,2		
18,4	-0,81	-0,73	-0,28	-0,40	-0,89
	0,31	0,31	0,25		
30	- 0,5	- 0,5	- 0,2	- 0,4	- 0,5
	+ 0,7	+ 0,7	+ 0,4		
45	- 0,0	- 0,0	- 0,0	- 0,2	- 0,3
	+ 0,7	+ 0,7	+ 0,6	+ 0,0	+ 0,0
60	+ 0,7	+ 0,7	+ 0,7	- 0,2	- 0,3
75	+ 0,8	+ 0,8	+ 0,8	- 0,2	- 0,3

CHÚ THÍCH 1: Khi $\theta = 0^\circ$, áp lực thay đổi nhanh giữa các giá trị âm và dương khi góc dốc $- 5^\circ \leq \alpha \leq + 45^\circ$, do đó cả hai giá trị âm và dương đều được nêu trong bảng này. Đối với mái này, cần xét hai trường hợp: một là với tất cả các giá trị dương và hai là với tất cả các giá trị âm. Không được xét đồng thời giá trị âm và dương trên cùng một mặt.

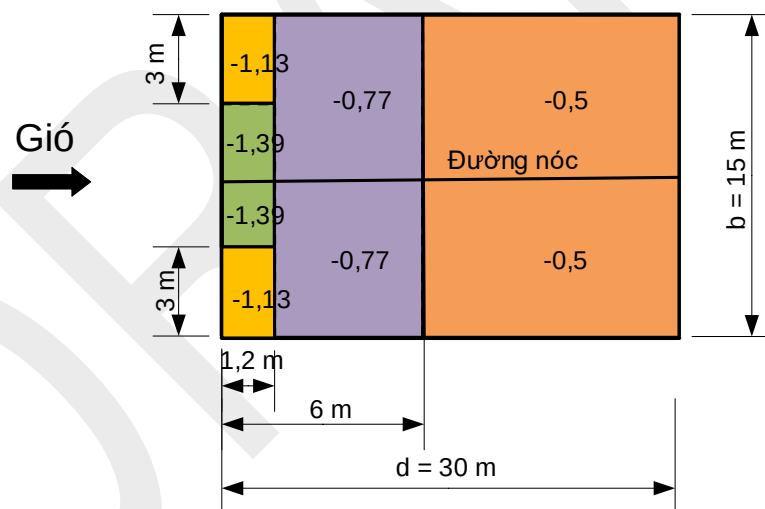
CHÚ THÍCH 2: Sử dụng nội suy tuyến tính cho các góc dốc nằm trong khoảng giữa các giá trị cùng dấu (không nội suy giữa $\alpha = + 5^\circ$ và $\alpha = - 5^\circ$ mà dùng số liệu cho mái bằng trong F.2). Các giá trị bằng 0,0 dùng để nội suy tuyến tính.

Bảng 21 (F.5b) – Hệ số c_e khi góc hướng gió $\theta = 90^\circ$

Góc dốc α , °	Vùng			
	F	G	H	I
- 45	- 1,4	- 1,2	- 1,0	- 0,9
- 30	- 1,5	- 1,2	- 1,0	- 0,9
- 15	- 1,9	- 1,2	- 0,8	- 0,8
- 5	- 1,8	- 1,2	- 0,7	- 0,6
+ 5	- 1,6	- 1,3	- 0,7	- 0,6
15	- 1,3	- 1,3	- 0,6	- 0,5
28	-1,13	-1,39	-0,77	-0,50
30	- 1,1	- 1,4	- 0,8	- 0,5
45	- 1,1	- 1,4	- 0,9	- 0,5
60	- 1,1	- 1,2	- 0,8	- 0,5
75	- 1,1	- 1,2	- 0,8	- 0,5



Hình 31 – Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài ce cho mái dốc hai phía (đối với hướng gió $\theta = 0^\circ$)



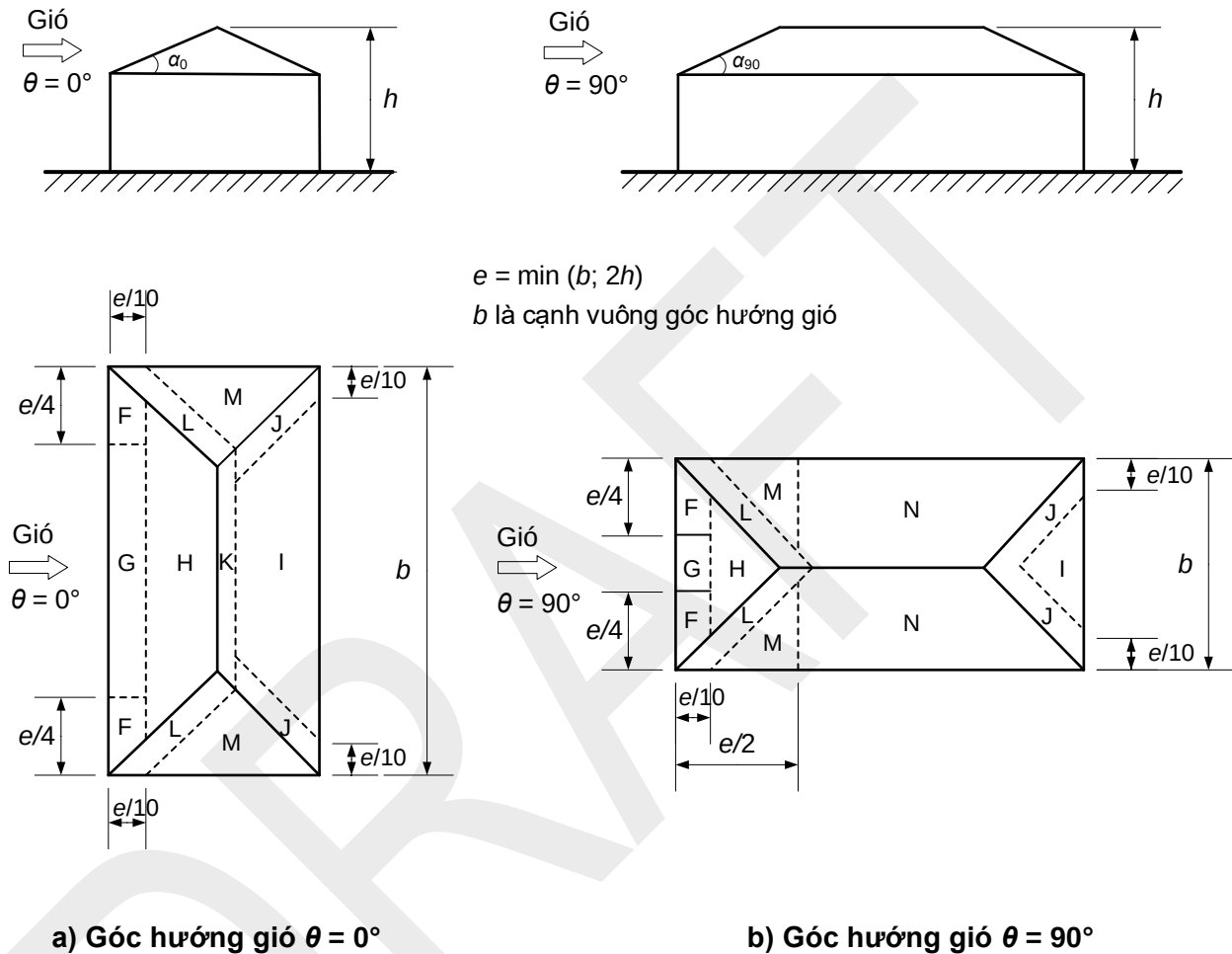
Hình 32 – Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài ce cho mái dốc hai phía (đối với hướng gió $\theta = 90^\circ$)

2.6.5 (F.5) Mái dốc bốn phía

2.6.5.1 (F.5.1) Mái dốc bốn phía, bao gồm cả các phần nhô ra, được chia thành các vùng như trên Hình F.7.

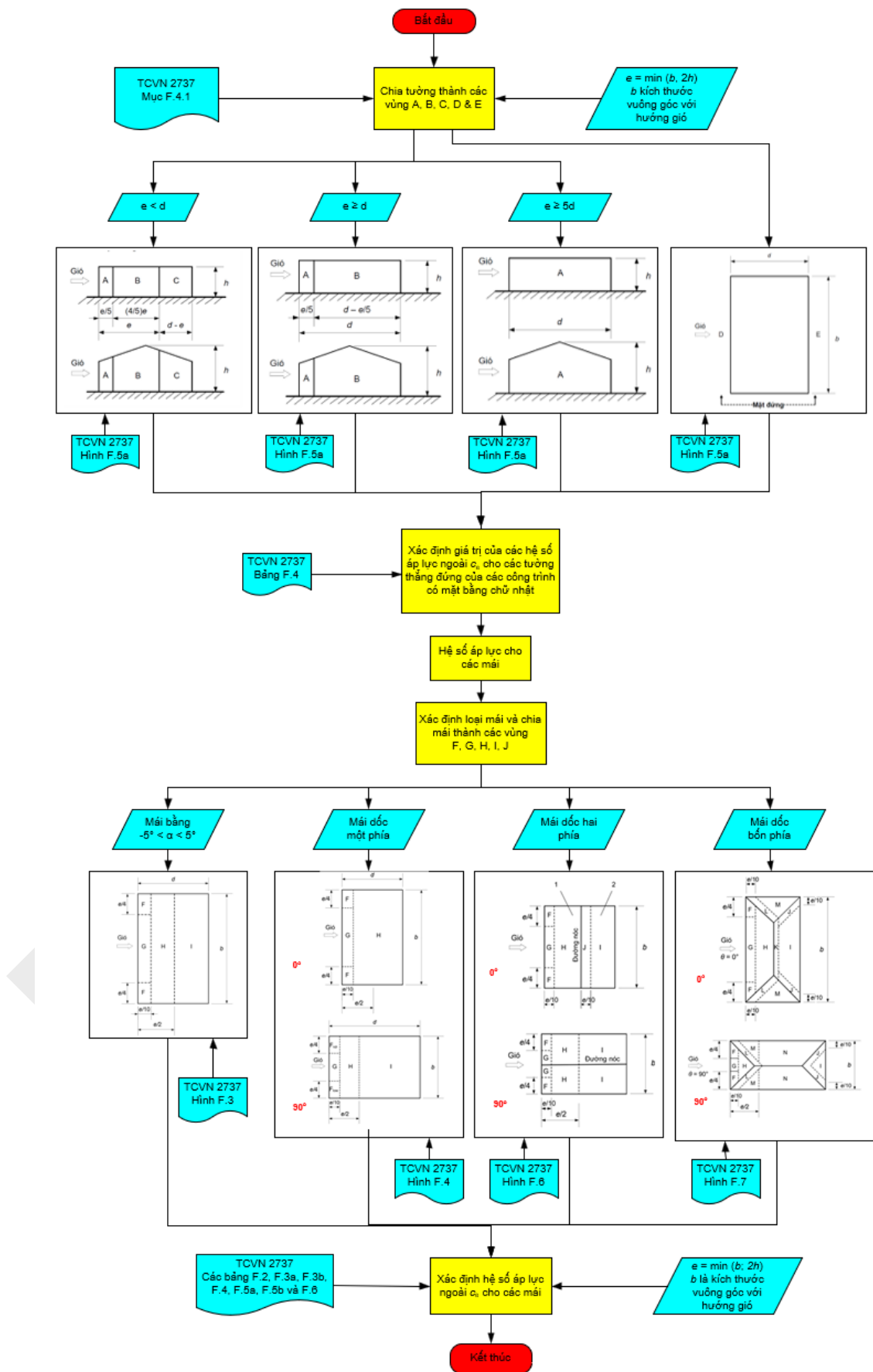
2.6.5.2 (F.5.2) Độ cao tương đương lấy bằng $z_e = h$.

2.6.5.3 (F.5.3) Hệ số khí động áp lực c_e cho từng vùng lấy theo Bảng F.6.



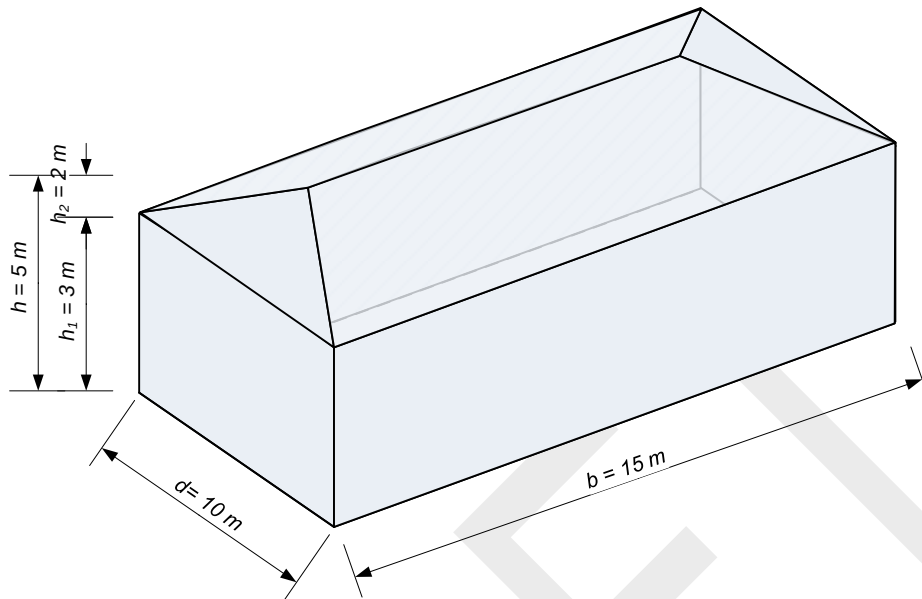
Hình 33 (F.7) – Mái dốc bốn phía

Sơ đồ xác định hệ số khí động cho kết cấu mái và tường được thể hiện trong Hình 34.



Hình 34 – Sơ đồ xác định hệ số khí động cho kết cấu mái và tường

Ví dụ 9: Tính toán hệ số khí động cho các vùng trên các tường của nhà có mặt bằng chữ nhật với Mái dốc bốn phía có kích thước $b = 15$ m (rộng), $d = 10$ m (dài), $h = 5$ m, $h_1 = 3$ m (cao). Độ dốc mái $\alpha^0 = \alpha^{90} = 18^0$.



Hình 35 – Sơ đồ nhà có mái dốc hai phía

Lời giải:

Chiều cao tham chiếu trên mặt đất $z_e = h = 5$ m.

Đối với hướng gió $\theta = 0^0$ thì $e = \min(b; 2h) = \min(15; 2 \times 5) = 10$ m

Đối với hướng gió $\theta = 90^0$ thì $e = \min(b; 2h) = \min(10; 2 \times 5) = 10$ m

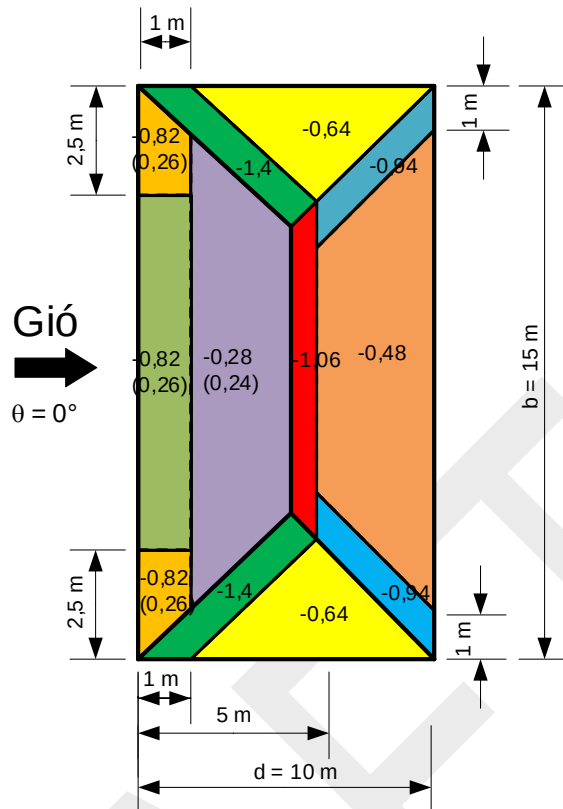
Đối với hướng gió $\theta = 0^0$ và $\theta = 90^0$,

Nội suy tuyến tính dựa theo Bảng 22 (F.6).

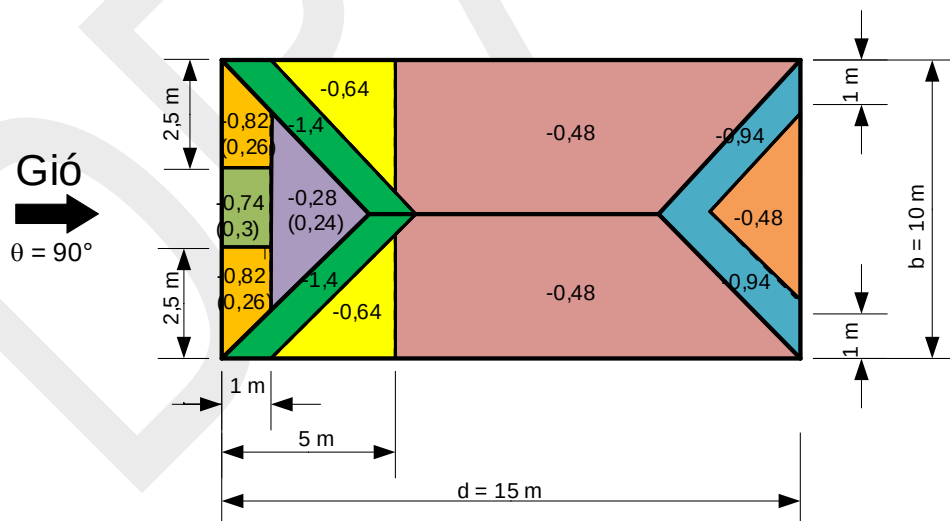
Giá trị nội suy tuyến tính có được (trong ô màu đỏ) cho các vùng trên các tường của nhà có mặt bằng chữ nhật (xem Bảng 22 (F.6)).

Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho mái dốc bốn phía (đối với hướng gió $\theta = 0^0$) được thể hiện trong Hình 36.

Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho mái dốc bốn phía (đối với hướng gió $\theta = 90^0$) được thể hiện trong Hình 37.



Hình 36 – Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài ce cho mái dốc bốn phía
(đối với hướng gió $\theta = 0^\circ$)



Hình 37 – Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài ce cho mái dốc bốn phía
(đối với hướng gió $\theta = 90^\circ$)

Bảng 22 (F.6) – Hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho mái dốc bốn phía

Góc dốc $\alpha_0, ^\circ$, cho $\theta = 0^\circ$, $\alpha_{90}, ^\circ$, cho $\theta = 90^\circ$	Các vùng khi góc hướng gió $\theta = 0^\circ$ và $\theta = 90^\circ$								
	F	G	H	I	J	K	L	M	N
5	- 1,7	- 1,2	- 0,6	- 0,3	- 0,6	- 0,6	- 1,2	- 0,6	- 0,4
	+ 0,0	+ 0,0	+ 0,0						
15	- 0,9	- 0,8	- 0,3	- 0,5	- 1,0	- 1,2	- 1,4	- 0,6	- 0,3
	+ 0,2	+ 0,2	+ 0,2						
18	-0,82	-0,74	-0,28	-0,48	-0,94	-1,06	-1,4	-0,64	-0,48
	0,26	0,30	0,24						
30	- 0,5	- 0,5	- 0,2	- 0,4	- 0,7	- 0,5	- 1,4	- 0,8	- 0,2
	+ 0,5	+ 0,7	+ 0,4						
45	- 0,0	- 0,0	- 0,0	- 0,3	- 0,6	- 0,3	- 1,3	- 0,8	- 0,2
	+ 0,7	+ 0,7	+ 0,6						
60	+ 0,7	+ 0,7	+ 0,7	- 0,3	- 0,6	- 0,3	- 1,2	- 0,4	- 0,2
75	+ 0,8	+ 0,8	+ 0,8	- 0,3	- 0,6	- 0,3	- 1,2	- 0,4	- 0,2

CHÚ THÍCH 1: Khi $\theta = 0^\circ$, áp lực thay đổi nhanh giữa các giá trị âm và dương trên mặt đón gió khi góc dốc - $5^\circ \leq \alpha \leq + 45^\circ$, do đó cả hai giá trị âm và dương đều được nêu trong bảng này. Đối với mái này, cần xét hai trường hợp: một là với tất cả các giá trị dương và hai là với tất cả các giá trị âm. Không xét đồng thời cả hai giá trị âm và dương trên cùng một mặt.

CHÚ THÍCH 2: Sử dụng nội suy tuyến tính cho các góc dốc nằm giữa các giá trị cùng dấu. Các giá trị bằng 0,0 dùng để nội suy tuyến tính.

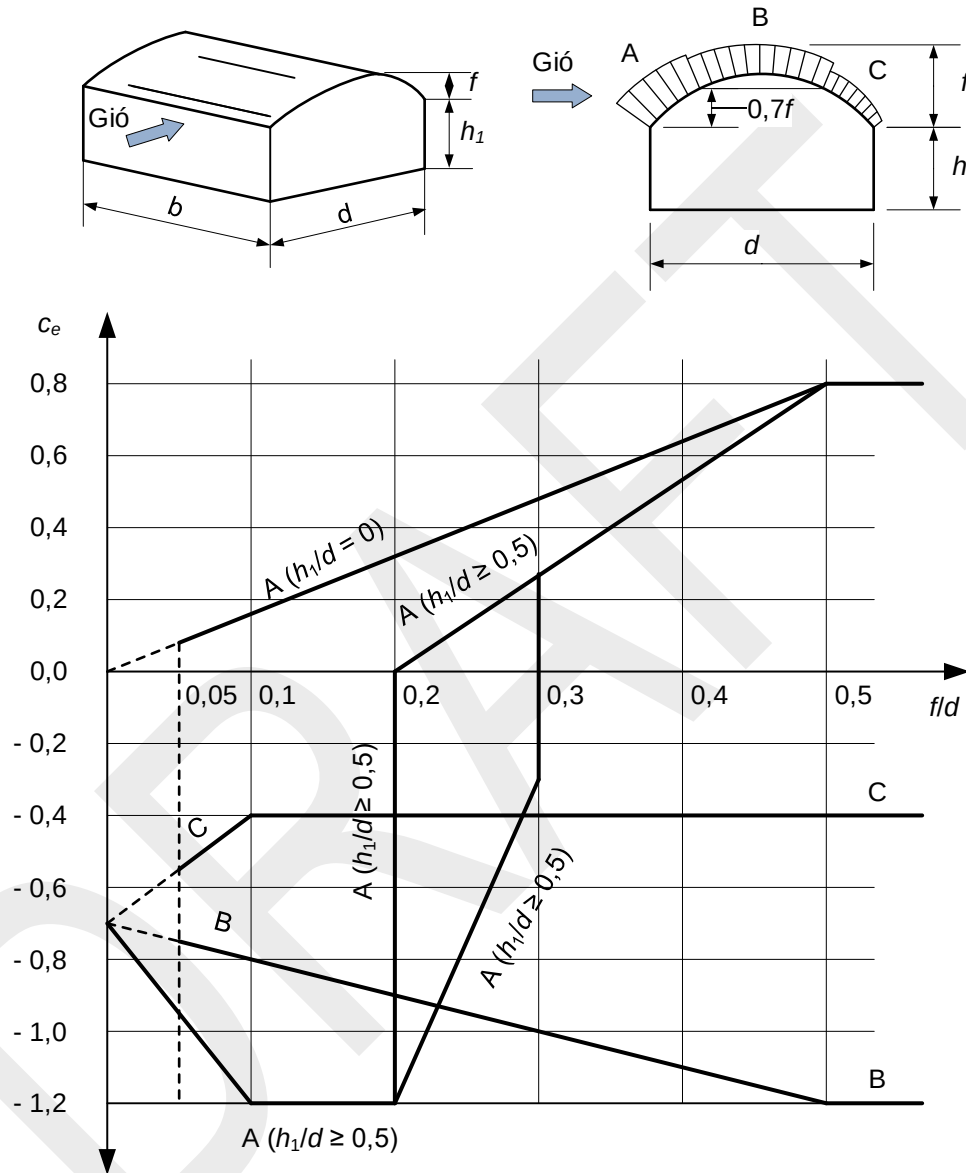
CHÚ THÍCH 3: Góc dốc của mặt đón gió luôn ảnh hưởng tới hệ số khí động áp lực.

2.6.6 (F.6) Nhà mặt bằng chữ nhật có mái vòm và gần vòm

2.6.6.1 (F.6.1) Sự phân bố hệ số khí động c_e cho các vùng A, B, C trên bề mặt mái được thể hiện trên Hình F.8.

2.6.6.2 (F.6.2) Hệ số khí động c_e cho tường lấy theo Bảng 15 (F.4).

2.6.6.3 (F.6.3) Khi xác định độ cao tương đương z_e theo 2.2.4 (10.2.4): $h = h_1 + 0,7f$.

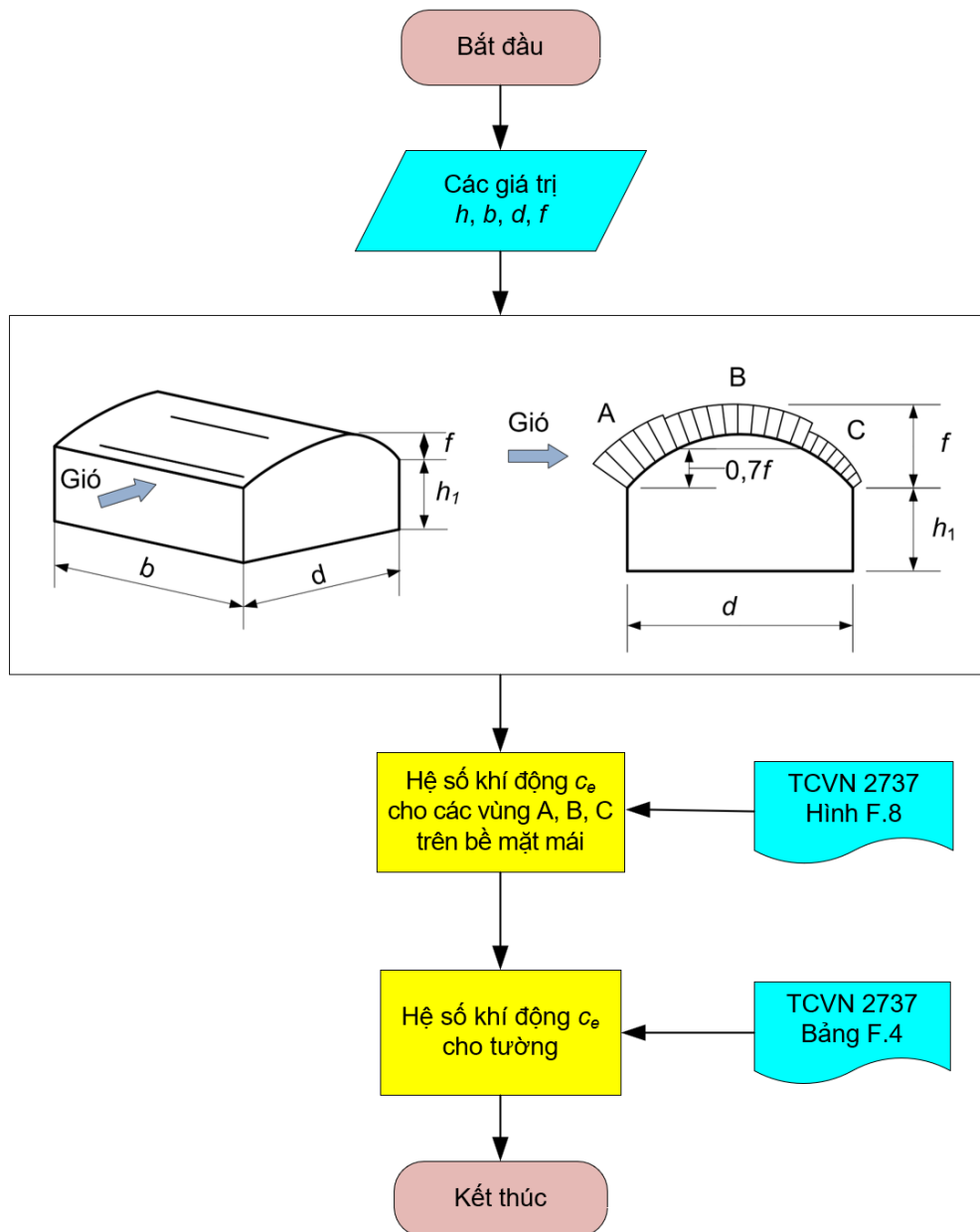


CHÚ THÍCH 1: Khi $0 < h_1/d < 0,5$ thì c_{e1} có thể được xác định bằng nội suy tuyến tính.

CHÚ THÍCH 2: Khi $0,2 \leq f/d \leq 0,3$ và $h_1/d \geq 0,5$ thì phải xét hai giá trị của hệ số khí động c_e cho vùng A.

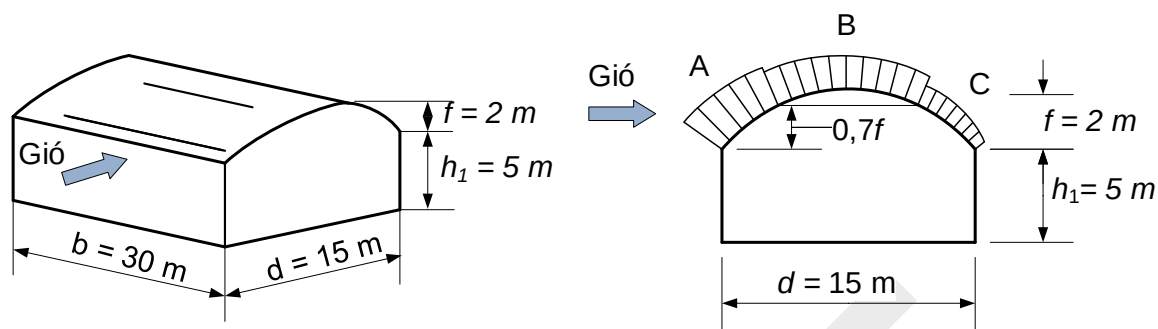
Hình 38 (F.8) – Phân bố hệ số khí động c_e trên bề mặt mái vòm và mái gần giống vòm

Sơ đồ xác định hệ số khí động cho nhà mặt bằng chữ nhật có mái vòm và gôn vòm được thể hiện trong Hình 39.



Hình 39 – Sơ đồ xác định hệ số khí động cho nhà mặt bằng chữ nhật có mái vòm và gôn vòm

Ví dụ 10: Tính toán hệ số khí động cho các vùng trên các tường của nhà mặt bằng chữ nhật có mái vòm có kích thước $f = 2 \text{ m}$ (rộng), $d = 15 \text{ m}$ (dài), $h_1 = 5 \text{ m}$ (cao).



Hình 40 – Sơ đồ nhà mặt bằng chữ nhật có mái vòm và gần vòm

Lời giải:

$$\frac{f}{d} = \frac{2}{15} = 0,133; \quad \frac{h_1}{d} = \frac{5}{15} = 0,333 < 0,5$$

Cho vùng A

$$\text{Với } \frac{h_1}{d} = 0 \text{ thì } c_e = \frac{0,8}{0,5} \cdot \frac{f}{d} = \frac{0,8}{0,5} \cdot 0,133 = 0,213$$

$$\text{Với } \frac{h_1}{d} \geq 0,5 \text{ thì } c_e = -1,2$$

Nội suy tuyến tính giữa $0,1 \leq \frac{f}{d} \leq 0,2$ giữa 2 đường A ($\frac{h_1}{d} = 0$) và đường A ($\frac{h_1}{d} \geq 0,5$) của Hình 38 (F.8):

$$\frac{-1,2 - 0,213}{0,5 - 0} = \frac{c_e - 0,213}{0,333 - 0} \rightarrow c_e^A = \left(\frac{-1,20 - 0,213}{0,5 - 0} \right) \cdot 0,333 + 0,213 = -0,73$$

Cho vùng B

Đường B ($\frac{f}{d}$) giữa khoảng $0,05 \leq \frac{f}{d} \leq 0,5$

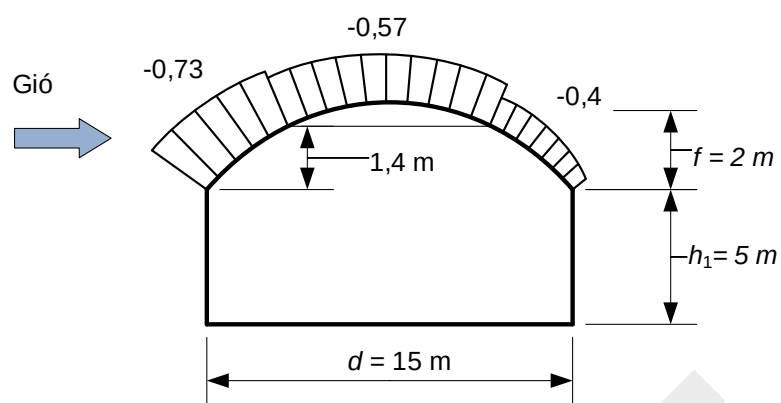
$$c_e^B = \frac{f}{d} - 0,7 = 0,133 - 0,7 = -0,57$$

Đường C ($\frac{f}{d}$) giữa khoảng $0,05 \leq \frac{f}{d} \leq 0,5$

$$c_e^C = -0,40$$

Kết luận: Hệ số khí động của vùng A là $c_e^A = -0,73$; vùng B là $c_e^B = -0,83$; vùng C là $c_e^C = -0,40$

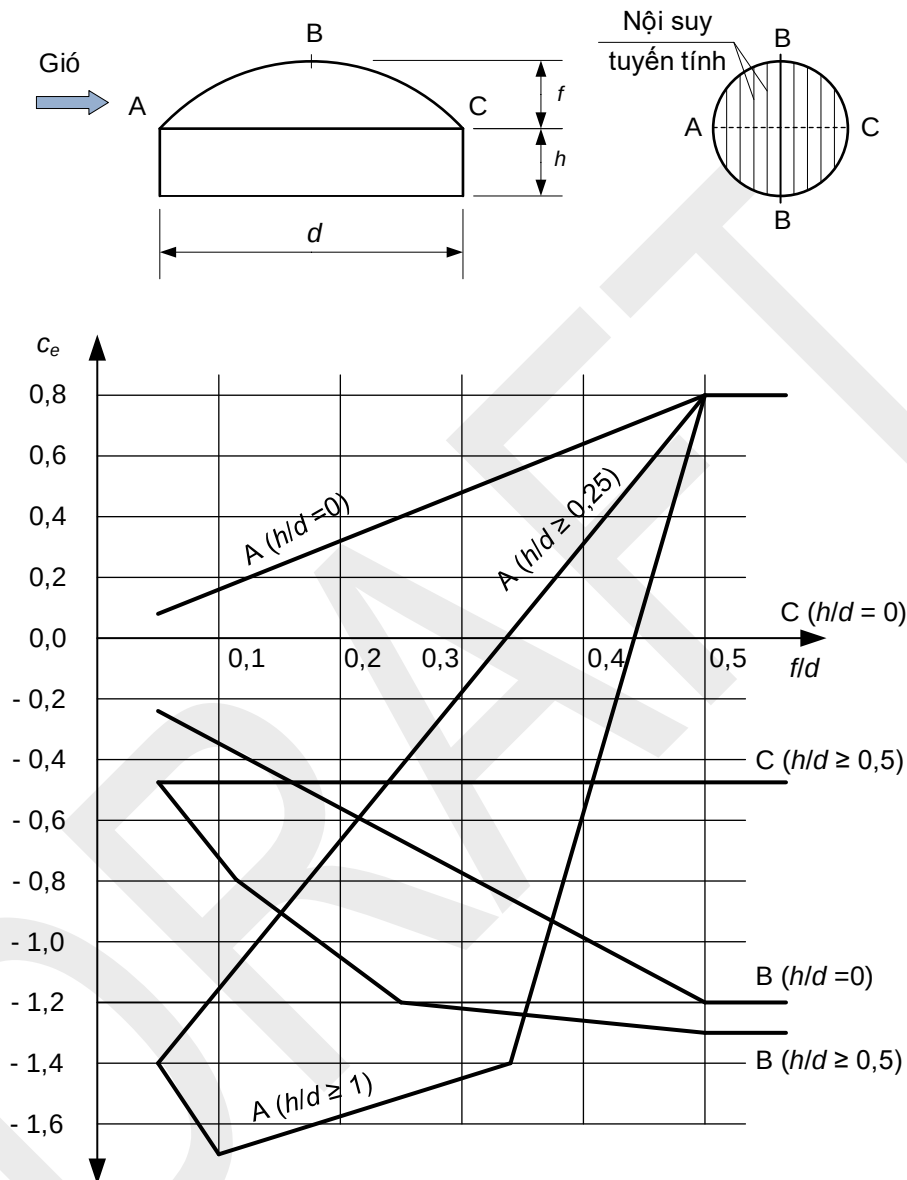
Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài c_e của nhà mặt bằng chữ nhật có mái vòm và gần vòm được thể hiện trong Hình 41.



Hình 41 – Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài c_e của nhà mặt bằng chữ nhật có mái vòm và gôn vòm

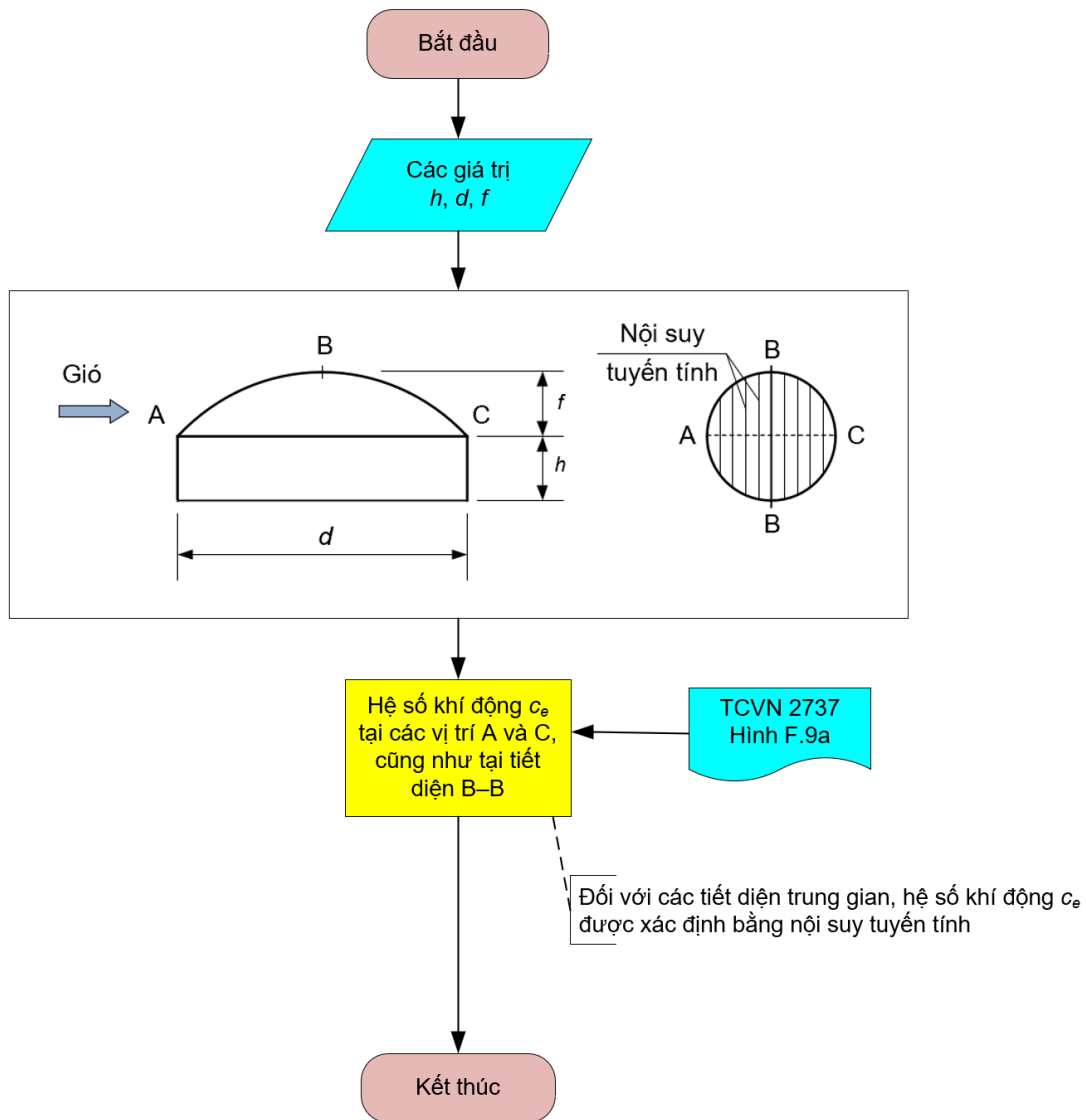
2.6.7 (F.7) Công trình mặt bằng tròn có mái chỏm cầu và mái nón

2.6.7.1 (F.7.1) Đối với mái chỏm cầu (xem Hình 42 (F.9a)), giá trị hệ số khí động áp lực ngoài c_e lấy không đổi dọc theo các tiết diện song song với B–B. Các giá trị của hệ số c_e tại các vị trí A và C, cũng như tại tiết diện B–B được thể hiện trên Hình 42 (F.9a). Đối với các tiết diện trung gian, hệ số c_e được xác định bằng nội suy tuyến tính.



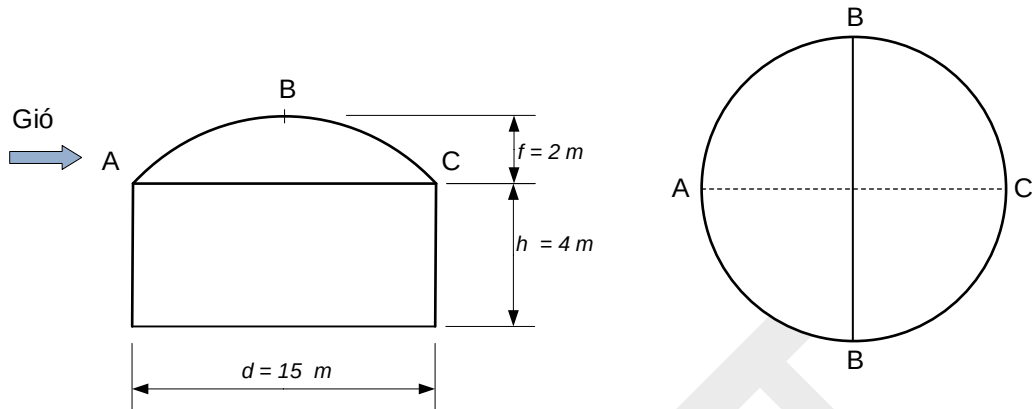
Hình 42 (F.9a) – Mái chỏm cầu

Sơ đồ xác định hệ số khí động cho công trình mặt bằng tròn có mái chòm cầu và mái nón được thể hiện trong Hình 43.



Hình 43 – Sơ đồ xác định hệ số khí động cho công trình mặt bằng tròn có mái chòm cầu và mái nón

Ví dụ 11: Tính toán hệ số khí động cho các vùng của công trình mặt bằng tròn có mái chỏm cầu có kích thước $f = 2 \text{ m}$, $d = 15 \text{ m}$ (đường kính), $h = 4 \text{ m}$ (cao).



Hình 44 – Sơ đồ nhà có mái dốc hai phía

Lời giải:

$$\frac{f}{d} = \frac{2}{15} = 0,133; \quad \frac{h}{d} = \frac{4}{15} = 0,267$$

Cho vùng A

Nằm trong khoảng $0,25 \leq \frac{h}{d} \leq 1$

Nội suy tuyến tính giữa 2 đường A ($\frac{h}{d} = 0,25$) và đường A ($\frac{h}{d} \geq 1$) của Hình F.9a:

Với đường A ($\frac{h}{d} = 0,25$)

$$\text{thì } c_e = \frac{0,8 - (-1,4)}{0,5 - 0,05} \cdot \left(\frac{f}{d} - 0,05 \right) - 1,4 = \frac{0,8 + 1,4}{0,5 - 0,05} \cdot (0,133 - 0,05) - 1,4 = -0,99$$

Với đường A ($\frac{h}{d} \geq 1$) trong khoảng: $0,1 \leq \frac{f}{d} \leq [0,4 - (0,09/1,3)]$

$$\begin{aligned} \text{thì } c_e &= \frac{-1,4 + 1,65}{[0,4 - (0,09/1,3)] - 0,1} \cdot \left(\frac{f}{d} - 0,1 \right) - 1,65 \\ &= \frac{-1,4 + 1,65}{[0,4 - (0,09/1,3)] - 0,1} \cdot (0,133 - 0,1) - 1,65 = -1,61 \end{aligned}$$

Nội suy tuyến tính cho A ($\frac{h}{d} = 0,267$):

$$\frac{-1,61 - (-0,99)}{1 - 0,25} = \frac{c_e^A - (-0,99)}{0,267 - 0,25} \rightarrow c_e^A = -1,00$$

Cho vùng B

Với đường B ($\frac{h}{d} = 0$) trong khoảng $0,05 \leq \frac{f}{d} \leq 0,5$

$$c_e^B = \frac{-0,6+1,2}{\beta-0,5} \cdot \left(\frac{f}{d}-0,5\right) - 1,2 \text{ với } \beta = (1,4-0,6) \frac{0,5-0,05}{0,8+1,4} + 0,05 = 0,214$$

$$\frac{-1,2+0,8}{0,25-0,1} \cdot \left(\frac{f}{d}-0,1\right) - c_e^B = \frac{-0,6+1,2}{0,214-0,5} \cdot \left(\frac{f}{d}-0,5\right) - 1,2 = -0,43$$

Với đường B ($\frac{h}{d} \geq 0,5$) trong khoảng $0,1 \leq \frac{f}{d} \leq 0,25$

$$c_e^B = \frac{-1,2+0,8}{0,25-0,1} \cdot \left(\frac{f}{d}-0,1\right) - 0,8 = \frac{-1,2+0,8}{0,25-0,1} \cdot (0,133-0,1) - 0,8 = -0,89$$

Nội suy tuyến tính cho B ($\frac{h}{d} = 0,267$):

$$\frac{-0,89 - (-0,43)}{0,5 - 0} = \frac{c_e^B - (-0,43)}{0,267 - 0} \rightarrow c_e^B = -0,68$$

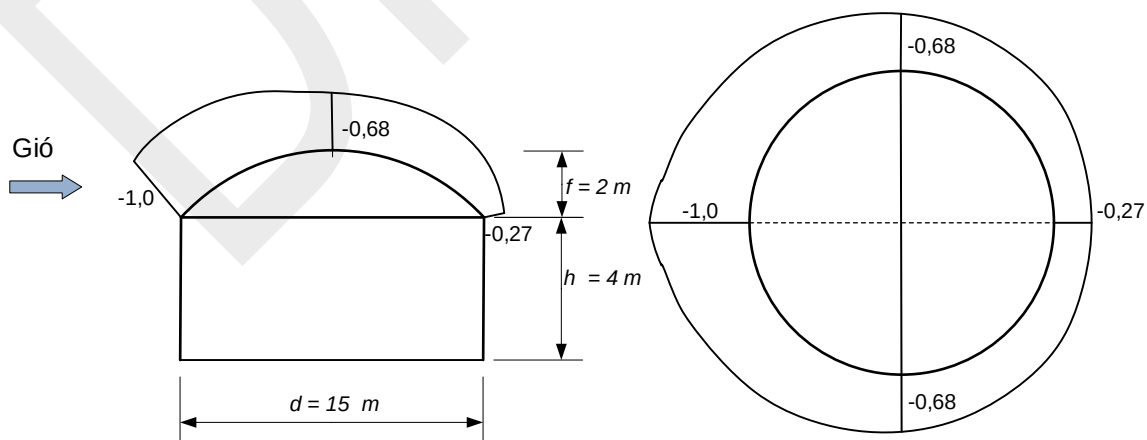
Cho vùng C

Nội suy tuyến tính cho C ($\frac{h}{d}=0$) thì $C_e = 0$ và C ($\frac{h}{d}=0,5$) thì $C_e = -0,5$:

$$c_e^C = \frac{-0,5-0}{0,5-0} \cdot (0,267-0) + 0 = -0,27$$

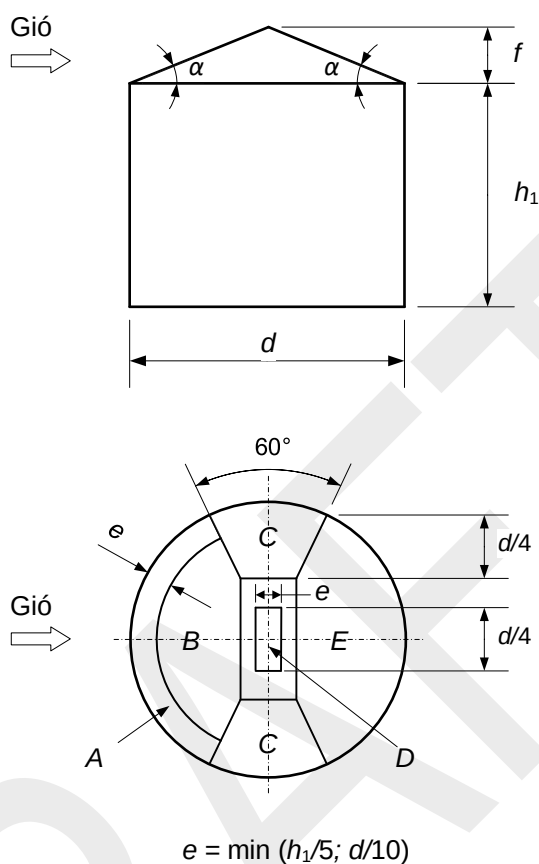
Kết luận: Hệ số khí động của vùng A là $c_e^A = -1,00$; vùng B là $c_e^B = -0,68$; vùng C là $c_e^C = -0,27$

Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài c_e của công trình mặt bằng tròn có mái chòm cầu và mái nón được thể hiện trong Hình 45.



Hình 45 – Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài c_e của công trình mặt bằng tròn có mái chòm cầu và mái nón

2.6.7.2 (F.7.2) Đối với mái nón (xem Hình 46 (F.9b)), giá trị hệ số khí động áp lực ngoài c_e khi góc dốc của mái $15^\circ < \alpha < 30^\circ$ được xác định theo Bảng 22 (F.7).



Hình 46 (F.9b) – Mái nón

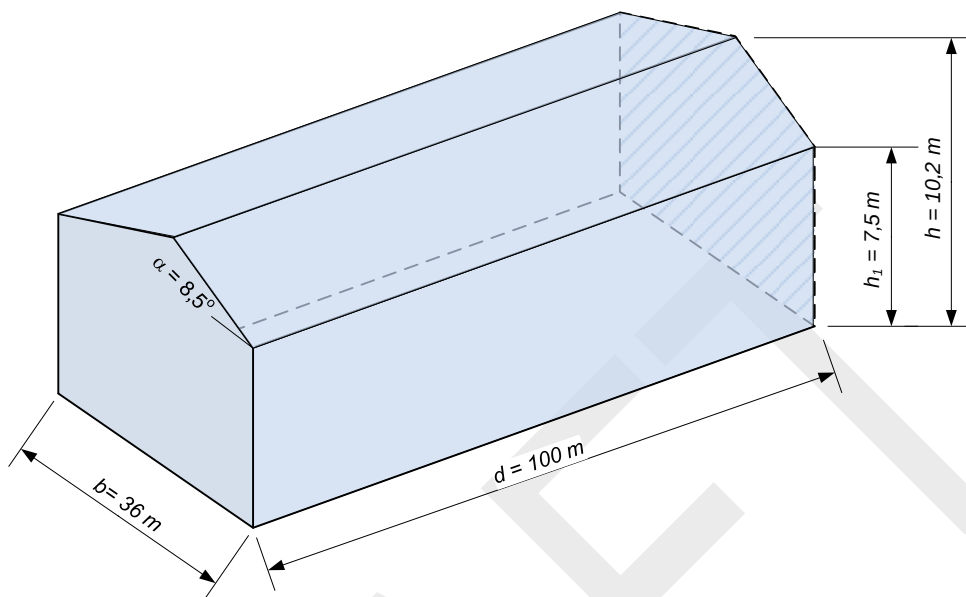
Bảng 23 (F.7) – Hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho mái nón

Vùng				
A	B	C	D	E
- 1,5	- 1,0	- 1,1	- 2,0	- 0,7

2.6.7.3 (F.7.3) Đối với mái chỏm cầu và mái nón khi xác định độ cao tương đương z_e theo 2.2.4 (10.2.4): $h = h_1 + 0,7f$.

Hình 47 (F.10) – Nhà có cửa trời dọc nhà và nhà có chiều cao thay đổi

Ví dụ 12: Tính toán hệ số khí động cho các vùng trên các tường, mái của nhà công nghiệp (không có cửa trời dọc nhà) có mặt bằng chữ nhật với mái dốc hai phía có kích thước $b = 36$ m (rộng), $d = 100$ m (dài), $h = 10,2$ m, $h_1 = 7,5$ m (cao). Độ dốc mái $\alpha = 8,5^\circ$.



Hình 48 – Sơ đồ nhà công nghiệp không có cửa trời

Lời giải:

Chiều cao tham chiếu trên mặt đất $z_e = h = 10,2$ m.

$e = \min(b; 2h) = \min(36; 2 \times 10,2) = 20,4$ m

Đối với hướng gió $\theta = 0^\circ$, bề rộng đón gió $b = 36$ m.

Hệ số khí động cho tường được nội suy tuyến tính dựa theo Bảng 15 (F.4).

Hệ số khí động cho mái được nội suy tuyến tính dựa theo Bảng 18 (F.5a).

Giá trị nội suy tuyến tính có được (trong ô màu đỏ) cho các vùng trên các mái của nhà có mặt bằng chữ nhật.

Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho nhà công nghiệp không có cửa trời (đối với hướng gió $\theta = 0^\circ$) được thể hiện trong Hình 49.

Đối với hướng gió $\theta = 90^\circ$, bề rộng đón gió $d = 100$ m.

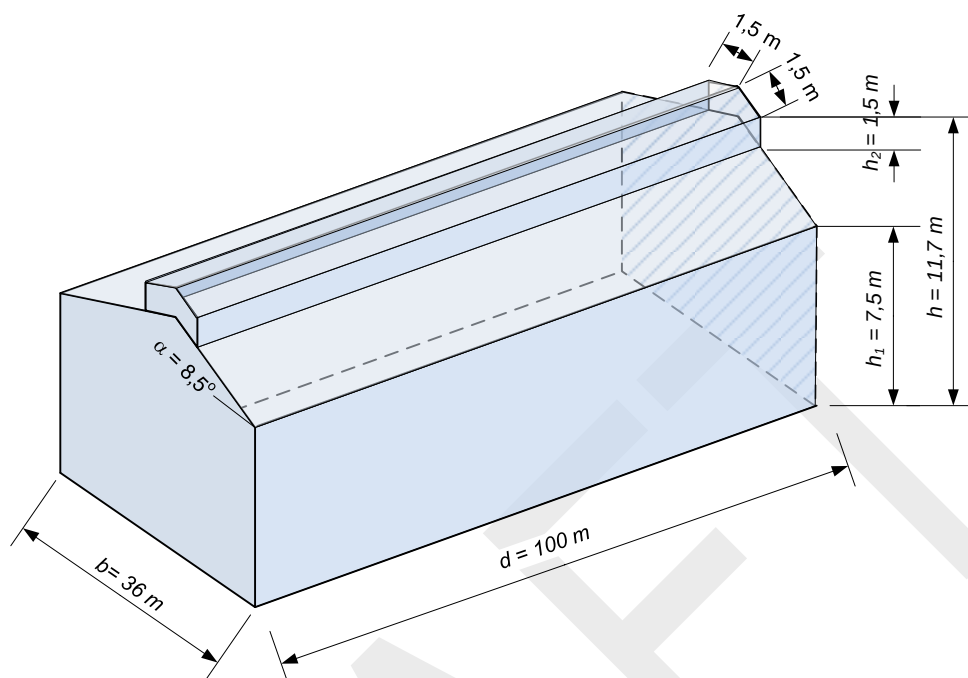
Hệ số khí động cho tường được nội suy tuyến tính dựa theo Bảng 15 (F.4).

Hệ số khí động cho mái được nội suy tuyến tính dựa theo Bảng 19 (F.5b).

Giá trị nội suy tuyến tính có được (trong ô màu đỏ) cho các vùng trên mái của nhà có mặt bằng chữ nhật.

Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho nhà công nghiệp không có cửa trời (đối với hướng gió $\theta = 90^\circ$) được thể hiện trong Hình 50.

Ví dụ 13: Tính toán hệ số khí động cho các vùng trên các tường, mái của nhà công nghiệp (có cửa trời dọc nhà) có mặt bằng chữ nhật với mái dốc hai phía có kích thước $b = 36$ m (rộng), $d = 100$ m (dài), $h = 10,2$ m, $h_1 = 7,5$ m (cao), $h_2 = 1,5$ m. Độ dốc mái $\alpha = 8,5^\circ$.



Hình 51 – Sơ đồ nhà công nghiệp có cửa trời

Lời giải:

Chiều cao tham chiếu trên mặt đất $z_e = h = 10,2$ m.

$e = \min(b; 2h) = \min(36; 2 \times 10,2) = 20,4$ m

Đối với hướng gió $\theta = 0^\circ$, bề rộng đón gió $b = 36$ m.

Hệ số khí động cho tường được nội suy tuyến tính dựa theo Bảng 15 (F.4).

Hệ số khí động cho mái được nội suy tuyến tính dựa theo Bảng 18 (F.5a).

Giá trị nội suy tuyến tính có được (trong ô màu đỏ) cho các vùng trên các mái của nhà có mặt bằng chữ nhật.

Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho nhà công nghiệp không có cửa trời (đối với hướng gió $\theta = 0^\circ$) được thể hiện trong Hình 52.

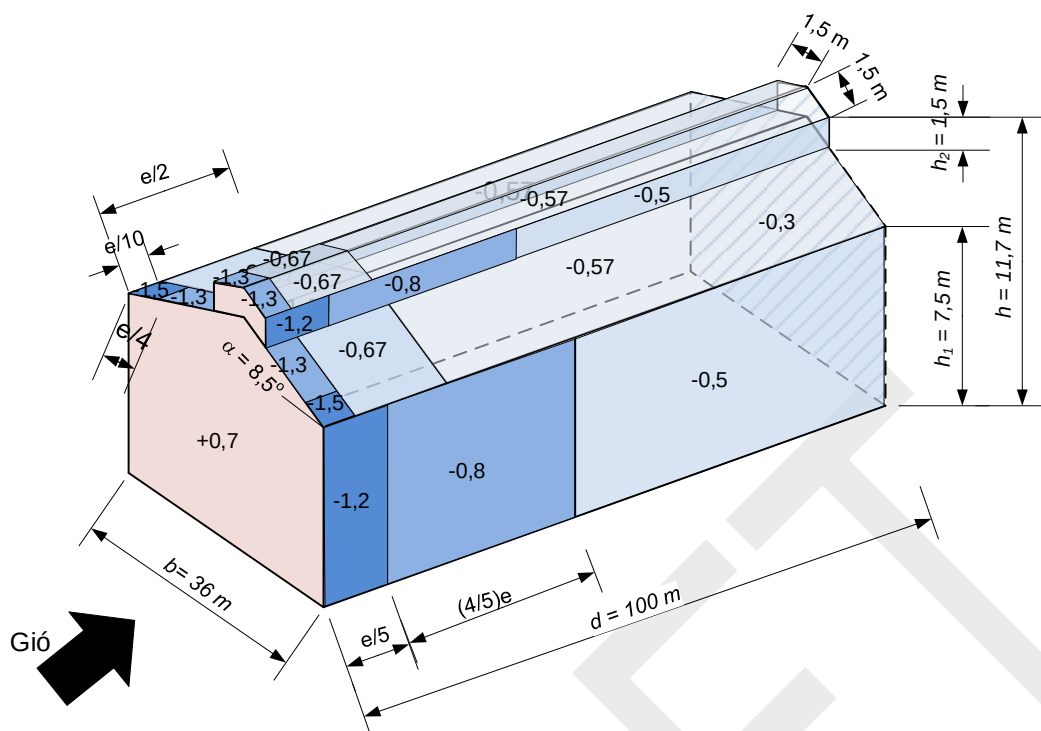
Đối với hướng gió $\theta = 90^\circ$, bề rộng đón gió $d = 100$ m.

Hệ số khí động cho tường được nội suy tuyến tính dựa theo Bảng 15 (F.4).

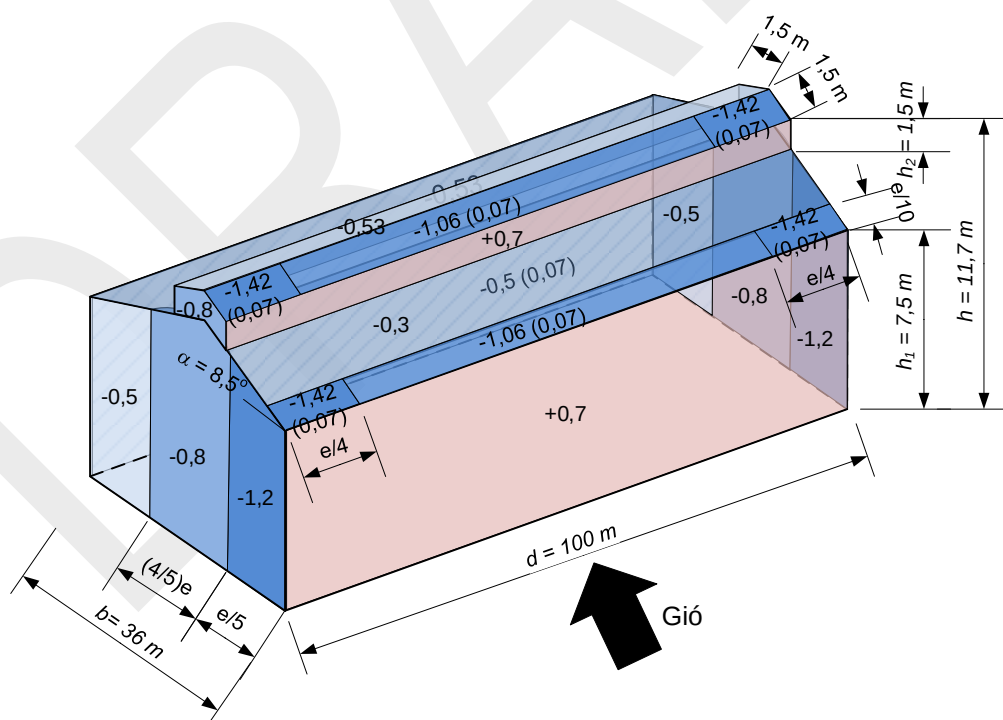
Hệ số khí động cho mái được nội suy tuyến tính dựa theo Bảng 18(F.5b).

Giá trị nội suy tuyến tính có được (trong ô màu đỏ) cho các vùng trên mái của nhà có mặt bằng chữ nhật.

Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài c_e cho nhà công nghiệp không có cửa trời (đối với hướng gió $\theta = 90^\circ$) được thể hiện trong Hình 53.



Hình 52 – Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài ce cho nhà công nghiệp có cửa trời
(đối với hướng gió $\theta = 0^\circ$)



Hình 53 – Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài ce cho nhà công nghiệp có cửa trời
(đối với hướng gió $\theta = 90^\circ$)

2.6.9 (F.9) Nhà có cửa trời trên đỉnh

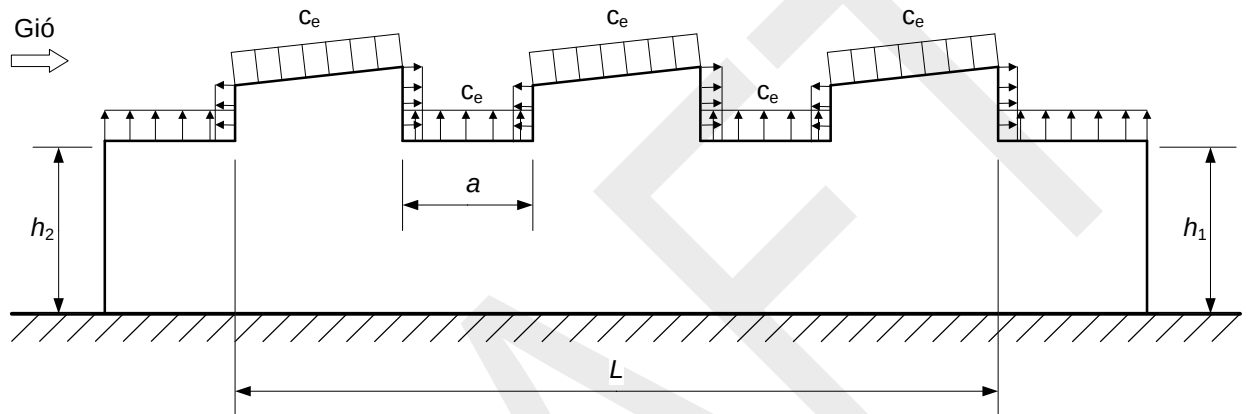
2.6.9.1 (F.9.1) Đối với cửa trời phía đón gió, hệ số c_e được xác định theo các bảng 18 (F.5a) và 19 (F.5b).

2.6.9.2 (F.9.2) Đối với các cửa trời còn lại, hệ số c_e được xác định như đối với vùng C (xem F.8).

2.6.9.3 (F.9.3) Đối với các phần còn lại của mái: $c_e = -0,5$.

2.6.9.4 (F.9.4) Đối với các mặt đứng và tường thẳng đứng của nhà, hệ số c_e được xác định theo Bảng 15 (F.4).

2.6.9.5 (F.9.5) Khi xác định độ cao tương đương z_e theo 2.2.4 (10.2.4): $h = h_1$.



Hình 54 (F.11) – Nhà có cửa trời trên đỉnh

2.6.10 (F.10) Nhà có mái răng cưa

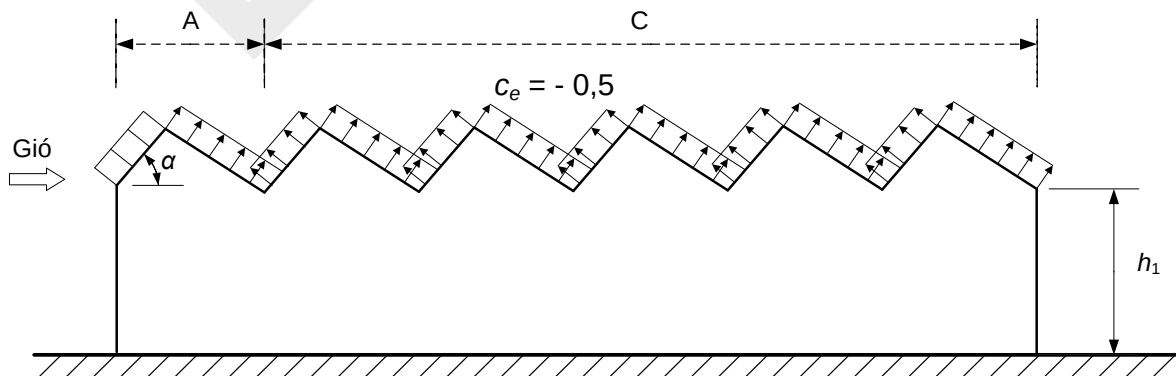
2.6.10.1 (F.10.1) Đối với vùng A (Hình 56 (F.13)), hệ số c_e được xác định theo các bảng F.5a và F.5b.

2.6.10.2 (F.10.2) Đối với vùng còn lại của mái, hệ số $c_e = -0,5$.

2.6.10.3 (F.10.3) Đối với các mặt đứng và tường thẳng đứng của nhà, hệ số c_e được xác định theo Bảng 15 (F.4).

2.6.10.4 (F.10.4) Khi xác định độ cao tương đương z_e theo 2.2.4 (10.2.4): $h = h_1$.

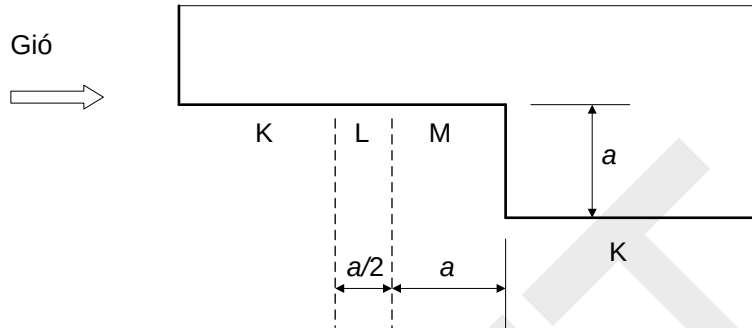
2.6.10.5 (F.10.5) Hệ số khí động ma sát cho mái răng cưa $c_f = 0,04$.



Hình 55 (F.12) – Nhà có mái răng cưa

2.6.11 (F.11) Nhà có góc lõm

2.6.11.1 (F.11.1) Hệ số c_e cho tường và mái của nhà có góc lõm (Hình 56 (F.13)) được nêu trong Bảng 24 (F.8).



Hình 56 (F.13) – Mặt bằng của nhà có góc lõm

Bảng 24 (F.8) – Hệ số c_e cho tường và mái của nhà có góc lõm

Tường			Các mặt đứng còn lại	Mái
K	L	M		
Theo Bảng 15 (F.4)	Nội suy tuyến tính giữa vùng K và M	0,8	Theo Bảng 15 (F.4)	Theo các bảng F.5a và F.5b

2.6.11.2 (F.11.2) Khi xác định độ cao tương đương z_e theo 2.2.4 (10.2.4): $h = h_1$.

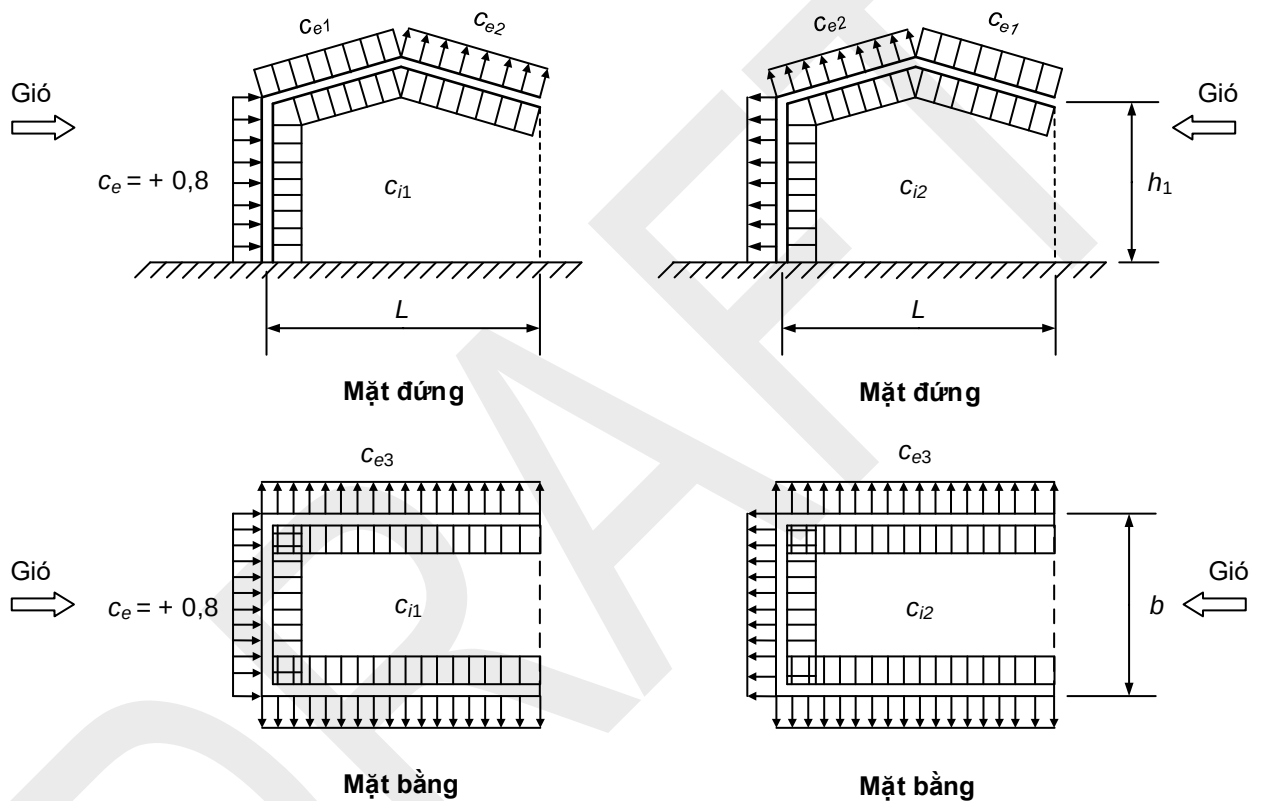
2.6.12 (F.12) Xét đến áp lực trong

2.6.12.1 (F.12.1) Độ hở của tường chắn μ được xác định bằng tỉ số giữa tổng diện tích lỗ mở của tường chắn và tổng diện tích tường chắn.

2.6.12.2 (F.12.2) Khi độ hở $\mu \leq 5\%$: $c_{i1} = c_{i2} = \pm 0,2$. Đối với mỗi tường nhà, dấu “cộng” hoặc “trừ” cần được lựa chọn theo điều kiện thực hiện phương án bất lợi nhất của tải trọng.

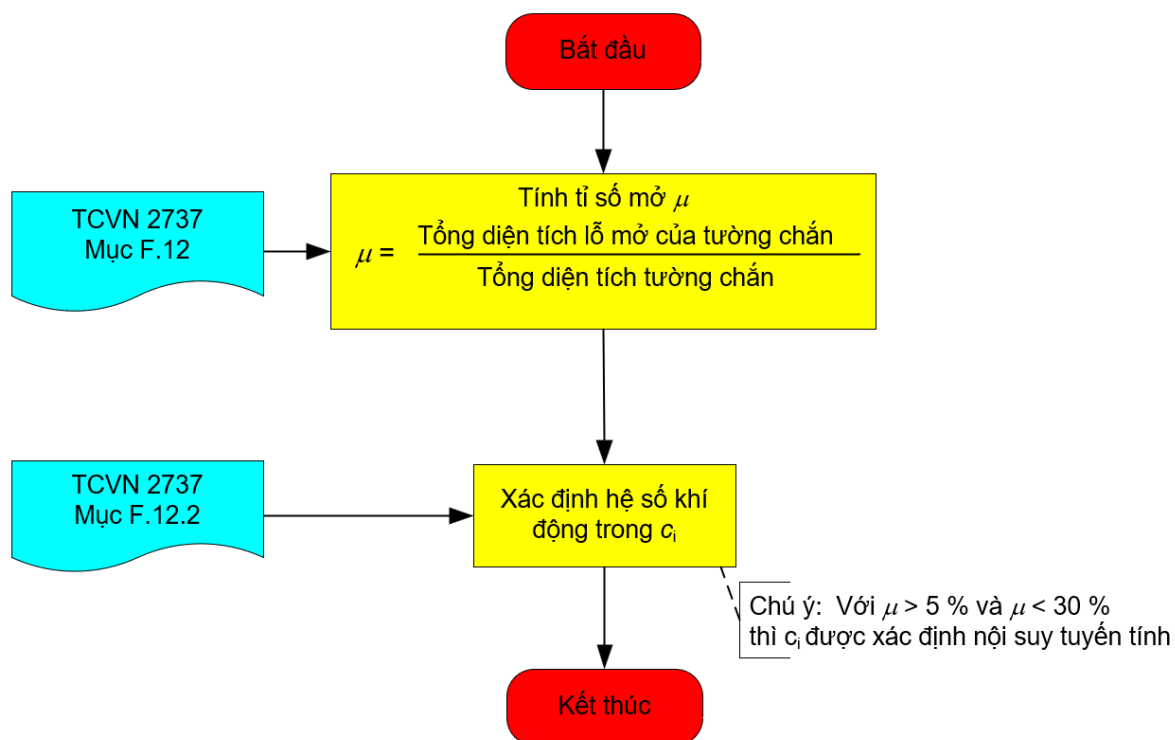
Khi $\mu \geq 30\%$: $c_{i1} = -0,5$; $c_{i2} = 0,8$.

2.6.12.3 (F.12.3) Các hệ số khí động c_e cho mặt ngoài cần được lấy theo 2.6.2 (F.2) đến 2.6.10 (F.10).



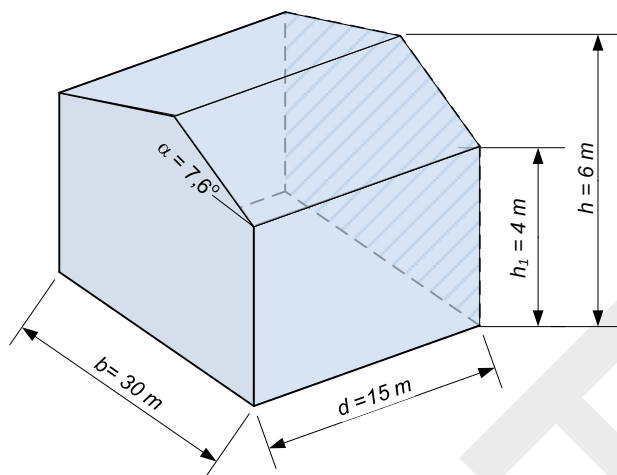
Hình 57 (F.14) – Các hệ số khí động có xét đến áp lực trong

Sơ đồ xác định hệ số khí động bên trong được thể hiện trong Hình 58.



Hình 58 – Sơ đồ xác định hệ số khí động bên trong

Ví dụ 14: Tính toán hệ số khí động cho các vùng trên các tường của nhà có mặt bằng chữ nhật có kích thước $b = 30$ m (rộng), $d = 15$ m (dài), $h = 6$ m (cao). Góc dốc mái $\alpha = 7,6^\circ$



Hình 59 – Sơ đồ nhà

Lời giải:

$$\frac{h}{d} = \frac{6}{15} = 0,4$$

Nội suy tuyến tính dựa theo Bảng 15 (F.4).

Giá trị nội suy tuyến tính có được (trong ô màu đỏ) cho các vùng trên các tường của nhà có mặt bằng chữ nhật (xem Bảng 25 (F.4)).

$$e = \min(b; 2h) = \min(30; 2 \times 6) = 12 \text{ m.}$$

Bảng 25 (F.4) – Hệ số c_e cho tường thẳng đứng của nhà có mặt bằng chữ nhật

h/d	Vùng				
	A	B	C	D	E
5	1,2	0,8	0,5	+ 0,8	0,7
0,4	-1,20	-0,80	-0,50	0,72	-0,34
1	1,2	0,8	0,5	+ 0,8	0,5
$\leq 0,25$	- 1,2	- 0,8	- 0,5	+ 0,7	- 0,3

Chiều cao tham chiếu trên mặt đất $z_e = h = 6$ m.

Đối với hướng gió $\theta = 0^\circ$, bề rộng đón gió $b = 30$ m. Góc dốc mái $\alpha = 7,6^\circ$

Nội suy tuyến tính dựa theo Bảng 18 (F.5a).

Giá trị nội suy tuyến tính có được (trong ô màu đỏ) cho các vùng trên các tường của nhà có mặt bằng chữ nhật.

Đối với độ hở $\mu \leq 5\%$ thì hệ số khí động trong $c_{i1} = \pm 0,2$

Đối với độ hở $\mu \geq 30\%$ thì hệ số khí động trong $c_{i1} = -0,5$

Với độ hở $5\% < \mu < 30\%$ thì hệ số khí động trong c_{i1} được nội suy từ 2 giá trị trên.

Đối với hướng gió $\theta = 180^\circ$, bề rộng đón gió $b = 30$ m. Góc dốc mái $\alpha = 7,6^\circ$

Nội suy tuyến tính dựa theo Bảng 18 (F.5a).

Giá trị nội suy tuyến tính có được (trong ô màu đỏ) cho các vùng trên các tường của nhà có mặt bằng chữ nhật.

Đối với độ hở $\mu \leq 5\%$ thì hệ số khí động trong $c_{i2} = \pm 0,2$.

Đối với độ hở $\mu \geq 30\%$ thì hệ số khí động trong $c_{i2} = 0,8$.

Với độ hở $5\% < \mu < 30\%$ thì hệ số khí động trong c_{i1} được nội suy từ 2 giá trị trên.

Bảng 26 (F.5a) – Hệ số c_e khi góc hướng gió $\theta = 0^\circ$

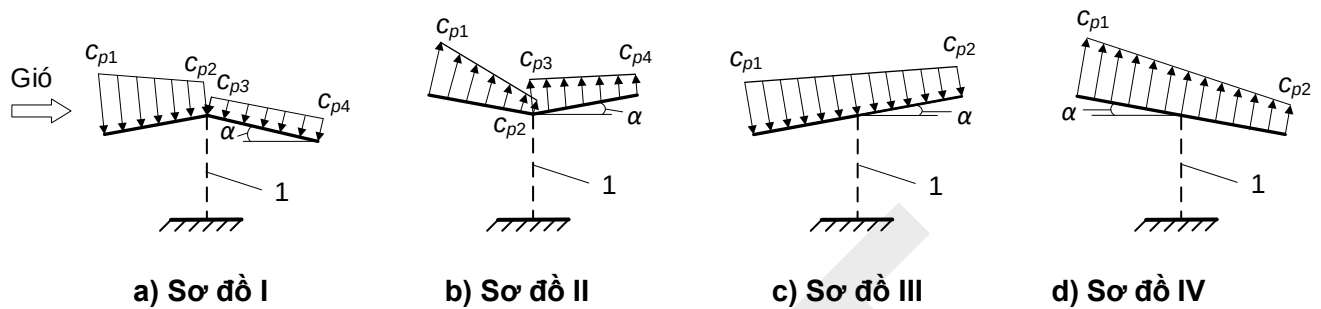
Góc dốc $\alpha, ^\circ$	Vùng				
	F	G	H	I	J
- 45	- 0,6	- 0,6	- 0,8	- 0,7	- 1,0
- 30	-1,1	- 2,0	- 0,8	- 0,6	- 0,8
- 15	- 2,5	- 1,3	- 0,9	- 0,5	- 0,7
- 5	- 2,3	- 1,2	- 0,8	+ 0,2	+ 0,2
				- 0,6	- 0,6
5	-1,7	- 1,2	- 0,6	- 0,6	+ 0,2
	+ 0,0	+ 0,0	+ 0,0		- 0,6
7,6	-1,49	-1,10	-0,52	-0,55	-0,11
	0,05	0,05	0,05		-0,7
15	- 0,9	- 0,8	- 0,3	- 0,4	- 1,0
	+ 0,2	+ 0,2	+ 0,2		
30	- 0,5	- 0,5	- 0,2	- 0,4	- 0,5
	+ 0,7	+ 0,7	+ 0,4		
45	- 0,0	- 0,0	- 0,0	- 0,2	- 0,3
	+ 0,7	+ 0,7	+ 0,6		
60	+ 0,7	+ 0,7	+ 0,7	- 0,2	- 0,3
75	+ 0,8	+ 0,8	+ 0,8	- 0,2	- 0,3

CHÚ THÍCH 1: Khi $\theta = 0^\circ$, áp lực thay đổi nhanh giữa các giá trị âm và dương khi góc dốc $- 5^\circ \leq \alpha \leq + 45^\circ$, do đó cả hai giá trị âm và dương đều được nêu trong bảng này. Đối với mái này, cần xét hai trường hợp: một là với tất cả các giá trị dương và hai là với tất cả các giá trị âm. Không được xét đồng thời giá trị âm và dương trên cùng một mặt.

CHÚ THÍCH 2: Sử dụng nội suy tuyến tính cho các góc dốc nằm trong khoảng giữa các giá trị cùng dấu (không nội suy giữa $\alpha = + 5^\circ$ và $\alpha = - 5^\circ$ mà dùng số liệu cho mái bằng trong F.2). Các giá trị bằng 0,0 dùng để nội suy tuyến tính.

2.6.13 (F.13) Mái che

Hệ số khí động c_p cho bốn loại mái che (Hình 60 (F.15)) với kết cấu đỡ (ví dụ: cột, trụ) không có tấm chắn đứng đặc được xác định theo Bảng 27 (F.9).



CHÚ DẪN:

1 – Kết cấu đỡ không có tấm chắn đứng đặc.

Hình 60 (F.15) – Các sơ đồ phân bố hệ số c_p cho mái che

Bảng 27 (F.9) – Hệ số c_p cho mái che

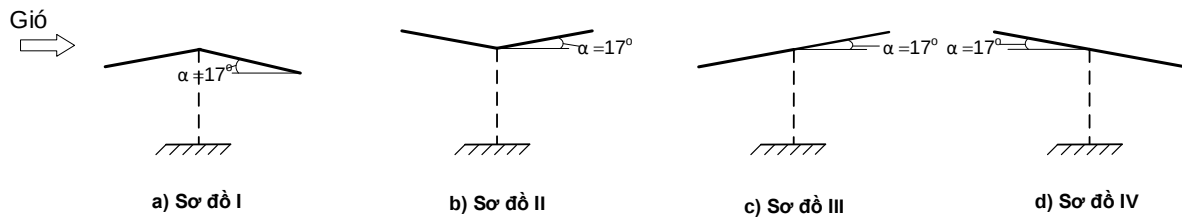
Loại sơ đồ	$\alpha, ^\circ$	Giá trị c_p			
		c_{p1}	c_{p2}	c_{p3}	c_{p4}
I	10	0,5	- 1,3	- 1,1	0,0
	20	1,1	0,0	0,0	- 0,4
	30	2,1	0,9	0,6	0,0
II	10	0,0	- 1,1	- 1,5	0,0
	20	1,5	0,5	0,0	0,0
	30	2,0	0,8	0,4	0,4
III	10	1,4	0,4	–	–
	20	1,8	0,5	–	–
	30	2,2	0,6	–	–
IV	10	1,3	0,2	–	–
	20	1,4	0,3	–	–
	30	1,6	0,4	–	–

CHÚ THÍCH 1: Đối với các giá trị âm của c_{p1} , c_{p2} , c_{p3} , c_{p4} , hướng áp lực trên các sơ đồ cần được thay thế ngược lại.

CHÚ THÍCH 2: Đối với mái che lượn sóng, hệ số khí động ma sát $c_f = 0,04$.

CHÚ THÍCH 3: Đối với mái che nằm ngang, phải xét hai phương án chất tải ứng với các sơ đồ III và IV với $\alpha = 10^\circ$.

Ví dụ 15: Tính toán hệ số khí động c_p cho bốn loại mái che có góc dốc mái $\alpha = 17^\circ$



Hình 61 – Sơ đồ mái che

Lời giải:

Đối với sơ đồ I

Nội suy tuyến tính dựa theo Bảng 27 (F.9).

Giá trị nội suy tuyến tính có được (trong ô màu đỏ) cho mái che.

Các sơ đồ phân bố hệ số c_p cho mái che được thể hiện trong Hình 62.

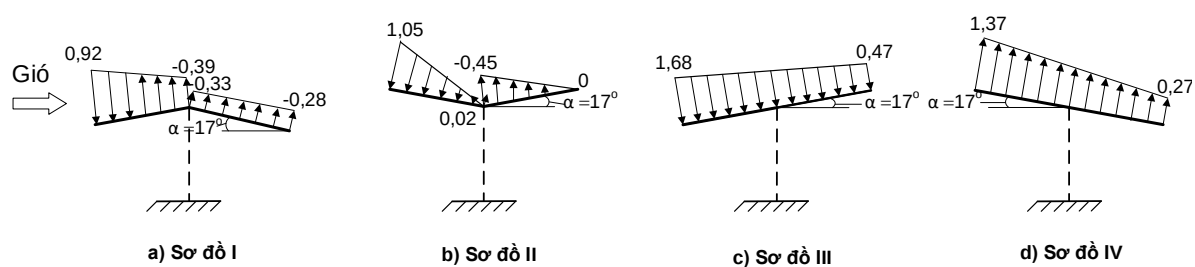
Bảng 28 (F.9) – Hệ số c_p cho mái che

Loại sơ đồ	$\alpha, ^\circ$	Giá trị c_p			
		c_{p1}	c_{p2}	c_{p3}	c_{p4}
I	10	0,5	- 1,3	- 1,1	0,0
	17	0,92	-0,39	-0,33	-0,28
	20	1,1	0,0	0,0	- 0,4
	30	2,1	0,9	0,6	0,0
II	10	0,0	- 1,1	- 1,5	0,0
	17	1,05	0,02	-0,45	0,00
	20	1,5	0,5	0,0	0,0
III	30	2,0	0,8	0,4	0,4
	10	1,4	0,4	—	—
	17	1,68	0,47	—	—
IV	20	1,8	0,5	—	—
	30	2,2	0,6	—	—
	10	1,3	0,2	—	—
	17	1,37	0,27	—	—
	20	1,4	0,3	—	—
	30	1,6	0,4	—	—

CHÚ THÍCH 1: Đối với các giá trị âm của c_{p1} , c_{p2} , c_{p3} , c_{p4} , hướng áp lực trên các sơ đồ cần được thay thế ngược lại.

CHÚ THÍCH 2: Đối với mái che lượn sóng, hệ số khí động ma sát $c_f = 0,04$.

CHÚ THÍCH 3: Đối với mái che nằm ngang, phải xét hai phương án chất tải ứng với các sơ đồ III và IV với $\alpha = 10^\circ$.

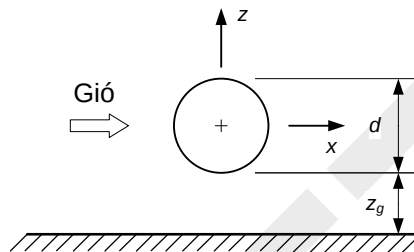


Hình 62 – Các sơ đồ phân bố hệ số c_p cho mái che

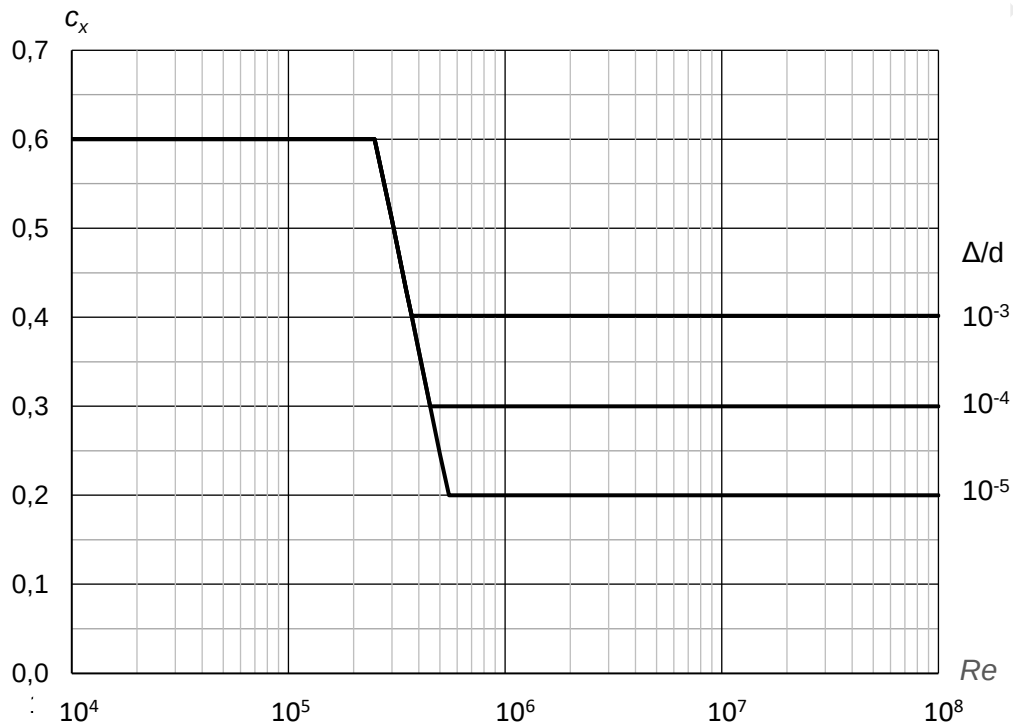
2.6.14 (F.14) Khối cầu

2.6.14.1 (F.14.1) Hệ số khí động cản chính diện c_x của khối cầu khi $z_g \geq d/2$ (Hình 62 (F.16)) được xác định theo các biểu đồ trên Hình 63 (F.17) phụ thuộc vào hệ số Reynold Re (xem 2.6.14.4 (F.14.4)) và độ nhám tương đối $\delta = \Delta/d$, trong đó Δ là độ nhám bề mặt, tính bằng mét (m) (xem F.19).

Khi $z_g < d/2$, hệ số c_x cần được tăng lên 1,6 lần.



Hình 63 (F.16) – Khối cầu

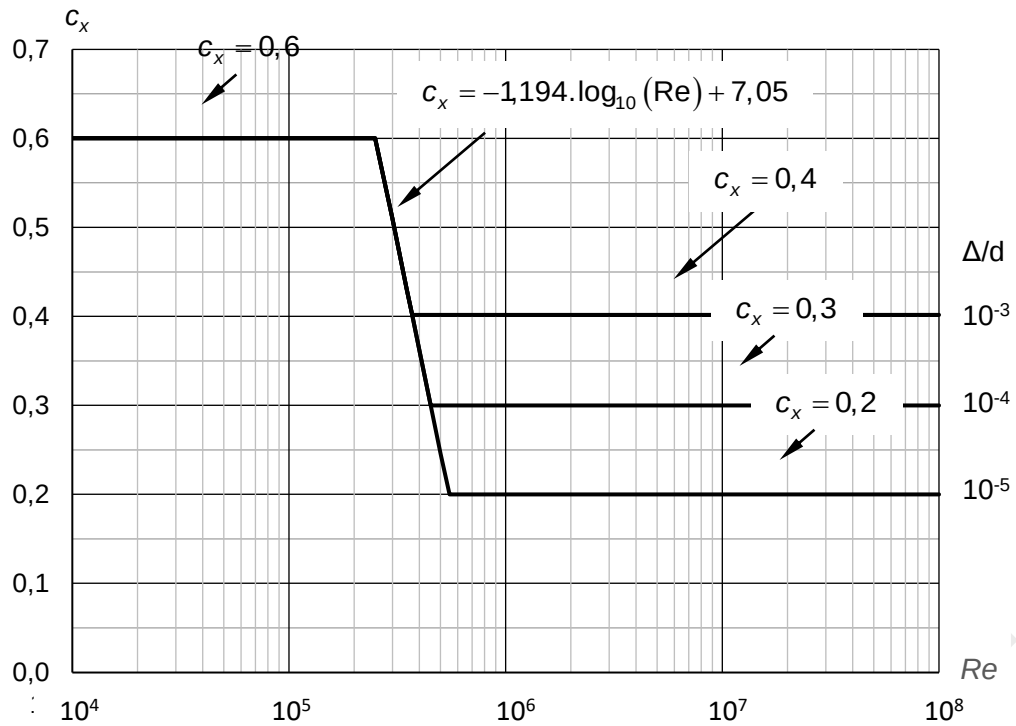


Hình 64 (F.17) – Hệ số khí động cản chính diện c_x của khối cầu

Các giá trị của c_x tính theo các công thức (18 - 22) và Hình 64 (F.17).

$c_x = 0,6$	khi	$10^3 \leq Re \leq 2,5 \cdot 10^5$	(18)
$c_x = -1,194 \cdot \log_{10}(Re) + 7,05$	khi	$2,5 \cdot 10^5 \leq Re \leq 5,5 \cdot 10^5$	(19)
$c_x = 0,2$	khi	$5,5 \cdot 10^5 \leq Re \leq 10^8$ và $\Delta/d = 10^{-5}$	(20)
$c_x = 0,3$	khi	$4,5 \cdot 10^5 \leq Re \leq 10^8$ và $\Delta/d = 10^{-4}$	(21)
$c_x = 0,4$	khi	$3,7 \cdot 10^5 \leq Re \leq 10^8$	(22)

và $\Delta/d = 10^{-3}$



Hình 65 (F.17) – Hệ số khí động cản chính diện c_x của khối cầu

2.6.14.2 (F.14.2) Hệ số lực nâng khối cầu c_z lấy như sau:

khi $z_g > d/2$: $c_z = 0$;

khi $z_g < d/2$: $c_z = 0,6$.

2.6.14.3 (F.14.3) Độ cao tương đương z_e (xem 2.2.4 (10.2.4)): $z_e = z_g + d/2$.

2.6.14.4 (F.14.4) Số Reynold Re được xác định theo công thức:

$$Re = \frac{d \cdot V(z_e)_{3\ 600s,50}}{\nu} \quad (23\ (F.1))$$

trong đó:

d là đường kính khối cầu, tính bằng mét (m);

ν là độ nhớt động học, lấy bằng $0,145 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$;

$V(z_e)_{3\ 600s,50}$ là vận tốc gió trung bình trong khoảng thời gian 3 600 s ứng với chu kỳ lặp 50 năm, tại độ cao tương đương z_e , tính theo công thức:

$$V(z_e)_{3\ 600s,50} = \bar{b} \left(\frac{z_e}{10} \right)^{\bar{\alpha}} V_{3s,50} \quad (24\ (F.2))$$

với:

$V(z_e)_{3\ 600s,50}$ tính bằng mét trên giây (m/s);

$V_{3s,50}$ là vận tốc gió 3s (lấy trung bình trong khoảng thời gian 3 s) ứng với chu kỳ lặp 50 năm, lấy theo QCVN 02:2022/BXD;

$\bar{b}$ và $\bar{\alpha}$ lấy theo Bảng 4 (10);

z_e là độ cao tương đương, tính bằng mét (m).

2.6.15 (F.15) Công trình và các cấu kiện kết cấu có bề mặt trụ tròn

2.6.15.1 (F.15.1) Hệ số khí động áp lực ngoài c_{e1} (xem Hình 65 (F.18)) được xác định theo công thức:

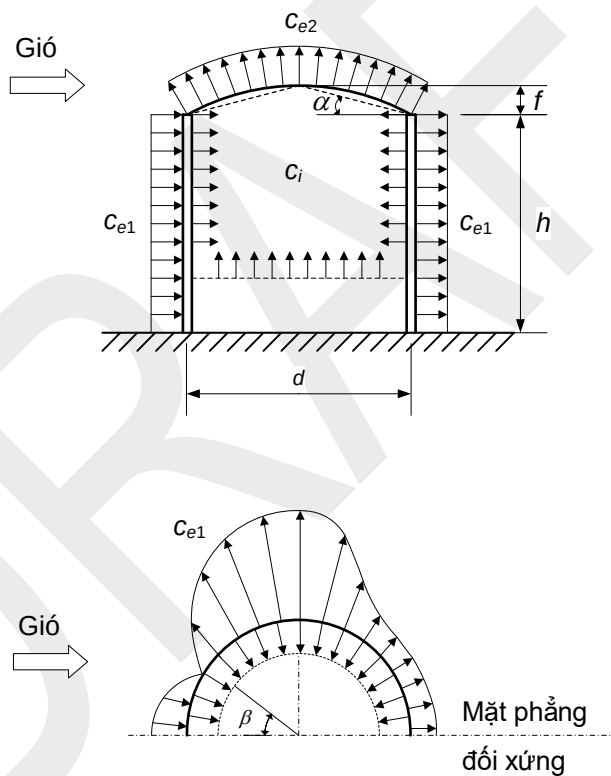
$$c_{e1} = k_{\lambda 1} c_{\beta} \quad (25 (F.3))$$

trong đó:

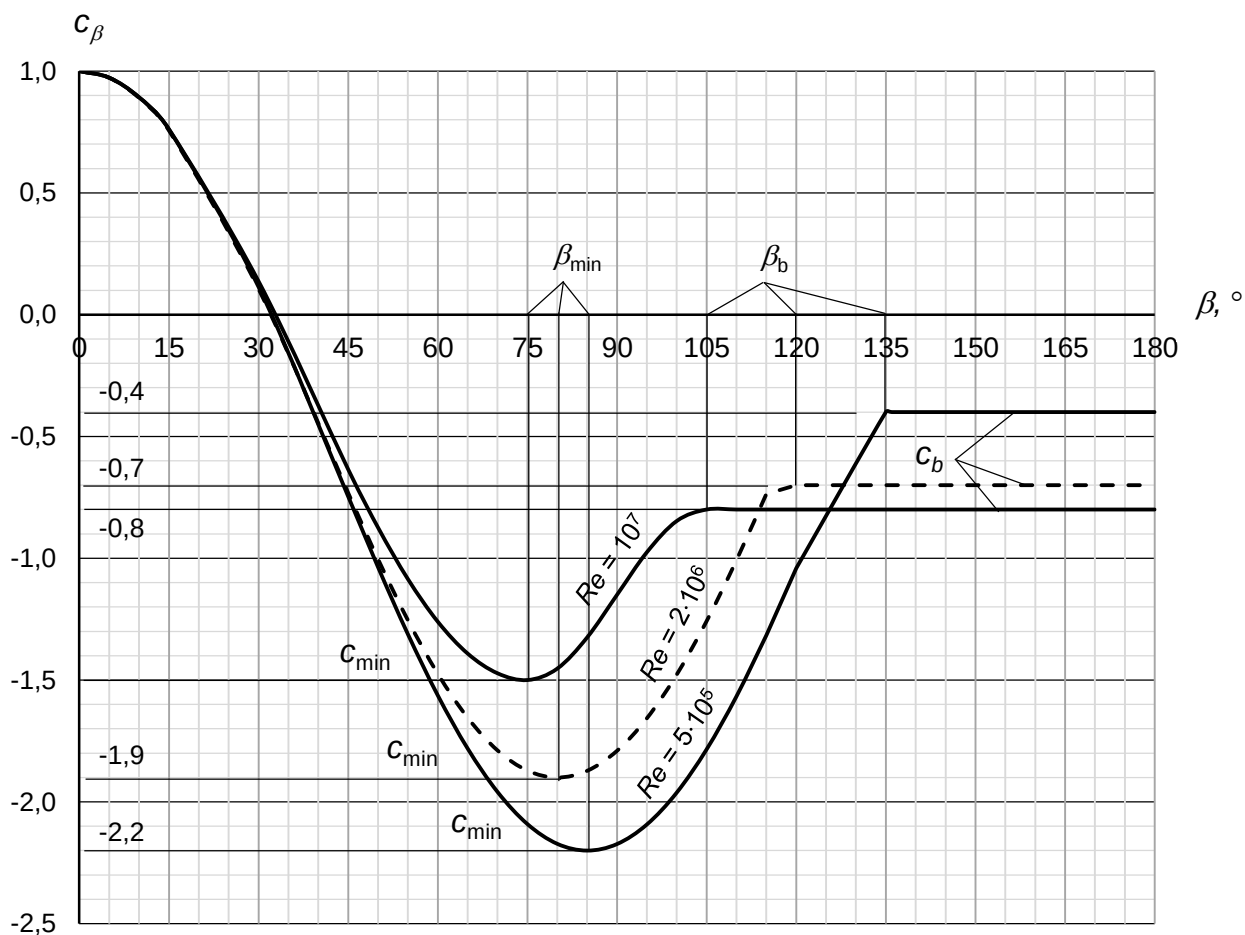
$$k_{\lambda 1} = 1 \quad - \text{khi } c_{\beta} > 0 ;$$

$$k_{\lambda 1} = k_{\lambda} \quad - \text{khi } c_{\beta} < 0 , \text{ với } k_{\lambda} \text{ xác định theo F.18.}$$

Sự phân bố hệ số c_{β} trên bề mặt trụ tròn khi $\delta = \Delta/d < 5 \cdot 10^{-4}$ (Δ xem trong F.19) được thể hiện trên Hình F.19 ứng với các số Reynold Re khác nhau (Re tính theo công thức (F.1)). Giá trị các góc $\beta_{\min}$ và β_b trên Hình 66 (F.19), cũng như giá trị các hệ số $c_{\min}$ và c_b tương ứng với các góc này được nêu trong Bảng 28 (F.10).



Hình 66 (F.18) – Hệ số khí động của công trình và các cấu kiện kết cấu có bề mặt trụ tròn



Hình 67 (F.19) – Sự phân bố hệ số c_β trên bề mặt trụ tròn

Bảng 29 (F.10) – Các giá trị $\beta_{\min}$, β_b , $c_{\min}$ và c_b

Re	$\beta_{\min}, ^\circ$	$c_{\min}$	$\beta_b, ^\circ$	c_b
$5 \cdot 10^5$	85	- 2,2	135	- 0,4
$2 \cdot 10^6$	80	- 1,9	120	- 0,7
10^7	75	- 1,5	105	- 0,8

Các ký hiệu trong Bảng F.10:

$\beta_{\min}$ là vị trí có giá trị áp lực gió nhỏ nhất;

$c_{\min}$ là giá trị hệ số khí động áp lực gió nhỏ nhất;

β_b là vị trí dòng gió tách nhánh;

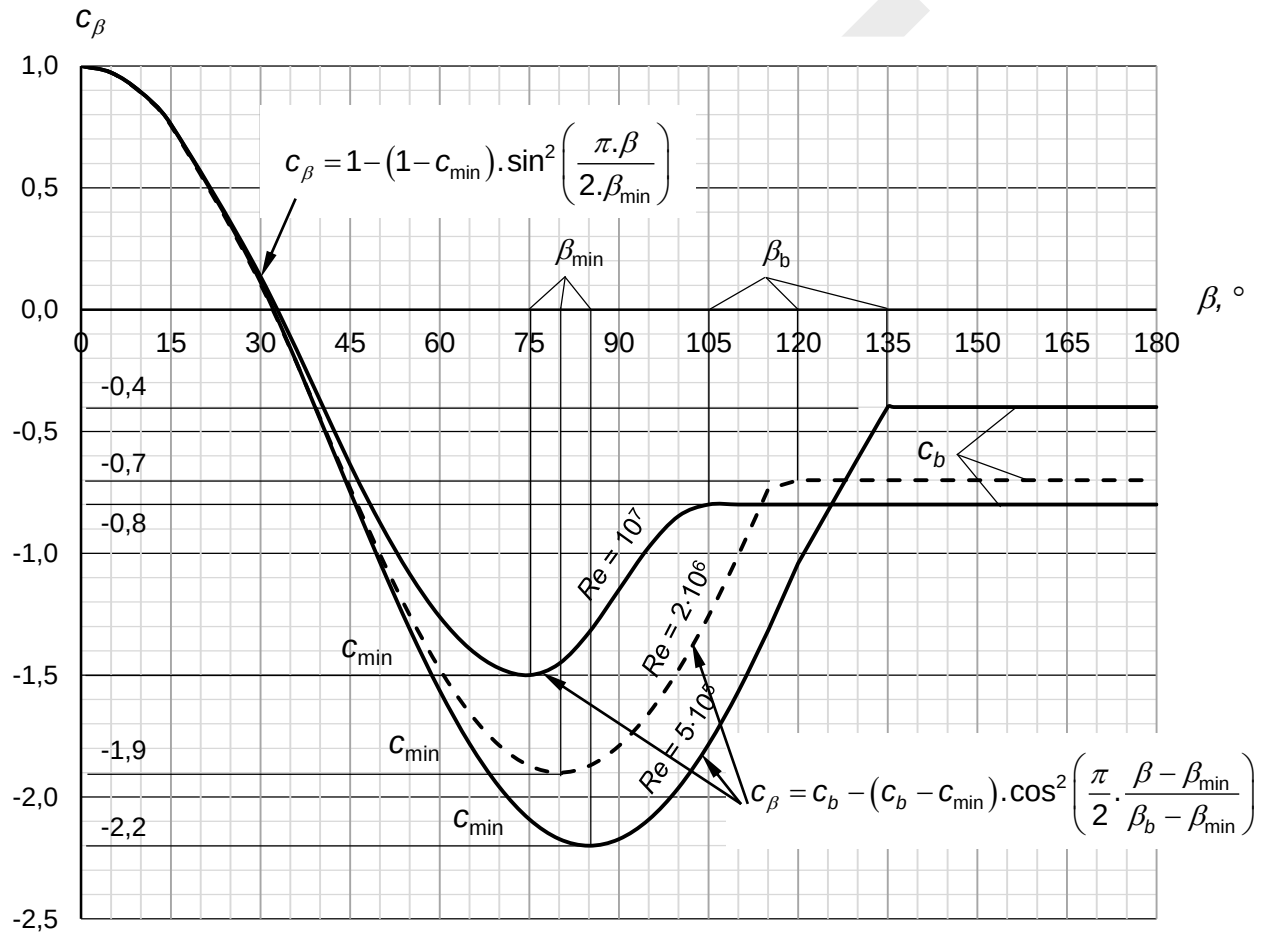
c_b là giá trị hệ số khí động áp lực gió nền.

Các giá trị của c_β tính theo các công thức (25, 26, 27) được nêu trong Bảng 28 (F.10).

$$c_\beta = 1 - (1 - c_{\min}) \cdot \sin^2 \left(\frac{\pi \cdot \beta}{2 \cdot \beta_{\min}} \right) \quad \text{khi} \quad 0^\circ \leq \beta \leq \beta_{\min} \quad (26)$$

$$c_\beta = c_b - (c_b - c_{\min}) \cdot \cos^2 \left(\frac{\pi \cdot \frac{\beta - \beta_{\min}}{\beta_b - \beta_{\min}}}{2} \right) \quad \text{khi} \quad \beta_{\min} \leq \beta \leq \beta_b \quad (27)$$

$$c_\beta = c_b \quad \text{khi} \quad \beta_b \leq \beta \leq 180^\circ \quad (28)$$



Hình 68 (F.19) – Sự phân bố hệ số c_β trên bề mặt trụ tròn

2.6.15.2 (F.15.2) Giá trị các hệ số khí động áp lực c_{e2} và c_i (Hình 65 (F.18)) được nêu trong Bảng 29 (F.11). Hệ số c_i cần được kể đến đối với “mái nổi” (cũng có thể gọi là “mái phao”), cũng như khi không có mái.

Bảng 30 (F.11) – Các hệ số c_{e2} và c_i

h/d	1/6	1/4	1/2	1	2	≥ 5
c_{e2}, c_i	- 0,50	- 0,55	- 0,70	- 0,80	- 0,90	- 1,05

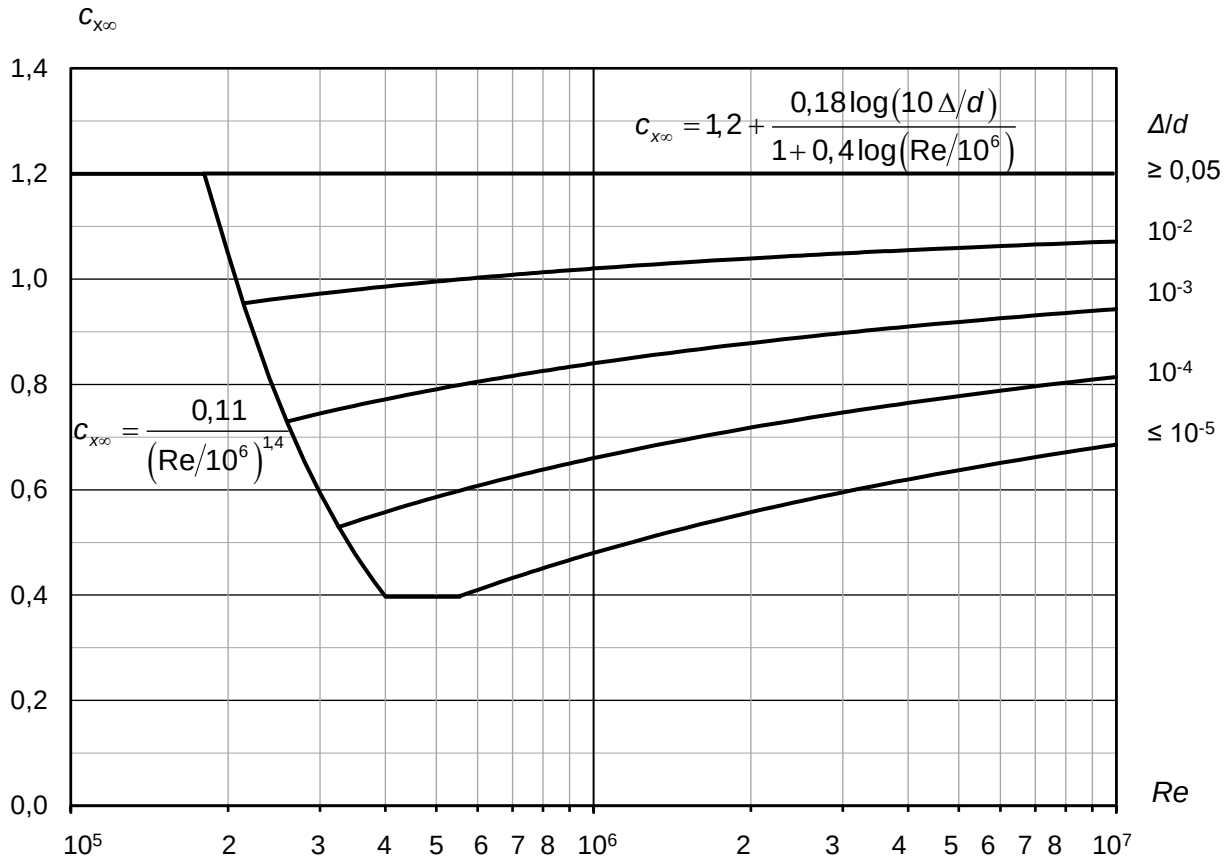
2.6.15.3 (F.15.3) Hệ số khí động cản chính diện c_x được xác định theo công thức:

$$c_x = k_\lambda c_{x\infty} \quad (29 (F.4))$$

trong đó:

k_λ xác định theo 2.6.18 (F.18) phụ thuộc vào độ mảnh hiệu dụng của công trình;

$c_{x\infty}$ là hệ số, lấy theo biểu đồ trên Hình 68 (F.20) phụ thuộc vào số Reynold Re (xem 2.6.14.4 (F.14.4)) và độ nhám tương đối $\delta = \Delta/d$ (Δ là độ nhám bề mặt, xem trong 2.6.19 (F.19)); đối với công trình hình trụ tròn có sườn thì Δ là chiều cao sườn.



Hình 69 (F.20) – Hệ số $c_{x\infty}$

2.6.15.4 (F.15.4) Đối với dây dẫn $c_x = 1,2$.

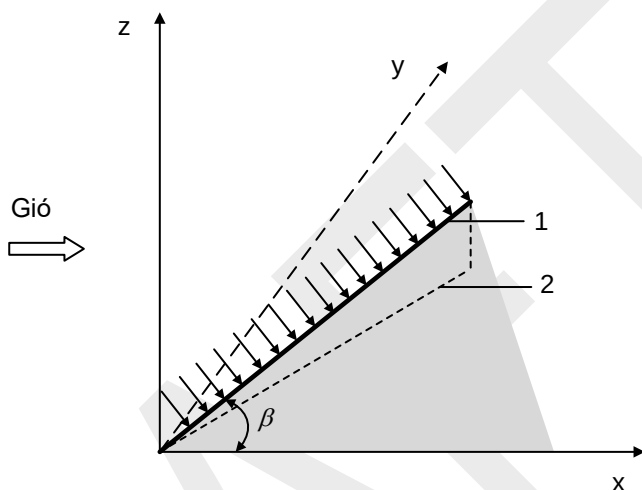
2.6.15.5 (F.15.5) Hệ số khí động cản chính diện $c_{x\beta}$ của các cấu kiện nằm nghiêng (Hình 69 (F.21)) được xác định theo công thức:

$$c_{x\beta} = c_x \sin^2 \beta \quad (30 \text{ (F.5)})$$

trong đó

c_x được xác định theo các số liệu trong 2.6.15 (F.15), 2.6.16 (F.16) và 2.6.17 (F.17);

β là góc giữa trục cấu kiện và hướng gió dọc theo trục x .



CHÚ DẪN:

1 – Cấu kiện;

2 – Hình chiếu của cấu kiện lên mặt phẳng xy .

Hình 70 (F.21) – Cấu kiện nằm nghiêng

2.6.15.6 (F.15.6) Số Reynold Re được xác định theo công thức (23 (F.1)) trong 2.6.14.4 (F.14.4), trong đó:

$z_e = 0,8h$ – đối với công trình thẳng đứng;

z_e lấy bằng khoảng cách từ mặt đất đến trục của công trình – đối với công trình nằm ngang.

2.6.16 (F.16) Công trình hình lăng trụ và các cấu kiện kết cấu

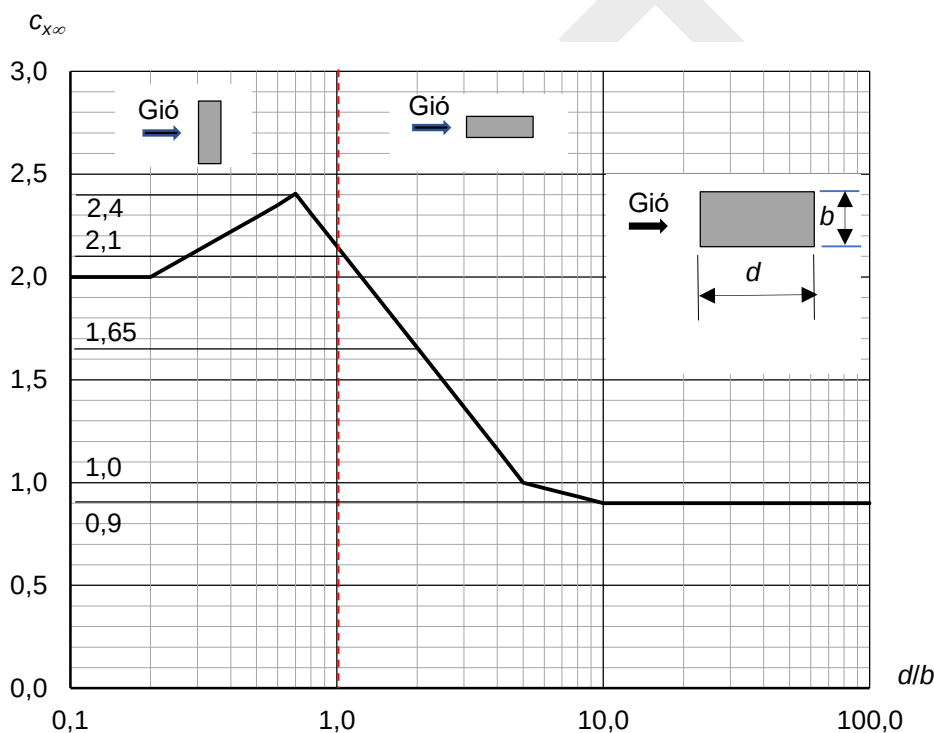
2.6.16.1 (F.16.1) Hệ số khí động cản chính diện c_x của công trình hình lăng trụ được xác định theo công thức:

$$c_x = k_\lambda c_{x\infty} \quad (31 \text{ (F.6)})$$

trong đó:

k_λ được xác định theo 2.6.18 (F.18) phụ thuộc vào độ mảnh hiệu dụng của công trình λ_e ;

$c_{x\infty}$ được lấy theo biểu đồ trên Hình 70 (F.22) đối với tiết diện chữ nhật và theo Bảng 30 (F.12) đối với tiết diện n góc và các cấu kiện kết cấu (dạng định hình).



Hình 71 (F.22) – Hệ số khí động cản chính diện c_x của công trình hình lăng trụ

Bảng 31 (F.12) – Hệ số $c_{x\infty}$ cho tiết diện n góc và các cấu kiện kết cấu (dạng định hình)

Sơ đồ tiết diện và hướng gió	$\theta, ^\circ$	n (số cạnh)	$c_{x\infty}$ khi $Re > 4 \cdot 10^5$
Đa giác đều	Bất kỳ	5	1,8
		từ 6 đến 8	1,5
		10	1,2
		12	1,0

Các giá trị của $c_{x\infty}$ tính theo các công thức (30-34) được thể hiện trong Bảng 32.

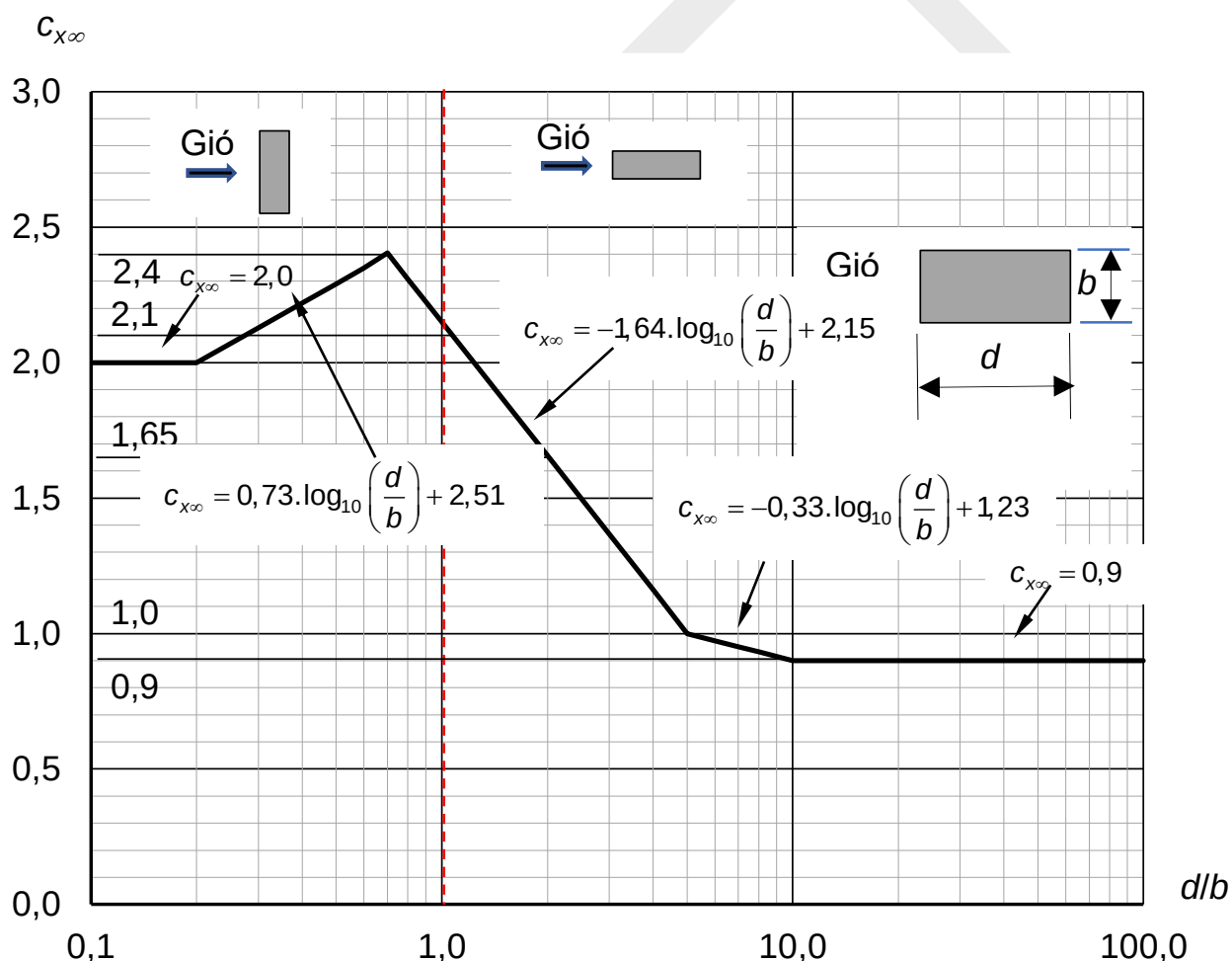
$$c_{x\infty} = 2,0 \quad \text{khi} \quad 0,1 \leq \frac{d}{b} \leq 0,2 \quad (32)$$

$$c_{x\infty} = 0,73 \cdot \log_{10} \left(\frac{d}{b} \right) + 2,51 \quad \text{khi} \quad 0,2 \leq \frac{d}{b} \leq 0,7 \quad (33)$$

$$c_{x\infty} = -1,64 \cdot \log_{10} \left(\frac{d}{b} \right) + 2,15 \quad \text{khi} \quad 0,7 \leq \frac{d}{b} \leq 5 \quad (34)$$

$$c_{x\infty} = -0,33 \cdot \log_{10} \left(\frac{d}{b} \right) + 1,23 \quad \text{khi} \quad 5 \leq \frac{d}{b} \leq 10 \quad (35)$$

$$c_{x\infty} = 0,9 \quad \text{khi} \quad 10 \leq \frac{d}{b} \leq 50 \quad (36)$$



Hình 72 (F.22) – Hệ số khí động cản chính diện c_x của công trình hình lăng trụ

Bảng 32 – Hệ số $c_{x\infty}$

d/b	Hệ số $c_{x\infty}$
0,1	2,00
0,2	2,00
0,3	2,13
0,4	2,22
0,5	2,29
0,6	2,35
0,7	2,40
0,8	2,31
0,9	2,23
1,0	2,15
2,0	1,66
3,0	1,37
4,0	1,16
5,0	1,00
6,0	0,97
7,0	0,95
8,0	0,93
9,0	0,92
10,0	0,90
20,0	0,90
30,0	0,90
40,0	0,90
50,0	0,90

F.16.2 Hệ số khí động căn chỉnh diện c_x đối với các thanh định hình lấy bằng 1,4 ($c_x = 1,4$).

2.6.17 (F.17) Kết cấu rỗng

2.6.17.1 (F.17.1) Chỉ dẫn chung

2.6.17.1.1 (F.17.1.1) Các hệ số khí động của kết cấu rỗng được tính trên diện tích các mặt của giàn không gian hoặc diện tích bao của giàn phẳng.

2.6.17.1.2 (F.17.1.2) Hướng trục x đối với giàn phẳng trùng với hướng gió và vuông góc với mặt phẳng kết cấu giàn; đối với giàn không gian hướng gió tính toán được chỉ trên Hình 73 (F.24).

2.6.17.2 (F.17.2) Kết cấu rỗng phẳng đứng độc lập

Hệ số khí động c_x của kết cấu rỗng phẳng đứng độc lập (Hình 72 (F.23)) được xác định theo công thức:

$$c_x = \frac{\sum c_{xi} A_i}{A_c} \quad (37 \text{ (F.7)})$$

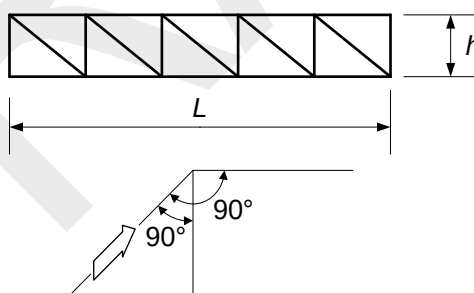
trong đó

c_{xi} là hệ số khí động của thanh thứ i của kết cấu:

- lấy bằng 1,4 ($c_{xi} = 1,4$) đối với thanh định hình;
- được xác định theo các chỉ dẫn trong 2.6.12 (F.12) và 2.6.13 (F.13) tương ứng đối với các cấu kiện tiết diện tròn và chữ nhật; khi đó $k_\lambda = 1$;

A_i là diện tích hình chiếu thanh thứ i của kết cấu (xem thêm 2.6.17.5 (F.17.5));

A_c là diện tích bao của kết cấu: $A_c = L \cdot h$ (xem thêm 2.6.17.5 (F.17.5)).

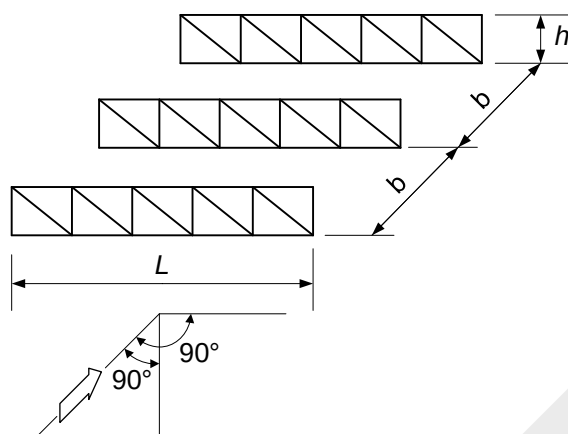


Hình 73 (F.23) – Kết cấu rỗng phẳng đứng độc lập

2.6.17.3 (F.17.3) Dãy kết cấu rỗng phẳng song song nhau

Đối với kết cấu đón gió, hệ số c_{x1} được xác định như đối với giàn đứng độc lập; đối với các kết cấu từ thứ hai trở đi, $c_{x2} = c_{x1} \eta$.

Đối với giàn làm bằng ống khi $Re < 4 \cdot 10^5$, hệ số η được xác định theo Bảng 33 (F.13) phụ thuộc vào khoảng cách tương đối giữa các giàn b/h (Hình 73 (F.24)) và hệ số đặc của giàn φ (xem 2.6.17.5 (F.17.5)).



Hình 74 (F.24) – Dây kết cấu rỗng phẳng song song nhau

Bảng 33 (F.13) – Hệ số η

φ	b/h				
	1/2	1	2	4	6
0,1	0,93	0,99	1,00	1,00	1,00
0,2	0,75	0,81	0,87	0,90	0,93
0,3	0,56	0,65	0,73	0,78	0,83
0,4	0,38	0,48	0,59	0,65	0,72
0,5	0,19	0,32	0,44	0,52	0,61
$\geq 0,6$	0,00	0,15	0,30	0,40	0,50

Đối với giàn làm bằng ống khi $Re \geq 4 \cdot 10^5$, hệ số $\eta = 0,95$.

CHÚ THÍCH: Số Reynold Re cần được xác định theo công thức (23 (F.1)), trong đó d là đường kính trung bình các ống.

2.6.17.4 (F.17.4) Tháp rỗng và giàn không gian

Hệ số khí động c_t của tháp rỗng và giàn không gian (Hình 74 (F.25)) được xác định theo công thức:

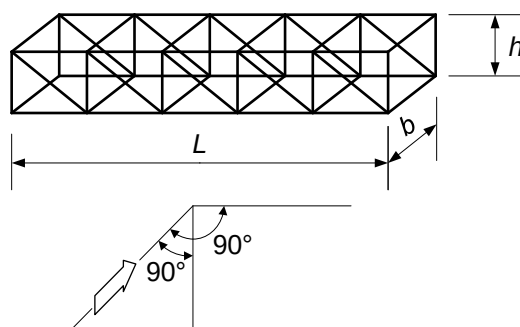
$$c_t = c_x (1 + \eta) k_1 \quad (38 (F.8))$$

trong đó:

c_x được xác định như đối với giàn đứng độc lập;

η được xác định như đối với dây giàn phẳng (xem 2.6.17.3 (F.17.3));

k_1 là hệ số, lấy theo Bảng 34 (F.14).



Hình 75 (F.25) – Tháp rỗng và giàn không gian

Bảng 34 (F.14) – Hệ số k_1

Dạng đường bao tiết diện ngang và hướng gió	Giá trị k_1
	1,0
	0,9
	1,2

2.6.17.5 (F.17.5) Hệ số đặc của kết cấu

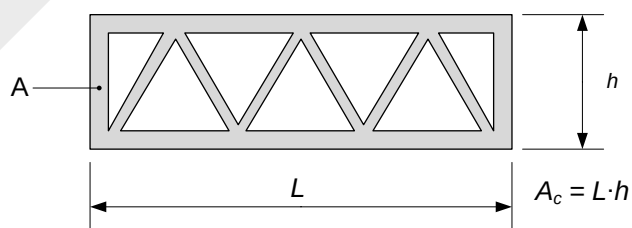
Hệ số đặc của kết cấu φ được xác định theo công thức:

$$\varphi = \frac{\sum A_i}{A_c} = \frac{A}{A_c} \quad (39 \text{ (F.9)})$$

trong đó:

A_i là diện tích hình chiếu của cấu kiện thứ i trong giàn;

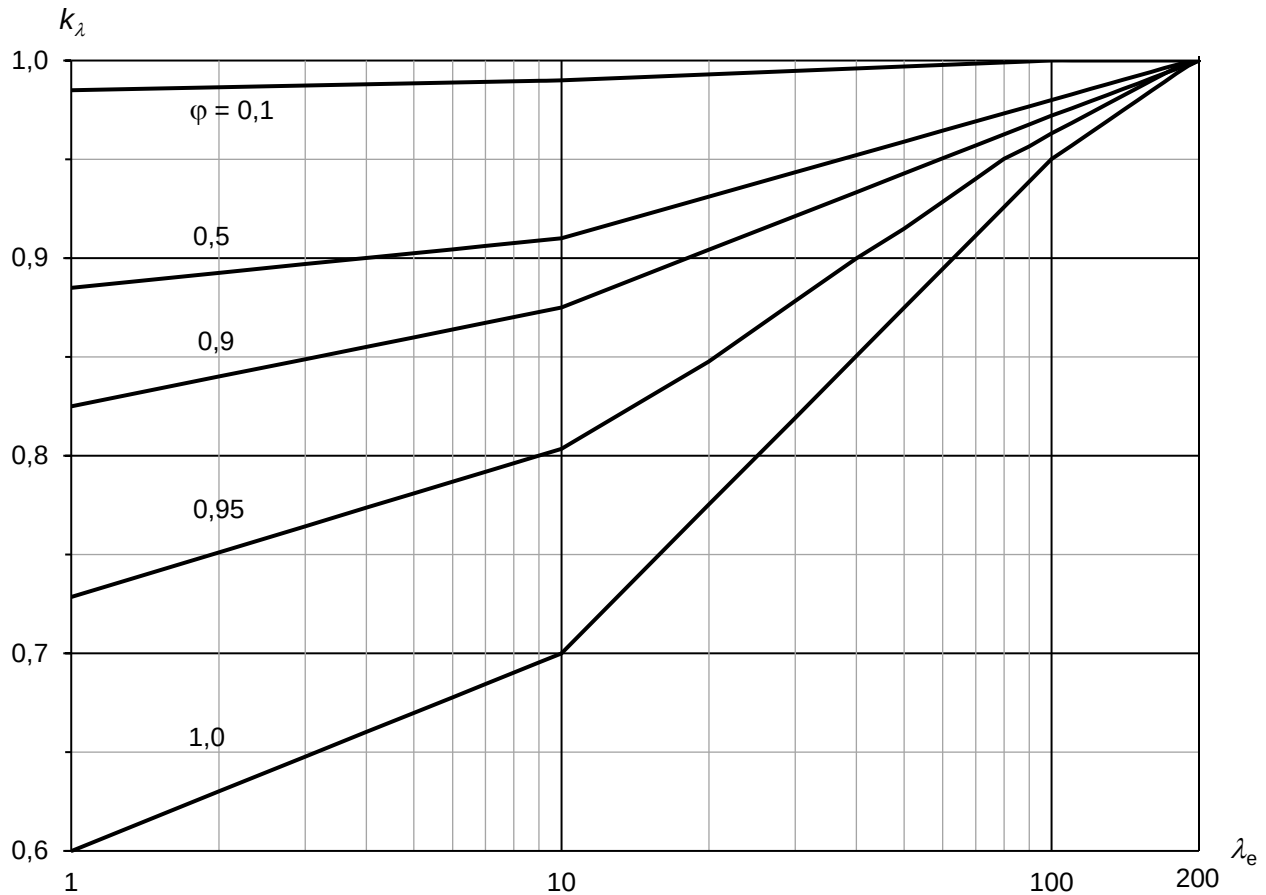
A_c là diện tích bao của kết cấu (xem Hình 75 (F.26)).



Hình 76 (F.26) – Các thông số để xác định hệ số đặc φ của giàn

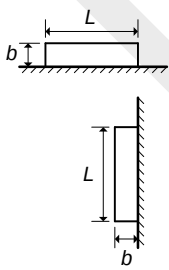
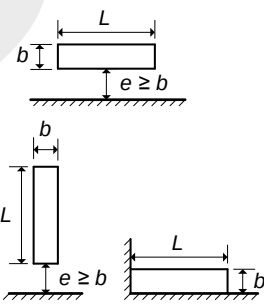
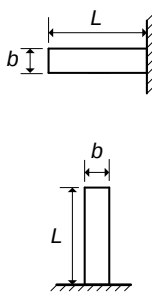
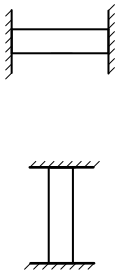
2.6.18 (F.18) Xét đến độ mảnh hiệu dụng của công trình

Giá trị hệ số k_λ phụ thuộc vào độ mảnh hiệu dụng λ_e của cấu kiện hoặc công trình được lấy theo biểu đồ trên Hình 76 (F.27). Độ mảnh hiệu dụng λ_e phụ thuộc vào độ mảnh $\lambda = L/b$ và được xác định theo Bảng 35 (F.15). Hệ số đặc φ xem 2.6.17.5 (F.17.5).



Hình 77 (F.27) – Hệ số k_λ

Bảng 35 (F.15) – Độ mảnh hiệu dụng λ_e

$\lambda_e = \lambda/2$	$\lambda_e = \lambda$	$\lambda_e = 2\lambda$	$\lambda_e = \infty$
			
Các ký hiệu trong Bảng F.15: L, b tương ứng là kích thước lớn nhất và nhỏ nhất của công trình hoặc cấu kiện của nó trong mặt phẳng vuông góc với hướng gió.			

Các giá trị của hệ số k_λ tính theo các công thức (40 - 43) được thể hiện trong Bảng 36.

$$\text{Với } \varphi = 0,1 \quad \begin{cases} k_\lambda = 0,005 \cdot \log_{10}(\lambda) + 0,985 & 1 \leq \lambda \leq 10 \\ k_\lambda = 0,01 \cdot \log_{10}(\lambda) + 0,98 & \text{khi } 10 \leq \lambda \leq 100 \\ k_\lambda = 1 & 100 \leq \lambda \leq 200 \end{cases} \quad (40)$$

$$\text{Với } \varphi = 0,5 \quad \begin{cases} k_\lambda = 0,025 \cdot \log_{10}(\lambda) + 0,885 & 1 \leq \lambda \leq 10 \\ k_\lambda = 0,07 \cdot \log_{10}(\lambda) + 0,84 & \text{khi } 10 \leq \lambda \leq 100 \\ k_\lambda = 0,066 \cdot \log_{10}(\lambda) + 0,85 & 100 \leq \lambda \leq 200 \end{cases} \quad (41)$$

$$\text{Với } \varphi = 0,9 \quad \begin{cases} k_\lambda = 0,05 \cdot \log_{10}(\lambda) + 0,825 & 1 \leq \lambda \leq 10 \\ k_\lambda = 0,097 \cdot \log_{10}(\lambda) + 0,778 & \text{khi } 10 \leq \lambda \leq 100 \\ k_\lambda = 0,093 \cdot \log_{10}(\lambda) + 0,786 & 100 \leq \lambda \leq 200 \end{cases} \quad (42)$$

$$\text{Với } \varphi = 1 \quad \begin{cases} k_\lambda = 0,1 \cdot \log_{10}(\lambda) + 0,6 & 1 \leq \lambda \leq 10 \\ k_\lambda = 0,25 \cdot \log_{10}(\lambda) + 0,45 & \text{khi } 10 \leq \lambda \leq 100 \\ k_\lambda = 0,17 \cdot \log_{10}(\lambda) + 0,61 & 100 \leq \lambda \leq 200 \end{cases} \quad (43)$$

Bảng 36 – Hệ số k_λ

Độ mạnh hiệu dụng λ_e	Hệ số đặc φ				
	0,1	0,5	0,9	0,95	1
1	0,985	0,885	0,825	0,729	0,600
2	0,987	0,893	0,840	0,751	0,630
3	0,987	0,897	0,849	0,764	0,648
4	0,988	0,900	0,855	0,774	0,660
5	0,988	0,902	0,860	0,781	0,670
6	0,989	0,904	0,864	0,787	0,678
7	0,989	0,906	0,867	0,792	0,685
8	0,990	0,908	0,870	0,796	0,690
9	0,990	0,909	0,873	0,800	0,695
10	0,990	0,910	0,875	0,804	0,700
20	0,993	0,931	0,904	0,848	0,775
30	0,995	0,943	0,921	0,878	0,819
40	0,996	0,952	0,933	0,900	0,851
50	0,997	0,959	0,943	0,915	0,875
60	0,998	0,964	0,950	0,929	0,895
70	0,998	0,969	0,957	0,940	0,911
80	0,999	0,973	0,963	0,950	0,926
90	0,9995	0,977	0,968	0,957	0,939
100	1,000	0,980	0,972	0,963	0,950
110	1,000	0,983	0,976	0,968	0,957
120	1,000	0,986	0,979	0,973	0,963
130	1,000	0,988	0,983	0,978	0,969
140	1,000	0,990	0,986	0,982	0,975
150	1,000	0,992	0,988	0,986	0,980
160	1,000	0,994	0,991	0,990	0,985
170	1,000	0,996	0,993	0,993	0,989
180	1,000	0,998	0,996	0,997	0,993
190	1,000	1,000	0,998	0,998	0,997
200	1,000	1,001	1,000	1,000	1,000

2.6.19 (F.19) Xét đến độ nhám bề mặt ngoài

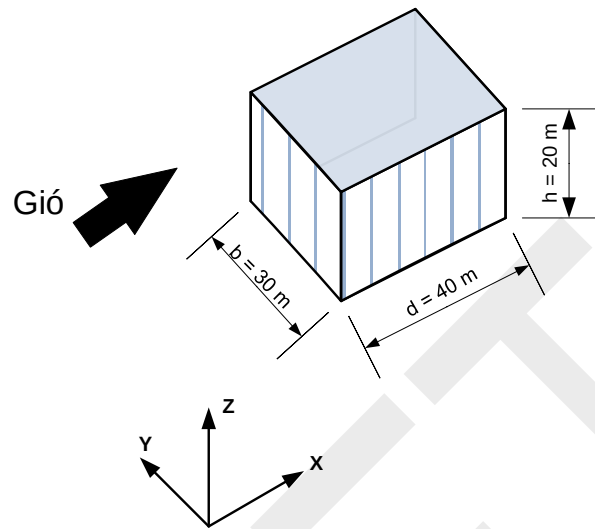
Tùy theo sự gia công bề mặt kết cấu và vật liệu dùng để chế tạo kết cấu, độ nhám Δ của bề mặt kết cấu được nêu trong Bảng 35 (F.16).

Bảng 37 (F.16) – Độ nhám Δ của bề mặt kết cấu

Đơn vị tính bằng mét

Loại bề mặt	Độ nhám Δ
1. Kính	$1,5 \cdot 10^{-6}$
2. Vật liệu được đánh bóng	$2 \cdot 10^{-6}$
3. Sơn dầu mịn	$6 \cdot 10^{-6}$
4. Sơn phun	$2 \cdot 10^{-5}$
5. Gang đúc	$2 \cdot 10^{-4}$
6. Thép mạ kẽm	$2 \cdot 10^{-4}$
7. Bê tông mài	$2 \cdot 10^{-4}$
8. Bê tông nhám	10^{-3}
9. Gỉ sét	$2 \cdot 10^{-3}$
10. Khối xây (gạch, đá)	$3 \cdot 10^{-3}$

Ví dụ 16: Xác định tải trọng gió lên nhà thấp tầng (mặt bằng chữ nhật với mái bằng) có kích thước $b = 30$ m (rộng), $d = 40$ m (dài), $h = 20$ m (cao). Vùng áp lực gió II với $W_0 = 95$ (daN/m²). Dạng địa hình B.



Hình 78 – Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài ce cho mái dốc bốn phía (đối với hướng gió $\theta = 90^\circ$)

Lời giải:

Chiều cao tham chiếu trên mặt đất là $z_e = h = 20$ m

Công trình nhà thấp tầng là kết cấu cứng có tần số dao động riêng thứ nhất $n_1 > 1$ Hz nên $G_f = 0,85$ (xem 2.2.7.2 (10.2.7.2)).

Công trình nhà thấp tầng có cấp hậu quả C1 nên có hệ số tầm quan trọng $\gamma_n = 0,87$ (xem Bảng H.1 của TCVN 2737:2023).

Các giá trị của hệ số khí động cho mặt trước và sau được nội suy tuyến tính dựa theo Bảng 15 (F.4) cho các tỷ số h/d khác nhau (phần chữ xanh).

Phương X:

Với $h/b = 20/30 = 0,67$ thì nội suy tuyến tính dựa theo Bảng 15 (F.4) có hệ số khí động cho mặt đón gió $c_{x,d} = 0,76$ và hệ số khí động cho mặt khuất gió $c_{x,h} = -0,41$.

Tổng lực cắt đáy theo phương X: $F_x = 930$ kN

Tổng mômen đáy quanh trục Y: $M_y = 10.191$ kN.m

Phương Y:

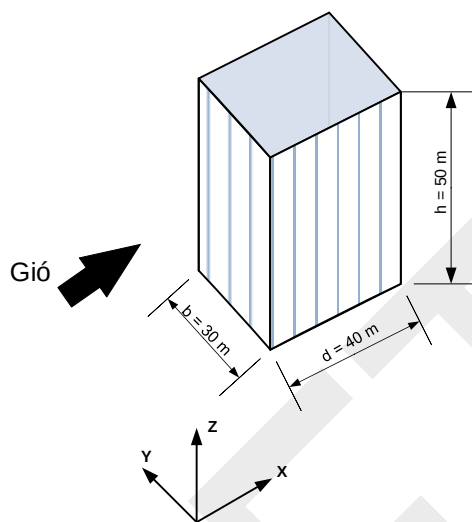
Với $h/d = 20/40 = 0,5$ thì nội suy tuyến tính dựa theo Bảng 15 (F.4) có hệ số khí động cho mặt đón gió $c_{y,d} = 0,73$ và hệ số khí động cho mặt khuất gió $c_{y,h} = -0,37$.

Tổng lực cắt đáy theo phương Y: $F_y = 1.169$ kN

Tổng mômen đáy quanh trục X: $M_x = 12.811$ kN.m

Chi tiết tính toán tải trọng gió lên nhà thấp tầng được thể hiện trong Bảng 38.

Ví dụ 17: Xác định tải trọng gió lên nhà cao vừa (mặt bằng chữ nhật với mái bằng) có kích thước $b = 30$ m (rộng), $d = 40$ m (dài), $h = 50$ m (cao). Vùng áp lực gió II với $W_0 = 95$ (daN/m²). Dạng địa hình B. Tần số dao động riêng thứ nhất: theo phương X $n_{1,X} = 0,44$ Hz, theo phương Y $n_{1,Y} = 0,4$ Hz. Độ cản $\beta = 0,02$.



Hình 79 – Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài ce cho mái dốc bốn phía (đối với hướng gió $\theta = 90^\circ$)

Lời giải:

Chiều cao tham chiếu trên mặt đất đến độ cao $b = 30$ m là $z_e = b = 30$ m.

Chiều cao tham chiếu trên mặt đất đến độ cao $h = 50$ m là $z_e = h = 50$ m.

Công trình nhà cao vừa có cấp hậu quả C2 nên có hệ số tầm quan trọng $\gamma_h = 1$ (xem Bảng H.1 của TCVN 2737:2023).

Phương X:

Với $h/b = 50/30 = 1,67$ thì nội suy tuyến tính dựa theo Bảng 15 (F.4) có hệ số khí động cho mặt đón gió $c_{x,d} = 0,8$ và hệ số khí động cho mặt khuất gió $c_{x,h} = -0,53$.

Hệ số hiệu ứng giật $G_{f,X}$ được xác định theo 10.2.7.3: $G_{f,X} = 0,95$.

Tổng lực cắt đáy theo phương X: $F_X = 4.102$ kN

Tổng mômen đáy quanh trục Y: $M_Y = 108.814$ kN.m

Phương Y:

Với $h/d = 50/40 = 1,25$ thì nội suy tuyến tính dựa theo Bảng 15 (F.4) có hệ số khí động cho mặt đón gió $c_{Y,d} = 0,8$ và hệ số khí động cho mặt khuất gió $c_{Y,h} = -0,51$.

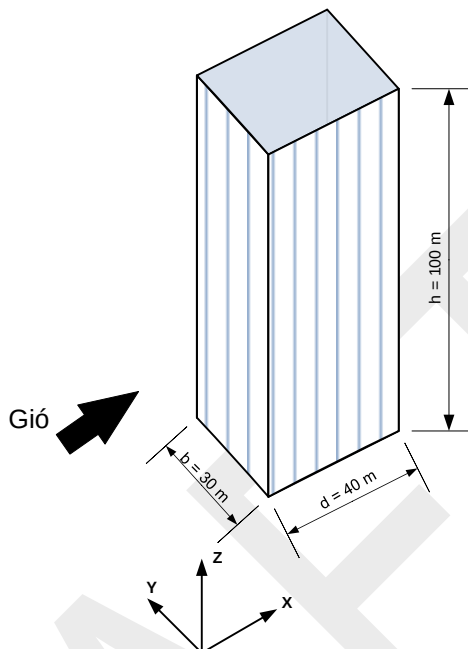
Hệ số hiệu ứng giật $G_{f,Y}$ được xác định theo 10.2.7.3: $G_{f,Y} = 0,96$.

Tổng lực cắt đáy theo phương Y: $F_Y = 5.319$ kN

Tổng mômen đáy quanh trục X: $M_X = 139.888$ kN.m

Chi tiết tính toán tải trọng gió lên nhà cao vừa được thể hiện trong Bảng 39.

Ví dụ 18: Xác định tải trọng gió lên nhà cao vừa (mặt bằng chữ nhật với mái bằng) có kích thước $b = 30$ m (rộng), $d = 40$ m (dài), $h = 100$ m (cao). Vùng áp lực gió II với $W_0 = 95$ (daN/m²). Dạng địa hình B. Tần số dao động riêng thứ nhất: theo phương X $n_{1,X} = 0,24$ Hz, theo phương Y $n_{1,Y} = 0,22$ Hz. Độ cản $\beta = 0,02$.



Hình 80 – Sơ đồ hệ số khí động áp lực ngoài ce cho mái dốc bốn phía (đối với hướng gió $\theta = 90^\circ$)

Lời giải:

Chiều cao tham chiếu trên mặt đất đến độ cao $b = 30$ m là $z_e = b = 30$ m.

Chiều cao tham chiếu trên mặt đất đến độ cao $h = 100$ m là $z_e = h = 100$ m.

Công trình nhà cao vừa có cấp hậu quả C3 nên có hệ số tầm quan trọng $\gamma_n = 1,15$ (xem Bảng H.1 của TCVN 2737:2023).

Phương X:

Với $h/b = 100/30 = 3,33$ thì nội suy tuyến tính dựa theo Bảng 15 (F.4) có hệ số khí động cho mặt đón gió $c_{x,d} = 0,8$ và hệ số khí động cho mặt khuất gió $c_{x,h} = -0,62$.

Hệ số hiệu ứng giật $G_{f,X}$ được xác định theo 10.2.7.3: $G_{f,X} = 1,03$.

Tổng lực cắt đáy theo phương X: $F_X = 11.995$ kN

Tổng mômen đáy quanh trục Y: $M_Y = 644.437$ kN.m

Phương Y:

Với $h/d = 100/40 = 2,5$ thì nội suy tuyến tính dựa theo Bảng 15 (F.4) có hệ số khí động cho mặt đón gió $c_{Y,d} = 0,8$ và hệ số khí động cho mặt khuất gió $c_{Y,h} = -0,58$.

Hệ số hiệu ứng giật $G_{f,Y}$ được xác định theo 10.2.7.3: $G_{f,Y} = 1,05$.

Tổng lực cắt đáy theo phương Y: $F_Y = 15.827$ kN

Tổng mômen đáy quanh trục X: $M_X = 853.462$ kN.m

Chi tiết tính toán tải trọng gió lên nhà cao vừa được thể hiện trong Bảng 40.

Bảng 38 – Tính toán tải trọng gió cho công trình nhà thấp tầng

Tầng	Chiều cao (m)	Độ cao (m)	Phương X										Phương Y									
			Hệ số k_x	Áp lực gió (KN/m ²)			Bề rộng theo phương X (m)	Diện tích đón gió (m ²)	Lực gió (KN)			Mômen đáy M_y (KN.m)	Hệ số k_y	Áp lực gió (KN/m ²)			Bề rộng theo phương Y (m)	Diện tích đón gió (m ²)	Lực gió (KN)			Mômen đáy M_x (KN.m)
				Gió đẩy $W_{x,d}$	Gió hút $W_{x,h}$	Tổng W_x			Gió đẩy $F_{x,d}$	Gió hút $F_{x,h}$	Tổng F_x			Gió đẩy $W_{y,d}$	Gió hút $W_{y,h}$	Tổng W_y			Gió đẩy $F_{y,d}$	Gió hút $F_{y,h}$	Tổng F_y	
T1	3,5	3,5	1,16	1,10	0,60	1,7	30	102,0	112,2	67,1	173	606	1,16	1,07	0,53	1,6	40	136,0	145,2	77,5	218	762
T2	3,3	6,8	1,16	1,10	0,60	1,7	30	99,0	108,9	65,2	168	1143	1,16	1,07	0,53	1,6	40	132,0	140,9	75,2	211	1437
T3	3,3	10,1	1,16	1,10	0,60	1,7	30	99,0	108,9	65,2	168	1698	1,16	1,07	0,53	1,6	40	132,0	140,9	75,2	211	2135
T4	3,3	13,4	1,16	1,10	0,60	1,7	30	99,0	108,9	65,2	168	2253	1,16	1,07	0,53	1,6	40	132,0	140,9	75,2	211	2833
T5	3,3	16,7	1,16	1,10	0,60	1,7	30	99,0	108,9	65,2	168	2808	1,16	1,07	0,53	1,6	40	132,0	140,9	75,2	211	3530
Mái	3,3	20,0	1,16	1,10	0,60	1,7	30	49,5	54,4	32,6	84	1681	1,16	1,07	0,53	1,6	40	66,0	70,5	37,6	106	2114

Bảng 39 – Tính toán tải trọng gió cho công trình nhà cao vừa

Tầng	Chiều cao (m)	Độ cao (m)	Phương X										Phương Y									
			Hệ số k_x	Áp lực gió (KN/m ²)			Bề rộng theo phương X (m)	Diện tích đón gió (m ²)	Lực gió (KN)			Mômen đáy M_y (KN.m)	Hệ số k_y	Áp lực gió (KN/m ²)			Bề rộng theo phương Y (m)	Diện tích đón gió (m ²)	Lực gió (KN)			Mômen đáy M_x (KN.m)
				Gió đẩy $W_{x,d}$	Gió hút $W_{x,h}$	Tổng W_x			Gió đẩy $F_{x,d}$	Gió hút $F_{x,h}$	Tổng F_x			Gió đẩy $W_{y,d}$	Gió hút $W_{y,h}$	Tổng W_y			Gió đẩy $F_{y,d}$	Gió hút $F_{y,h}$	Tổng F_y	
T1	3,5	3,5	1,26	1,63	1,09	2,7	30	102,0	166,2	180,6	277	970	1,26	1,65	1,05	2,7	40	136,0	223,9	236,2	367	1286
T2	3,3	6,8	1,26	1,63	1,09	2,7	30	99,0	161,3	175,2	269	1828	1,26	1,65	1,05	2,7	40	132,0	217,4	229,3	357	2425
T3	3,3	10,1	1,26	1,63	1,09	2,7	30	99,0	161,3	175,2	269	2716	1,26	1,65	1,05	2,7	40	132,0	217,4	229,3	357	3602
T4	3,3	13,4	1,26	1,63	1,09	2,7	30	99,0	161,3	175,2	269	3603	1,26	1,65	1,05	2,7	40	132,0	217,4	229,3	357	4778
T5	3,3	16,7	1,26	1,63	1,09	2,7	30	99,0	161,3	175,2	269	4490	1,26	1,65	1,05	2,7	40	132,0	217,4	229,3	357	5955
T6	3,3	20,0	1,26	1,63	1,09	2,7	30	99,0	161,3	175,2	269	5377	1,26	1,65	1,05	2,7	40	132,0	217,4	229,3	357	7132
T7	3,3	23,3	1,26	1,63	1,09	2,7	30	99,0	161,3	175,2	269	6265	1,26	1,65	1,05	2,7	40	132,0	217,4	229,3	357	8309
T8	3,3	26,6	1,26	1,63	1,09	2,7	30	99,0	161,3	175,2	269	7152	1,26	1,65	1,05	2,7	40	132,0	217,4	229,3	357	9485
T9	3,3	29,9	1,26	1,63	1,09	2,7	30	99,0	161,3	175,2	269	8039	1,26	1,65	1,05	2,7	40	132,0	217,4	229,3	357	10662
T10	3,3	33,2	1,40	1,81	1,21	3,0	30	99,0	179,6	217,3	299	9940	1,26	1,65	1,05	2,7	40	132,0	217,4	229,3	357	11839
T11	3,3	36,5	1,40	1,81	1,21	3,0	30	99,0	179,6	217,3	299	10928	1,26	1,65	1,05	2,7	40	132,0	217,4	229,3	357	13016
T12	3,3	39,8	1,40	1,81	1,21	3,0	30	99,0	179,6	217,3	299	11916	1,26	1,65	1,05	2,7	40	132,0	217,4	229,3	357	14193
T13	3,3	43,1	1,40	1,81	1,21	3,0	30	103,5	187,8	227,2	313	13490	1,40	1,83	1,17	3,0	40	138,0	253,0	297,2	415	17892
T14	3,6	46,7	1,40	1,81	1,21	3,0	30	103,5	187,8	227,2	313	14617	1,40	1,83	1,17	3,0	40	138,0	253,0	297,2	415	19387
Mái	3,3	50,0	1,40	1,81	1,21	3,0	30	49,5	89,8	108,6	150	7485	1,40	1,83	1,17	3,0	40	66,0	121,0	142,2	199	9927

Bảng 40 – Tính toán tải trọng gió cho công trình nhà cao tầng

Tầng	Chiều cao (m)	Độ cao (m)	Phương X										Phương Y									
			Hệ số k_x	Áp lực gió (KN/m ²)			Bề rộng theo phương X (m)	Diện tích đón gió (m ²)	Lực gió (KN)			Mômen đáy M_Y (KN.m)	Hệ số k_y	Áp lực gió (KN/m ²)			Bề rộng theo phương Y (m)	Diện tích đón gió (m ²)	Lực gió (KN)			Mômen đáy M_X (KN.m)
				Gió đẩy $W_{x,d}$	Gió hút $W_{x,h}$	Tổng W_x			Gió đẩy $F_{x,d}$	Gió hút $F_{x,h}$	Tổng F_x			Gió đẩy $W_{y,d}$	Gió hút $W_{y,h}$	Tổng W_y			Gió đẩy $F_{y,d}$	Gió hút $F_{y,h}$	Tổng F_y	
T1	3,5	3,5	1,26	2,03	1,57	3,6	30	102,0	207	325	367	1284	1,26	2,05	1,47	3,5	40	136,0	279	411	480	1678
T2	3,3	6,8	1,26	2,03	1,57	3,6	30	99,0	201	315	356	2422	1,26	2,05	1,47	3,5	40	132,0	271	399	465	3165
T3	3,3	10,1	1,26	2,03	1,57	3,6	30	99,0	201	315	356	3597	1,26	2,05	1,47	3,5	40	132,0	271	399	465	4701
T4	3,3	13,4	1,26	2,03	1,57	3,6	30	99,0	201	315	356	4773	1,26	2,05	1,47	3,5	40	132,0	271	399	465	6237
T5	3,3	16,7	1,26	2,03	1,57	3,6	30	99,0	201	315	356	5948	1,26	2,05	1,47	3,5	40	132,0	271	399	465	7772
T6	3,3	20,0	1,26	2,03	1,57	3,6	30	99,0	201	315	356	7124	1,26	2,05	1,47	3,5	40	132,0	271	399	465	9308
T7	3,3	23,3	1,26	2,03	1,57	3,6	30	99,0	201	315	356	8299	1,26	2,05	1,47	3,5	40	132,0	271	399	465	10844
T8	3,3	26,6	1,26	2,03	1,57	3,6	30	99,0	201	315	356	9474	1,26	2,05	1,47	3,5	40	132,0	271	399	465	12380
T9	3,3	29,9	1,26	2,03	1,57	3,6	30	99,0	201	315	356	10650	1,26	2,05	1,47	3,5	40	132,0	271	399	465	13916
T10	3,3	33,2	1,29	2,08	1,60	3,7	30	99,0	205	329	364	12080	1,26	2,05	1,47	3,5	40	132,0	271	399	465	15452
T11	3,3	36,5	1,31	2,12	1,63	3,7	30	99,0	210	342	371	13549	1,26	2,05	1,47	3,5	40	132,0	271	399	465	16988
T12	3,3	39,8	1,34	2,16	1,66	3,8	30	99,0	213	355	378	15045	1,26	2,05	1,47	3,5	40	132,0	271	399	465	18524
T13	3,3	43,1	1,36	2,19	1,69	3,9	30	99,0	217	367	384	16568	1,36	2,21	1,59	3,8	40	132,0	292	465	502	21649
T14	3,3	46,4	1,38	2,23	1,72	3,9	30	99,0	220	378	390	18116	1,38	2,25	1,62	3,9	40	132,0	297	480	510	23672
T15	3,3	49,7	1,40	2,26	1,74	4,0	30	99,0	224	390	396	19687	1,40	2,28	1,64	3,9	40	132,0	301	494	518	25725
T16	3,3	53,0	1,42	2,29	1,77	4,1	30	99,0	227	400	402	21280	1,42	2,31	1,66	4,0	40	132,0	305	507	525	27807
T17	3,3	56,3	1,44	2,32	1,79	4,1	30	99,0	230	411	407	22895	1,44	2,34	1,68	4,0	40	132,0	309	520	531	29916
T18	3,3	59,6	1,46	2,35	1,81	4,2	30	99,0	232	421	412	24529	1,63	2,64	1,90	4,5	40	132,0	349	663	600	35741
T19	3,3	62,9	1,47	2,37	1,83	4,2	30	99,0	235	430	416	26183	1,63	2,64	1,90	4,5	40	132,0	349	663	600	37720
T20	3,3	66,2	1,49	2,40	1,85	4,3	30	99,0	238	440	421	27855	1,63	2,64	1,90	4,5	40	132,0	349	663	600	39699
T21	3,3	69,5	1,51	2,42	1,87	4,3	30	99,0	240	449	425	29544	1,63	2,64	1,90	4,5	40	132,0	349	663	600	41678
T22	3,3	72,8	1,63	2,62	2,02	4,6	30	99,0	259	523	459	33411	1,63	2,64	1,90	4,5	40	132,0	349	663	600	43657
T23	3,3	76,1	1,63	2,62	2,02	4,6	30	99,0	259	523	459	34925	1,63	2,64	1,90	4,5	40	132,0	349	663	600	45636
T24	3,3	79,4	1,63	2,62	2,02	4,6	30	99,0	259	523	459	36439	1,63	2,64	1,90	4,5	40	132,0	349	663	600	47615
T25	3,3	82,7	1,63	2,62	2,02	4,6	30	99,0	259	523	459	37954	1,63	2,64	1,90	4,5	40	132,0	349	663	600	49594
T26	3,3	86,0	1,63	2,62	2,02	4,6	30	102,0	267	539	473	40664	1,63	2,64	1,90	4,5	40	136,0	359	683	618	53136
T27	3,5	89,5	1,63	2,62	2,02	4,6	30	106,5	279	563	494	44186	1,63	2,64	1,90	4,5	40	142,0	375	713	645	57738
T28	3,6	93,1	1,63	2,62	2,02	4,6	30	108,0	283	571	501	46611	1,63	2,64	1,90	4,5	40	144,0	381	723	654	60906
T29	3,6	96,7	1,63	2,62	2,02	4,6	30	103,5	271	547	480	46396	1,63	2,64	1,90	4,5	40	138,0	365	693	627	60625
Mái	3,3	100	1,63	2,62	2,02	4,6	30	49,5	130	261	229	22947	1,63	2,64	1,90	4,5	40	66,0	174	331	300	29984

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] QCVN 02:2022/BXD, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về Số liệu điều kiện tự nhiên dùng trong xây dựng
- [2] QCVN 03:2022/BXD, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về Phân cấp công trình phục vụ thiết kế xây dựng
- [3] TCVN 2737:1995, Tải trọng và tác động – Tiêu chuẩn thiết kế
- [4] BS EN 1990, Basis of structural design
- [5] BS EN 1991, Actions on Structures
- [6] ASCE/SEI 7-22, Minimum design loads and associated criteria for buildings and other structures (ASCE/SEI 7-16, Tải trọng thiết kế tối thiểu và tiêu chí liên quan đối với nhà và các kết cấu khác)
- [7] GOST 27751-2014, Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения (GOST 27751-2014, Độ tin cậy của kết cấu xây dựng và nền. Yêu cầu chung)
- [8] SP 20.13330.2016, Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* (с Изменениями N 1, 2, 3, 4) (SP 20.13330.2016. Tải trọng và tác động. Phiên bản cập nhật SNiP 2.01.07-85* (cùng các sửa đổi 1, 2, 3, 4))
- [9] SP 267.1325800.2016, Здания и комплексы высотные. Правила проектирования (SP 267.1325800.2016 (с Изменением N 1), Nhà và tổ hợp cao tầng. Nguyên tắc thiết kế (cùng sửa đổi 1))
- [10] SP 296.1325800.2017, Здания и сооружения. Особые воздействия (с Изменениями N 1, 2) (SP 296.1325800.2017, Nhà và công trình. Tác động đặc biệt (cùng các sửa đổi 1, 2))

PHỤ LỤC 1

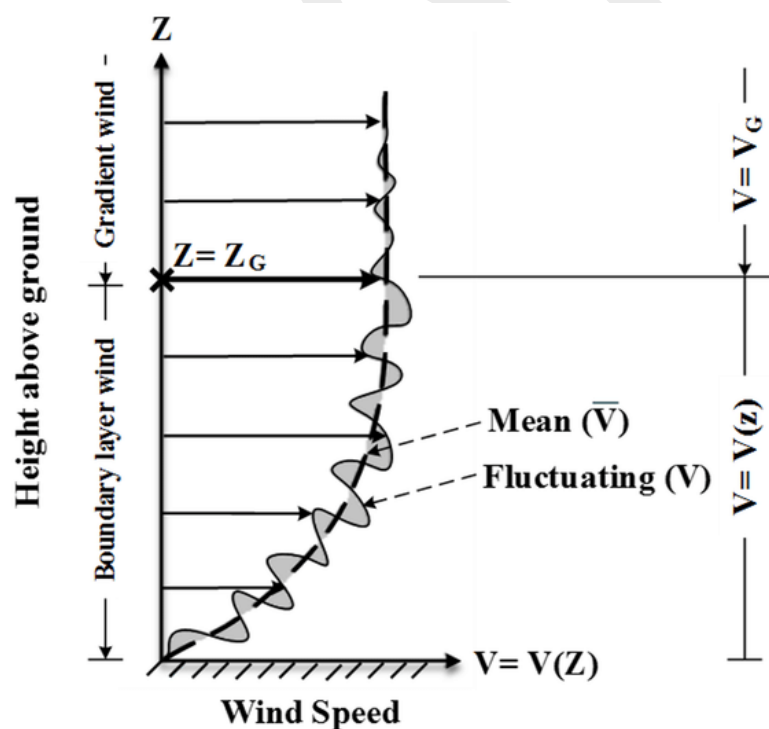
PROFILE VẬN TỐC GIÓ THEO MỘT SỐ TIÊU CHUẨN TRÊN THẾ GIỚI

PL1.1. Đặt vấn đề

Trong thời đại toàn cầu hóa của công nghiệp xây dựng và sự hài hòa các tiêu chuẩn về tải trọng gió trên thế giới, sự cần thiết tìm hiểu sự khác nhau giữa các profile vận tốc gió trong các tiêu chuẩn chính trên thế giới là rất quan trọng và cần thiết. Đề tài này trình bày các kết quả đánh giá các dạng profile vận tốc gió và hệ số chuyển đổi vận tốc gió theo chu kỳ lặp theo tiêu chuẩn TCVN 2737:2023 với các tiêu chuẩn chính trên thế giới. Từ đó có thể đưa ra các dạng profile vận tốc gió và hệ số chuyển đổi vận tốc gió theo chu kỳ lặp phù hợp cho tiêu chuẩn về tải trọng gió của Việt Nam.

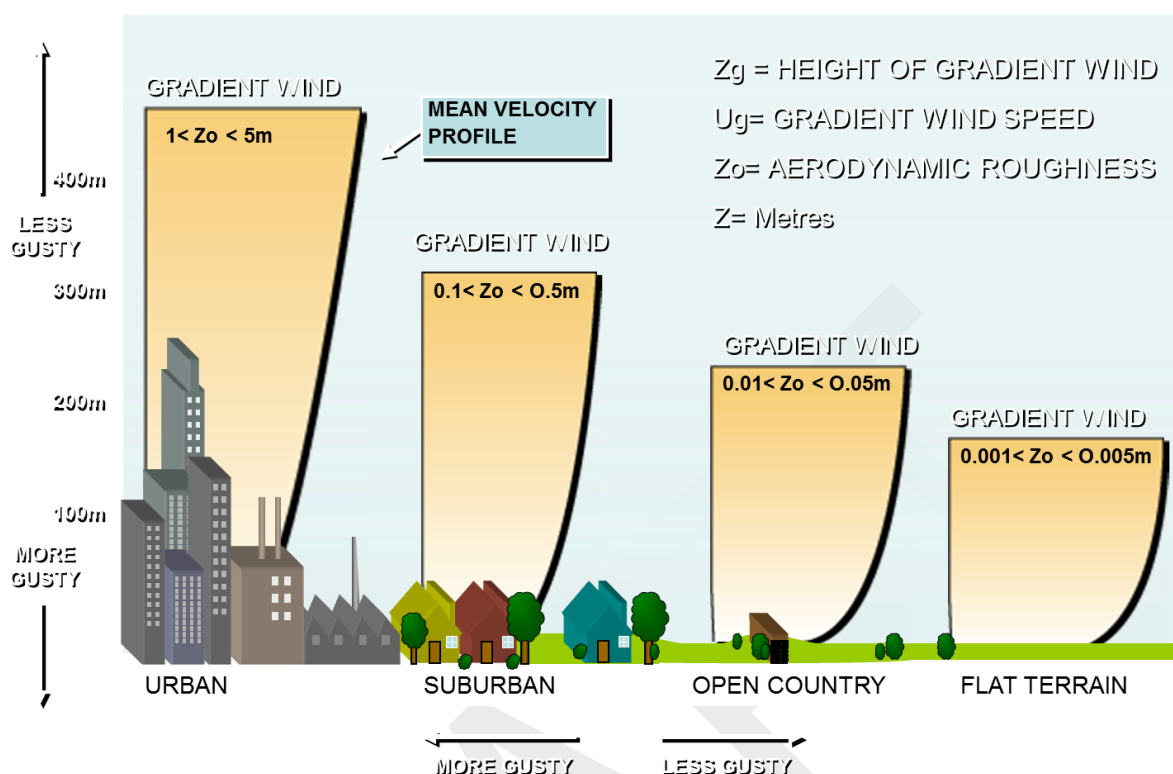
PL1.2. Profile vận tốc gió

Vùng gần mặt đất có sự ảnh hưởng của của ma sát được gọi là "lớp biên" (atmospheric boundary layer) (xem Hình PL1.1). Ảnh hưởng của ma sát sẽ giảm với chiều cao do đó vận tốc gió sẽ tăng dần theo chiều cao, chiều cao mà từ đó vận tốc gió không thay đổi thì là chiều cao gradient. Lớp không khí phía dưới chiều cao gradient được gọi là lớp biên.



Hình PL1.1 – Lớp biên

Các tiêu chuẩn khác nhau thì dùng các loại profile gió khác nhau, thời gian lấy trung bình vận tốc gió và chu kỳ lặp khác nhau (xem Bảng PL1.1)



Hình PL1.2 – Lớp biên cho các dạng địa hình

Bảng PL1.1 - Thời gian lấy trung bình, chiều cao tham chiếu và chu kỳ lặp

Tiêu chuẩn	Thời gian trung bình cho vận tốc gió cơ bản (s)	Thời gian trung bình cho vận tốc gió thiết kế tại chiều cao tham chiếu (s)	Chiều cao tham chiếu cho hệ số giạt	Chiều cao tham chiếu (m)	Chu kỳ lặp (năm)
ASCE 7-2022	3	3600	0,6h	10	50
AS/NZS 1170.2:2021	3	3	h	10	500
NBCC (2020)	3600	3600	h	10	50
AIJ 2015	600	600	h	10	100
EN 1991-1-4.2005	600	3600	0,6h	10	50
ISO/FDIS 4354:2009	3/600	600	h	10	50
SP 20.13330.2016	600	600	h	10	50
TCVN 2737:2023	3	3	h	10	20

PL1.2.1 Profile vận tốc gió trung bình

Profile vận tốc gió trung bình được định nghĩa như là hàm theo độ cao trên mặt đất và được tính toán theo hàm logarit hoặc theo hàm số mũ.

a. Hàm logarit

$$\bar{V}(z) = \frac{\dot{u}}{\kappa} \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \quad (\text{PL1.1})$$

trong đó:

κ là hằng số von Karman có giá trị xấp xỉ bằng 0,4;

$\dot{u}$ là vận tốc ma sát;

z_0 là chiều dài độ nhám bề mặt;

z là chiều cao trên mặt đất.

b. Hàm số mũ

$$\bar{V}(z) = \bar{V}_0 E(z) = \bar{V}_0 \bar{b} \left(\frac{z}{10} \right)^{\bar{\alpha}} \quad (\text{PL1.2})$$

trong đó:

$\bar{V}_0$ là vận tốc gió cơ bản trung bình;

E là hệ số ảnh hưởng theo độ cao của vận tốc gió;

$\bar{b}$ và $\bar{\alpha}$ là các hằng số phụ thuộc vào dạng địa hình.

Vận tốc gió trung bình cơ bản trong các tiêu chuẩn được lấy ở độ cao 10 m và ở dạng địa hình thoáng.

Trong các tiêu chuẩn, vận tốc gió trung bình dựa trên thời gian lấy trung bình là 10 min hoặc 1 giờ thì $\bar{b}=1$. Trong các tiêu chuẩn ASCE 7-2022, AS/NZS 1170.2:2021, ISO/FDIS 4354:2009 và TCVN 2737:2023, vận tốc gió trung bình dựa trên thời gian lấy trung bình là 3 s thì $\bar{b}$ sẽ có giá trị nhỏ hơn 1.

PL1.2.2 Profile vận tốc gió giật

Profile vận tốc gió giật được sử dụng trong các tiêu chuẩn ASCE 7-2022, AS/NZS 1170.2:2021, ISO/FDIS 4354:2009 và TCVN 2737:2023 (theo công thức sau).

$$\hat{V}_t(z) = \bar{V}(z) + g(T)\sigma_v \quad (\text{PL1.3})$$

trong đó

T là thời gian trung bình bằng 3s;

$g(T)$ là hệ số đỉnh.

Hệ số giạt của vận tốc gió được định nghĩa theo công thức sau:

$$G_V(t) = \frac{\hat{V}_t(z)}{V(z)} = 1 + g(T)I(z) \quad (\text{PL1.4})$$

trong đó

$I(z)$ là độ rối tại độ cao z

Profile vận tốc gió giạt 3 s được thể hiện theo công thức sau:

$$\hat{V}_t(z) = \hat{V}_0 \hat{b} \left(\frac{z}{10} \right)^{\hat{\alpha}} \quad (\text{PL1.5})$$

trong đó

$\hat{V}_0$ là vận tốc gió giạt 3 s cơ bản ;

$\hat{b}$ và $\hat{\alpha}$ là các hằng số phụ thuộc vào dạng địa hình;

Các tiêu chuẩn ASCE 7-2022, AS/NZS 1170.2:2021, ISO/FDIS 4354:2009 và TCVN 2737:2023 sử dụng các profile vận tốc gió 3 s.

PL1.3. Dạng địa hình

Do đặc tính của dòng gió tới tác dụng lên công trình bị tác động bởi độ nhám bề mặt nên các profile vận tốc gió trong các tiêu chuẩn trên thế giới cũng khác nhau.

Vận tốc gió thay đổi với chiều cao và sự thay đổi của chúng liên quan đến độ nhám của bề mặt đất và các loại bề mặt khác nhau sẽ có các độ nhám khác nhau. Để phân loại cho các điều kiện độ nhám khác nhau này, các dạng địa hình khác nhau đã được qui định. Số lượng cũng như các loại địa hình đã được qui định trong các tiêu chuẩn trên thế giới (xem Bảng PL1.2).

Giá trị chiều dài độ nhám z_0 theo các tiêu chuẩn cũng khác nhau. Ví dụ giá trị như đối với địa hình thoáng thì giá trị z_0 của Việt Nam 2737:2023 bằng 0,055; z_0 của SP 20.13330.2016 bằng 0,055 m còn đối với AIJ-RLB 2015 thì z_0 bằng 0,0014 m. Các giá trị của chiều dài độ nhám z_0 cho các khu vực thành phố lớn thay đổi nhiều theo các tiêu chuẩn khác nhau. Ví dụ z_0 bằng 1,82 m theo AIJ-RLB 2015, bằng 2 m theo AS/NZS 1170.2:2021, bằng 1 m theo EN 1991-1-4.2005, bằng 3 m theo ISO/FDIS 4354:2009, bằng 1,97 m theo NBCC (2020), bằng 3 m theo SP 20.13330.2016 và bằng 2 m theo TCVN 2737:2023. Trong các tiêu chuẩn này thì chỉ có tiêu chuẩn ASCE 7-2022 đã bỏ dạng địa hình của các thành phố lớn (địa hình dạng A) nên giá trị lớn của z_0 chỉ bằng 0,58 m nhỏ hơn khá nhiều so với các tiêu chuẩn khác. Hầu hết các tiêu chuẩn dùng qui luật hàm số mũ để mô phỏng profile vận tốc gió, chỉ có các tiêu chuẩn AS/NZS 1170.2:2021, EN 1991-1-4.2005 và ISO/FDIS 4354:2009 dùng hàm logarit để mô phỏng profile vận tốc gió.

Bảng PL1.2 - Thông tin về phân loại địa hình theo các tiêu chuẩn khác nhau

Tiêu chuẩn	Số dạng địa hình	Dạng của profile vận tốc gió	Hệ số mũ của biểu đồ profile vận tốc gió α	Chiều dài độ nhám z_0 (m)
AIJ-RLB 2015	5	Luật lũy thừa (Power Law)	từ 0,1 đến 0,35	từ 0,0014 đến 1,82
AS/NZS 1170.2:2021	4	Dạng logarit Deaves và Harris	từ 0,13 đến 0,28 (qui đổi)	từ 0,002 đến 2,0
ASCE 7-2022	3	Luật lũy thừa (Power Law)	từ 0,11 đến 0,33	từ 0,0039 đến 0,58
EN 1991-1-4.2005	5	Dạng logarit	từ 0,1 đến 0,35 (qui đổi)	từ 0,003 đến 1,0
ISO/FDIS 4354:2009	4	Dạng logarit Deaves và Harris	từ 0,12 đến 0,43 (qui đổi)	từ 0,003 đến 3,0
NBCC (2020)	3	Luật lũy thừa (Power Law)	từ 0,14 đến 0,36	từ 0,025 đến 1,97
SP 20.13330.2016	3	Luật lũy thừa (Power Law)	từ 0,15 đến 0,25	từ 0,055 đến 3,0
TCVN 2737:2023	3	Luật lũy thừa (Power Law)	từ 0,11 đến 0,33	từ 0,0039 đến 0,58

Từ Bảng PL1.2, ta thấy số lượng các dạng địa hình trong các tiêu chuẩn thay đổi từ 3 đến 5. Nên câu hỏi là số lượng dạng địa hình nên là bao nhiêu là phù hợp để trả lời câu hỏi này thì cần phải đảm bảo hai điều kiện sau:

- Số lượng dạng địa hình nên vừa đủ để đảm bảo khi lựa chọn hai dạng địa hình gần nhau sẽ không gây ra sai số quá lớn.
- Từng dạng địa hình có thể phân biệt được và giảm được sai sót khi lựa chọn dạng địa hình.

Chiều dài độ nhám z_0 có giá trị thay đổi từ 0,0014 m (dạng địa hình trống trải) đến 3 m (dạng địa hình có độ nhám cao như địa hình của trung tâm thành phố). Để hiểu được sai lệch khi tính toán vận tốc gió do sự lựa chọn dạng địa hình, Bảng PL1.3 đưa ra tính toán sai số cho 3 dạng địa hình khác nhau (dạng địa hình thoáng, dạng địa hình có vật cản thấp và dạng địa hình trong thành phố tương ứng với ba hàm số mũ 0,1, 0,2 và 0,3). Từ Bảng 3 có thể thấy rằng đối với dạng địa hình càng nhám thì sự thay đổi của giá trị hàm số mũ ảnh hưởng nhiều hơn khi so với dạng địa hình có độ nhám ít. Vì vậy để giữ cho sai số của vận tốc gió nhỏ hơn 10 % thì cần có khoảng 6 đến 7 dạng địa hình.

Để đảm bảo điều kiện 2 về qui định rõ ràng cho từng dạng địa hình và phân biệt rõ ràng giữa các dạng địa hình thì đã có nhiều nghiên cứu đã về độ nhám bề mặt và các dạng địa hình như Davenport (1960), Deves (1981), Cook (1985), Schmid & Oke (1990) và Wieringa (1992). Trong bài báo của Wieringa (1992) đã cho thấy rằng các giá trị của z_0 thỏa mãn với các kết quả thí nghiệm. Sự mô tả của từng dạng địa hình được thể hiện trong Bảng PL1.4.

Bảng PL1.3 - Các hàm số mũ cho sai số tính toán khoảng 10%

Dạng địa hình	Sai số của vận tốc gió	Giá trị của số mũ
Dạng địa hình trơn	– 10 %	0,59
	+ 10 %	0,15
Dạng địa hình có độ nhám vừa	– 10 %	0,17
	+ 10 %	0,23
Dạng địa hình có độ nhám cao	– 10 %	0,28
	+ 10 %	0,33

Từ kết quả của Bảng PL1.3, ta có thể dùng các giá trị của số mũ bằng 0,1, 0,15, 0,2, 0,24, 0,28 và 0,31 (tương ứng với giá trị z_0 bằng 0,0014, 0,04, 0,21, 0,49, 0,89 và 1,26). Dựa vào sự phân loại độ nhám và giá trị độ nhám trong Bảng PL1.4 và độ nhám được sử dụng trong các tiêu chuẩn thì có thể điều chỉnh để có được các dạng địa hình cho phù hợp. Bảng 5 thể hiện 6 loại địa hình tương ứng với 6 loại độ nhám z_0 . Độ nhám của các dạng địa hình theo các tiêu chuẩn cũng được thể hiện trong Bảng này.

Với sự phân loại được thể hiện trong Bảng PL1.5 sẽ giúp các kỹ sư thiết kế trong việc lựa chọn đúng dạng địa hình trong công việc xác định tải trọng gió lên công trình. Ngoài ra, có thể sử dụng các hình ảnh về dạng địa hình điển hình trong các tiêu chuẩn để lựa chọn dạng địa hình khi tính toán tải trọng gió. Hình ảnh về 6 dạng địa hình được mô tả trong Bảng PL1.5 được thể hiện ở Hình PL1.3.

Bảng PL1.4 - Phân loại độ nhám của Davenport và Wieringa (2001)

Dạng địa hình	z_0 (m)	Mô tả
1 Mặt biển	0,0002	Mặt biển hoặc hồ
2 Khu vực thoáng trơn	0,005	Bề mặt đất không có vật cản (bờ biển, bề mặt băng..)
3 Khu vực thoáng	0,03	Vùng nông thôn với thảm thực vật có chiều cao thấp (cỏ) và có các vật cản cách nhau với khoảng cách ít nhất bằng 50 lần chiều cao của vật cản. Ví dụ như vùng đất không có các bụi cây, đồng hoang, lãnh nguyên và đường cất hạ cánh của máy bay.
4 Khu vực thoáng bề mặt nhám	0,1	Khu vực có thảm thực vật với chiều cao thấp (lúa), các khu vực nông thôn thoáng với các vật cản không liên tục
5 Khu vực có bề mặt nhám	0,25	Khu vực mới phát triển với cây trồng cao hoặc cây trồng với chiều cao thay đổi và các vật cản rải rác với khoảng cách trung bình khoảng 15 lần chiều cao vật cản.
6 Khu vực có bề mặt rất nhám	0,5	Khu vực với khá nhiều nhóm vật cản lớn (các cánh đồng lớn, các nhóm rừng) được tách nhau với các khoảng cách khoảng 10 lần chiều cao của vật cản.
7 Khu vực bị che chắn mạnh	1	Khu vực được phủ toàn bộ với các vật cản có kích thước gần như nhau với khoảng cách giữa chúng lớn hơn chiều cao của vật cản, ví dụ các khu rừng già đều đặn, các thành phố và các khu dân cư có kích thước đều đặn.
8 Khu vực bị nhiễu loạn mạnh	≥ 2	Trung tâm các thành phố gồm nhiều nhà cao tầng và thấp tầng. Các khu rừng lớn có Hình dạng không đều với nhiều khoảng trống.

Bảng PL1.5 - 6 dạng địa hình điển hình

Dạng địa hình	Mô tả	Chiều dài độ nhám z_0 (m)	Số mũ α	Chiều dài độ nhám theo các tiêu chuẩn (z_0 (m))
Dạng I	Khu vực mặt nước thoáng (biển, hồ với rất ít vật cản)	0,002	0,1	AIJ-RLB 2015 Cat I – Khu vực biển (0,0014) AS/NZS 1170.2:2021 Cat 1 – Địa hình trống trải, không có vật cản (0,002) EN 1991-1-4.2005 Cat 0 – Khu vực biển (0,003) ISO/FDIS 4354:2009 Cat 1 – Khu vực biển (0,003) ASCE 7-2022 Exp D – Khu vực phẳng và bề mặt biển, hồ (0,0039) TCVN 2737:2023 Địa hình dạng A - Địa hình trống trải, không có hoặc ít vật cản quá 1,5 m (0,0039)
Dạng II	Khu vực thoáng (địa hình có ít vật cản cao đến 10 m. Khu vực nông thôn với ít nhà thấp tầng)	0,04	0,15	EN 1991-1-4.2005 Cat I – Mặt hồ hoặc khu vực không có vật cản (0,01) AS/NZS 1170.2:2021 Cat 2 – Mặt hồ, đồng cỏ hoặc khu vực có ít vật cản cao từ 1,5 m đến 10m (0,02) NBCC (2020) Exp A – Khu vực thoáng (0,025) ISO/FDIS 4354:2009 Cat 2 – open country (0,03) AIJ-RLB 2015 Cat II – Khu vực thoáng với ít vật cản có chiều cao nhỏ hơn 10 m (0,04) ASCE 7-2022 Exp C – Khu vực thoáng với ít vật cản có chiều cao nhỏ hơn 9,1 m (0,048) EN 1991-1-4.2005 Cat II – Khu vực với ít vật cản, (0,05) SP 20.13330.2016 Địa hình dạng A- Các bờ thoáng của biển, hồ, sa mạc, đồng cỏ... (0,055) TCVN 2737:2023 Địa hình dạng B - Khu vực tương đối trống trải, có một số vật cản thưa thớt cao không quá 10 m (0,04)
Dạng III	Rừng/Khu vực ngoại ô với một số ít nhau cao dưới 35 m (có chủ yếu các vật cản từ 3m đến 5 m)	0,2	0,2	AS/NZS 1170.2:2021 Cat 3 – Khu vực với các vật cản có chiều cao từ 3m đến 5m, khu vực ngoại ô (0,2) AIJ-RLB 2015 Cat III – Khu vực ngoại ô (0,21) EN 1991-1-4.2005 Cat III – Khu vực ngoại ô, rừng (0,3) ISO/FDIS 4354:2009 Cat 3 – Khu vực ngoại ô (0,3) SP 20.13330.2016 Địa hình dạng B - vùng ngoại ô thành phố, rừng rậm và các vùng khác có các vật cản phân bố đều cao trên 10 m (0,6)
Dạng IV	Khu vực đô thị (có nhiều công trình cao từ 10 m đến 50 m)	0,5	0,24	ASCE 7-2022 Exp B – Khu vực đô thị (0,58) NBCC (2020) Exp B – Khu vực ngoại ô và đô thị (0,58) TCVN 2737:2023 Địa hình dạng C – Khu vực bị che chắn mạnh, có nhiều vật cản sát nhau cao từ 10 m trở lên (0,58)
Dạng V	Thành phố (có nhiều nhà cao trung bình và các nhà cao trên 50 m)	1,0	0,29	AIJ-RLB 2015 Cat IV – Khu vực thành phố có nhà cao từ 4 đến 9 tầng (0,78) EN 1991-1-4.2005 Cat IV – Khu vực với 15 % diện tích có công trình >15m (1,0)
Dạng VI	Trung tâm thành phố (tập trung nhiều nhà cao tầng cùng với các công trình khác)	$\geq 2,0$	0,36	AIJ-RLB 2015 Cat V – Khu vực nhà cao tầng ở thành phố (1,82) NBCC (2020) Exp C – Trung tâm thành phố (1,97) AS/NZS 1170.2:2021 Cat 4– Thành phố (2,0) ISO/FDIS 4354:2009 Cat 4 – Đô thị (3,0) SP 20.13330.2016 Địa hình dạng C – Khu vực thành phố có nhiều nhà cao trên 25 m (3,0)



a) Dạng địa hình I



b) Dạng địa hình II



c) Dạng địa hình III



d) Dạng địa hình IV



e) Dạng địa hình V

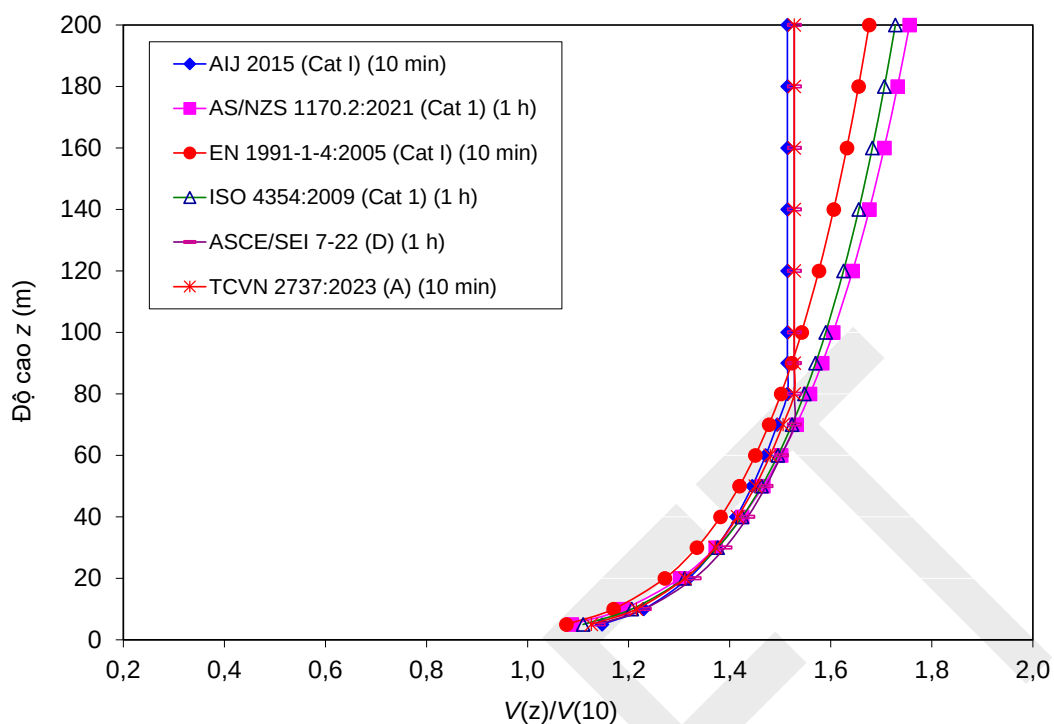


f) Dạng địa hình VI

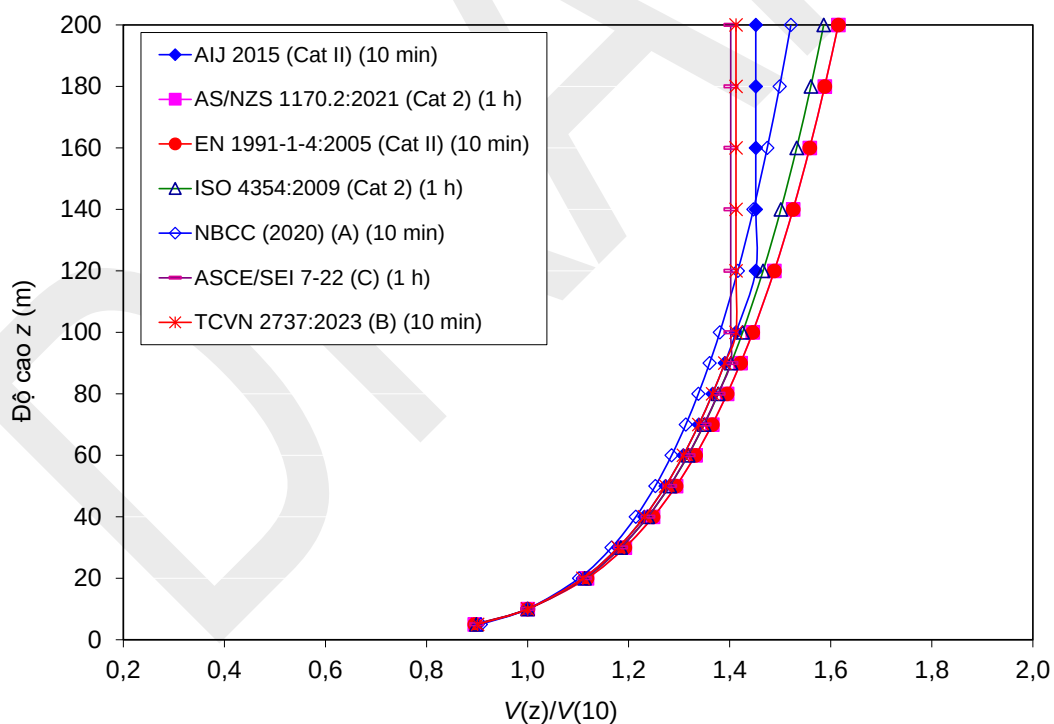
Hình PL1.3 – Hình ảnh của 6 dạng địa hình điển hình

PL1.4. So sánh các profile vận tốc gió theo các tiêu chuẩn khác nhau

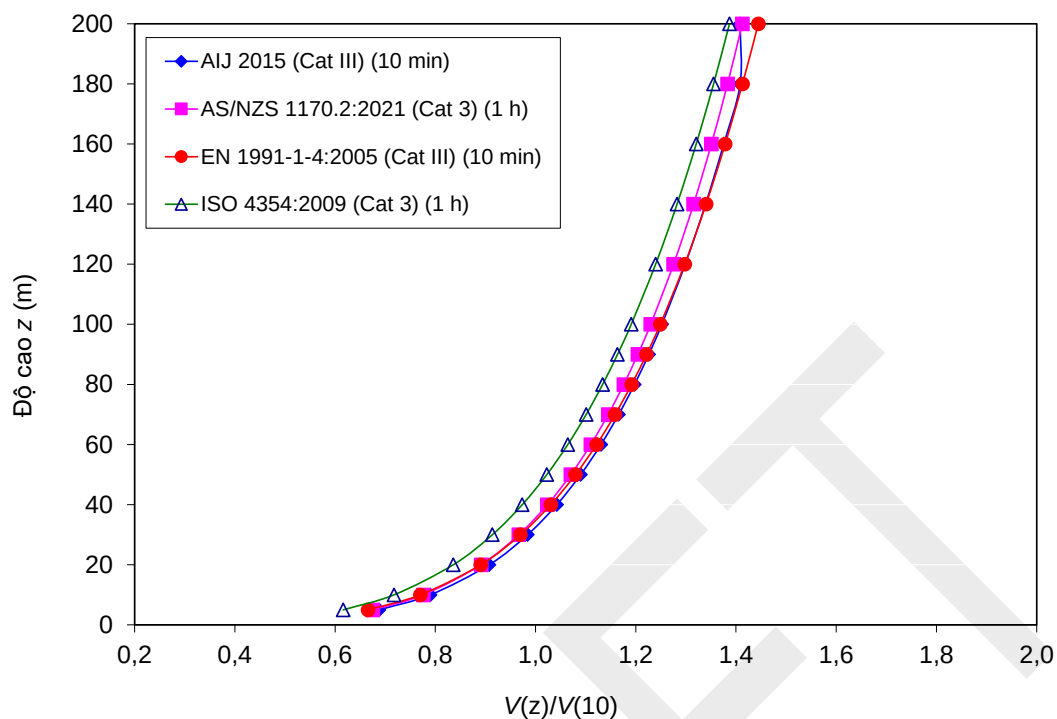
Dựa vào sự phân loại các dạng địa hình trong Bảng PL1.5 và Hình so sánh các profile vận tốc gió theo các tiêu chuẩn và kiến nghị được thể hiện trong các Hình từ PL1.4 đến PL1.13 cho thấy có sự thống nhất giữa chúng ở độ cao từ khoảng 100 m trở xuống.



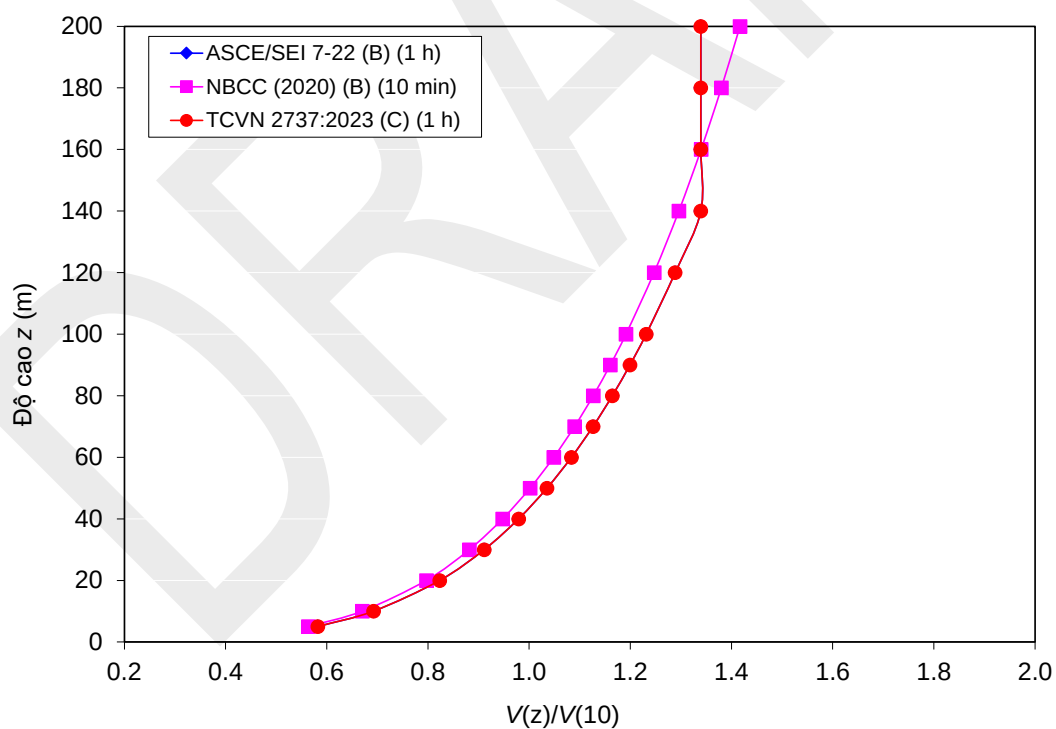
Hình PL1.4 – Profile vận tốc gió với thời lấy trung bình bằng 10 min hoặc 1 giờ theo các tiêu chuẩn khác nhau (tương ứng với dạng địa hình I)



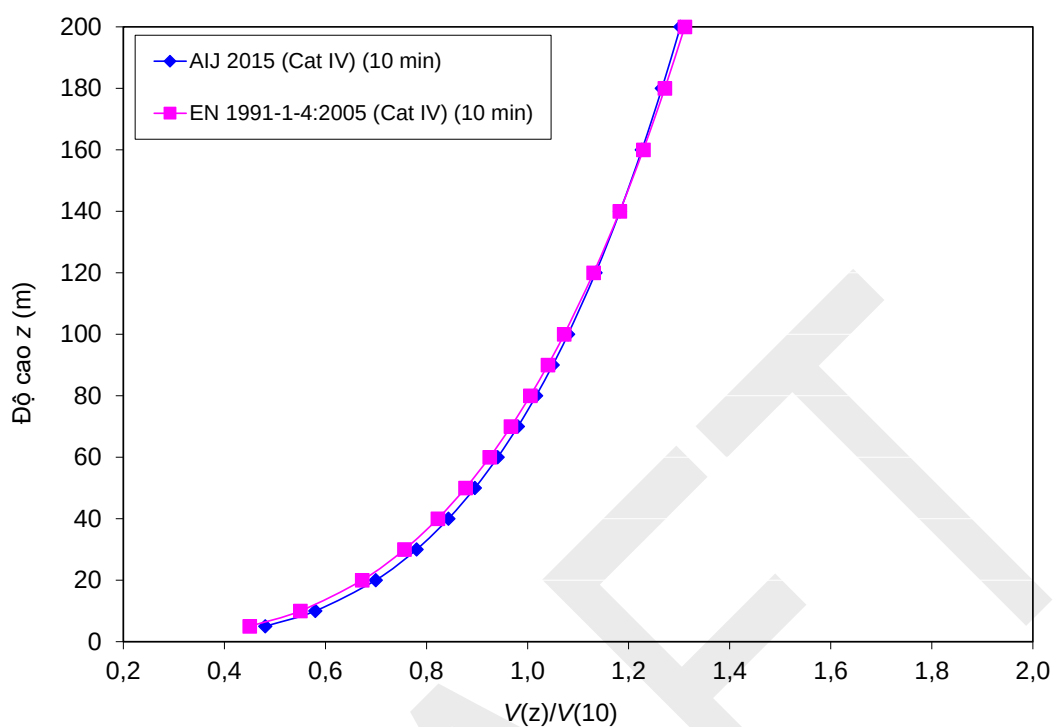
Hình PL1.5 – Profile vận tốc gió với thời lấy trung bình bằng 10 min hoặc 1 giờ theo các tiêu chuẩn khác nhau (tương ứng với dạng địa hình II)



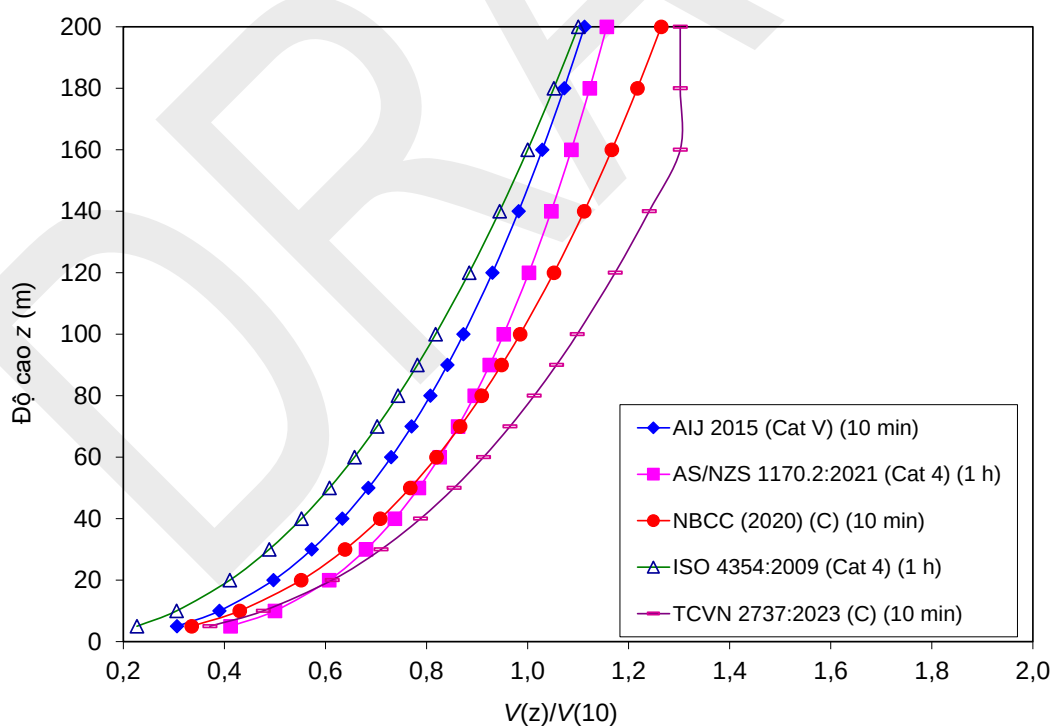
Hình PL1.6 – Profile vận tốc gió với thời lấy trung bình bằng 10 min hoặc 1 giờ theo các tiêu chuẩn khác nhau (tương ứng với dạng địa hình III)



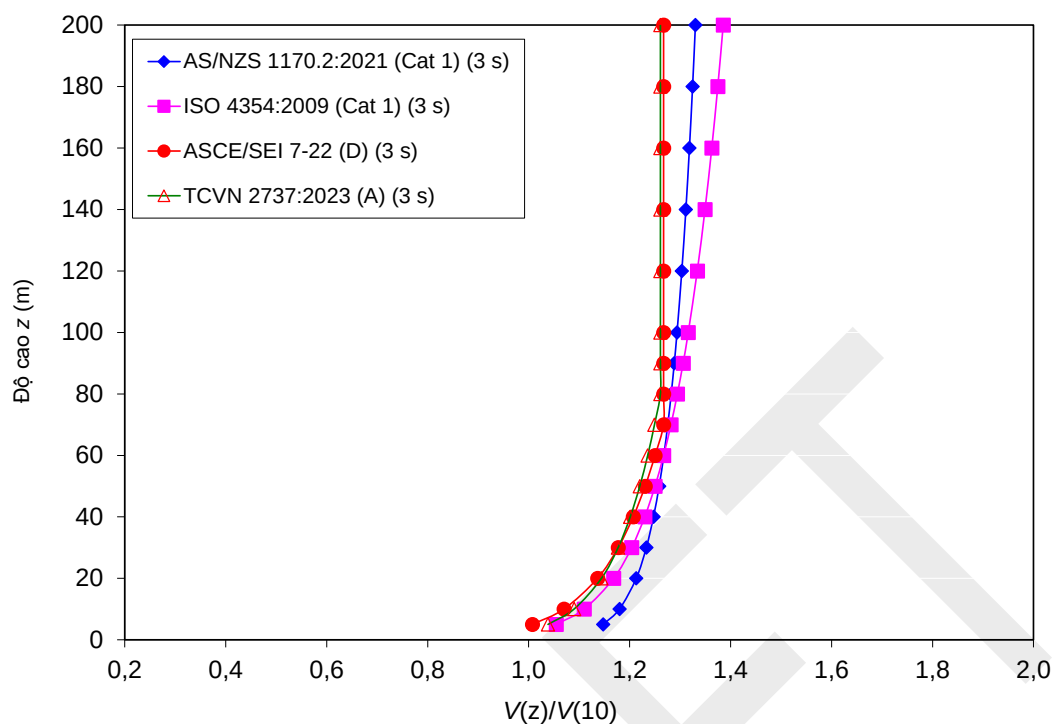
Hình PL1.7 – Profile vận tốc gió với thời lấy trung bình bằng 10 min hoặc 1 giờ theo các tiêu chuẩn khác nhau (tương ứng với dạng địa hình IV)



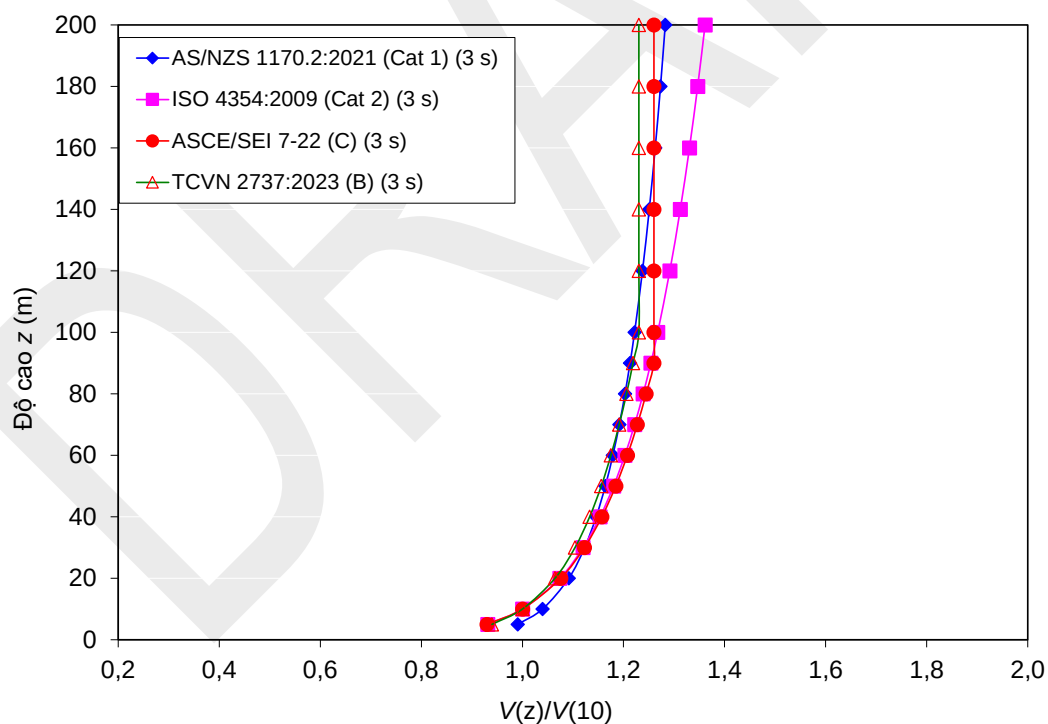
Hình PL1.8 – Profile vận tốc gió với thời lấy trung bình bằng 10 min hoặc 1 giờ theo các tiêu chuẩn khác nhau (tương ứng với dạng địa hình V)



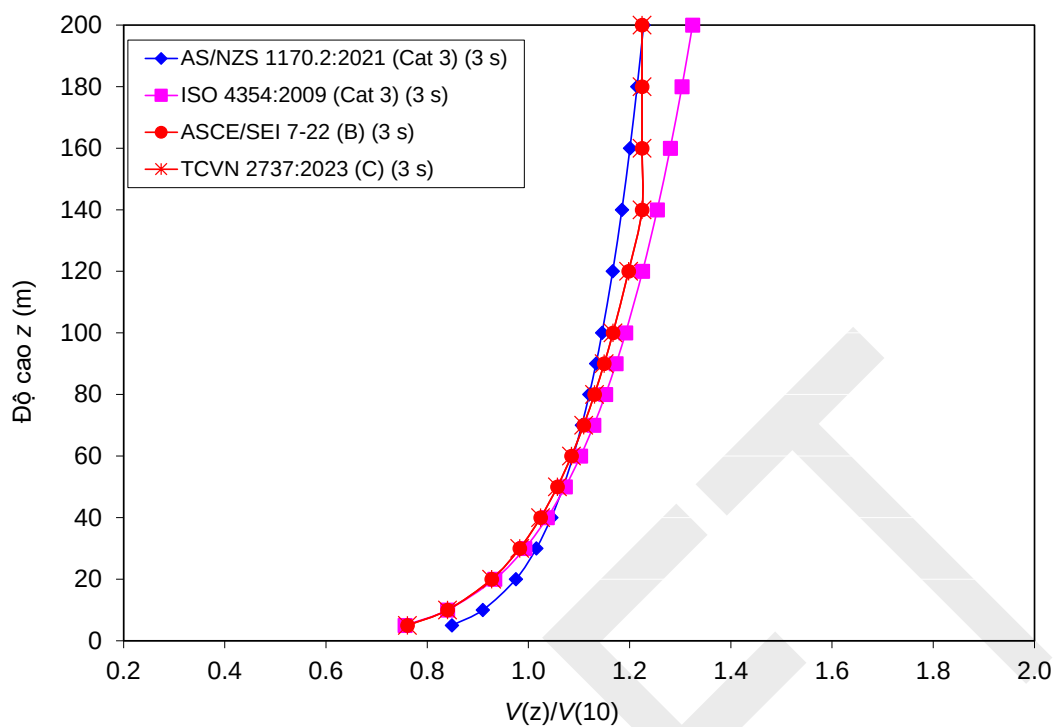
Hình PL1.9 – Profile vận tốc gió với thời lấy trung bình bằng 10 min hoặc 1 giờ theo các tiêu chuẩn khác nhau (tương ứng với dạng địa hình VI)



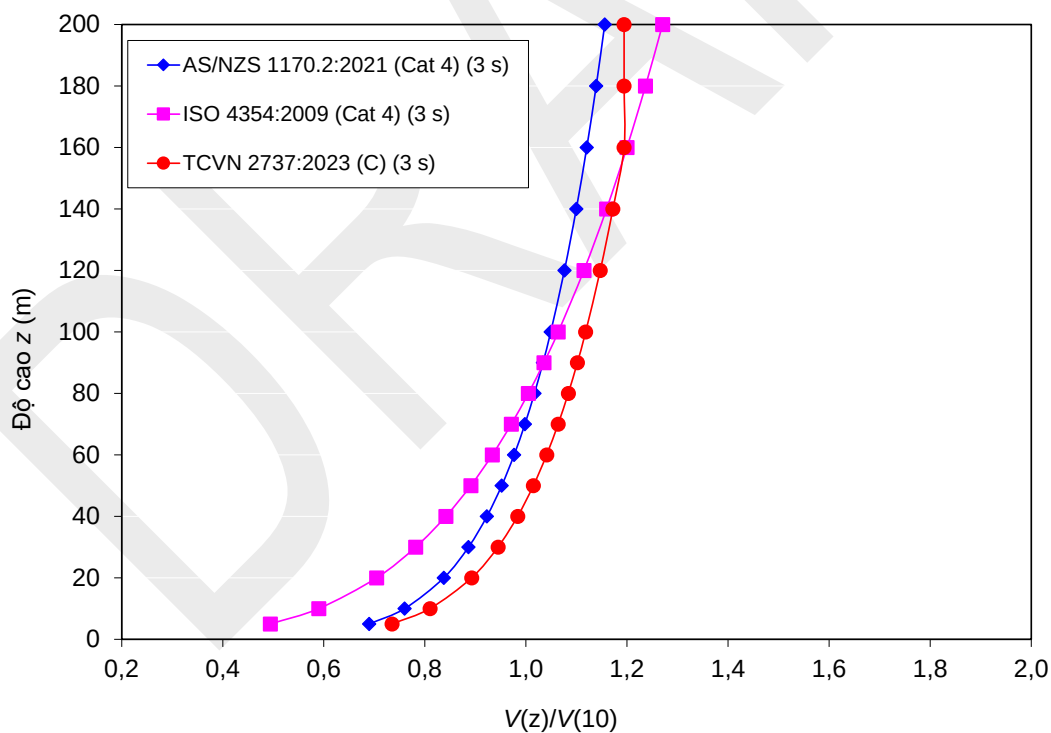
Hình PL1.10 – Profile vận tốc gió giật 3 s các tiêu chuẩn khác nhau (tương ứng với dạng địa hình I)



Hình PL1.11 – Profile vận tốc gió giật 3 s các tiêu chuẩn khác nhau (tương ứng với dạng địa hình II)



Hình PL1.12 – Profile vận tốc gió giật 3 s các tiêu chuẩn khác nhau (tương ứng với dạng địa hình III)



Hình PL1.13 – Profile vận tốc gió giật 3 s các tiêu chuẩn khác nhau (tương ứng với dạng địa hình VI)

PL1.5. Kết luận

- Các profile vận tốc gió theo các tiêu chuẩn đã được so sánh dựa trên các đặc điểm về dạng địa hình. Các profile của vận tốc gió tại độ cao dưới 100 m của các tiêu chuẩn là tương đương nhau.
- Profile vận tốc gió cho vận tốc gió với thời gian lấy trung bình 10 min và 3 s đã được kiến nghị.
- Phương pháp tính toán để xác định hệ số chuyển đổi vận tốc gió theo chu kỳ lặp của các tiêu chuẩn khác nhau đã được trình bày và so sánh.
- Để có các hệ số chuyển đổi vận tốc gió theo chu kỳ lặp chính xác cho tiêu chuẩn Việt Nam thì cần có số liệu thống kê về vận tốc gió từ Viện Khí tượng Thủy văn.

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] TCVN 2737:2023. Tải trọng và tác động.
- [2] TCVN 2737:1995. Tải trọng và tác động – Tiêu chuẩn thiết kế.
- [3] ASCE/SEI 7-22. Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures.
- [4] Architectural Institute of Japan (AIJ). 2015. Recommendation for Loads on Buildings.
- [5] AS/NZS 1170.2:2021. Australian/New Zealand Standard, Structural design actions - Part 2: Wind actions.
- [6] BS EN 1991-1-4:2005. Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-4: General actions - Wind actions.
- [7] GB 50009-2012. China National Standard, Load code for the design of building structures.
- [8] NBCC (2020). National Building Code of Canada 2020.
- [9] Holmes, J.D. 2015. Wind Loading of Structures – 3rd Edition. CRC Press.
- [10] Deaves, D.M., Harris, R.I., 1978. A mathematical model of the structure of strong winds, CIRIA Report 76. Construction Industry Research and Information Association, London.
- [11] Davenport et al , 2001, New revision of Davenport roughness classification. 3rd European & African Conference on Wind Engineering.
- [12] Yin Zhou, Ahsan Kareem, 2002. Definition of Wind Profiles in ASCE 7. Journal of Structural Engineering.

PHỤ LỤC 2

HỆ SỐ HIỆU ỨNG GIẬT VÀ HỆ SỐ ĐỘ TIN CẬY VỀ TẢI TRỌNG GIẬT

PL2.1 Giới thiệu

TCVN 2737:1995 được biên soạn trên cơ sở soát xét TCVN 2737:1990, dựa trên tiêu chuẩn SNiP 2.01.07-85 với một số điều chỉnh phù hợp với điều kiện khí hậu nước ta có nhiều bão nhiệt đới. Tiêu chuẩn này đã sử dụng trên 20 năm. Trong quá trình sử dụng tiêu chuẩn, việc xác định thành phần động của tải trọng gió phức tạp, nhất là đối với công trình và các bộ phận kết cấu có tần số dao động riêng cơ bản $f_1 < 1$ Hz (chu kỳ dao động riêng thứ nhất $T_1 > 1$ s, cao hơn 10 tầng). Ngoài ra, việc thay đổi vận tốc gió cơ sở V từ vận tốc gió 10 min sang vận tốc gió 3 s trong TCVN 2737:1995 nhưng phương pháp tính vẫn chấp nhận hoàn toàn như của SNiP (với khoảng thời gian T mà một luồng gió tác dụng lên công trình (thời gian tương tác giữa gió và kết cấu) là 10 min, ứng với V trung bình (không đổi theo thời gian hay còn gọi là tĩnh) cũng trong khoảng $T = 10$ min nhưng lại lấy V trung bình trong 3 s) đã gây những sai lệch về phương pháp tính toán. Tuy vậy, những sai lệch này phần lớn thiên về an toàn. Những ví dụ kiểm tra trong quá trình soát xét TCVN 2737:1990 và tính toán thiết kế kết cấu trong 20 năm qua đã minh chứng điều này.

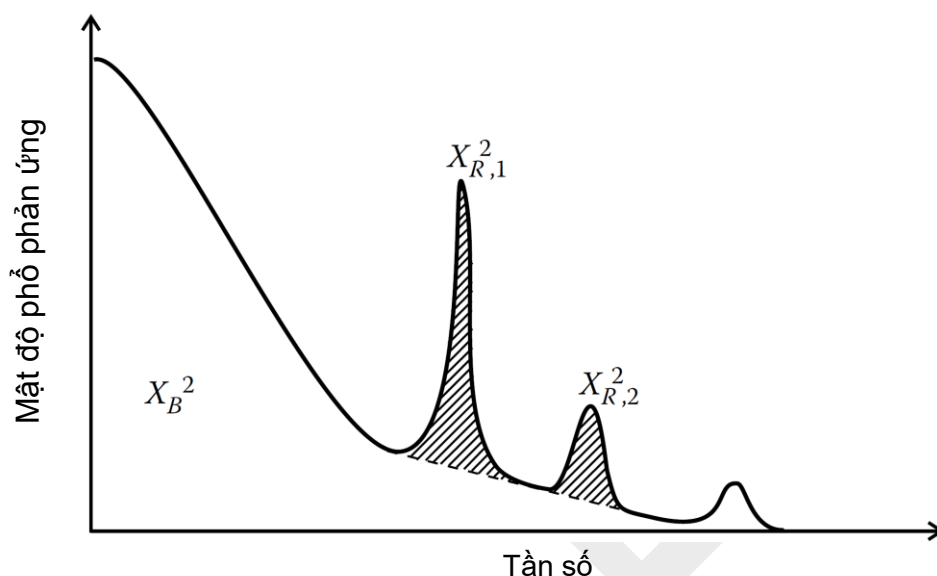
PL2.2. Phản ứng động lực (nền, cộng hưởng) của kết cấu khi chịu tải trọng gió

Gió là một hiện tượng trong tự nhiên hình thành do sự chuyển động của không khí có độ rối cao tác động lên kết cấu và các bộ phận kết cấu. Từ đó gây ra phản ứng động lực của kết cấu, bao gồm phản ứng nền và phản ứng cộng hưởng. Phản ứng cộng hưởng thường xảy ra đối với kết cấu và bộ phận kết cấu có tần số dao động riêng nhỏ hơn 1 Hz ($T > 1$ giây). Phản ứng cộng hưởng là một hiệu ứng phức tạp theo thời gian, không chỉ phụ thuộc vào vận tốc hoặc áp lực gió giật tức thời, tác động dọc theo luồng gió mà còn phụ thuộc vào vận tốc hoặc áp lực gió giật xảy ra trước đó.

Phản ứng cộng hưởng khác với phản ứng nền của kết cấu khi chịu tải trọng gió. Hình PL2.1 thể hiện mật độ phổ phản ứng của kết cấu dưới tác động của tải trọng gió, phần diện tích phía dưới đường cong thể hiện phương sai của phản ứng. Các phản ứng cộng hưởng của hai dạng dao động đầu tiên được thể hiện trong phần gạch chéo của hình này. Phản ứng nền, thường xảy ra với tần số dao động riêng thấp nhất, là phần lớn nhất trong Hình PL2.1 và thường là phần nổi trội trong trường hợp tác động dọc luồng gió. Phản ứng cộng hưởng cũng quan trọng, thậm chí chiếm ưu thế khi kết cấu cao hơn và ứng với các tần số dao động riêng thấp hơn.

Hình PL2.2(a) thể hiện các đặc tính lịch sử theo thời gian của lực gió dọc; phản ứng của kết cấu có tần số dao động riêng cao được thể hiện ở Hình PL2.2(b) và phản ứng của kết cấu có tần số dao động riêng thấp được thể hiện ở Hình PL2.2(c). Đối với kết cấu có tần số dao động riêng thứ nhất cao, phản ứng cộng hưởng đóng vai trò thứ yếu. Tuy nhiên, đối với kết

cấu có tần số dao động riêng thứ nhất thấp (<1 Hz), phản ứng cộng hưởng là quan trọng. Ngoài ra, phản ứng cộng hưởng cũng phụ thuộc vào độ cản, khí động hoặc dạng kết cấu.



Hình PL2.1 – Mật độ phổ phản ứng của kết cấu với các tần số dao động riêng cơ bản

Ví dụ, các đường dây tải điện cao thế thường có tần số rung lắc nhỏ hơn 1 Hz, song độ cản khí động là lớn. Các tháp rỗng, với khối lượng nhỏ, cũng có tỉ số cản thấp. Các cột đèn đơn thân với mối nối trượt có độ cản kết cấu cao do ma sát tại các mối nối sẽ hạn chế phản ứng cộng hưởng do gió gây ra.

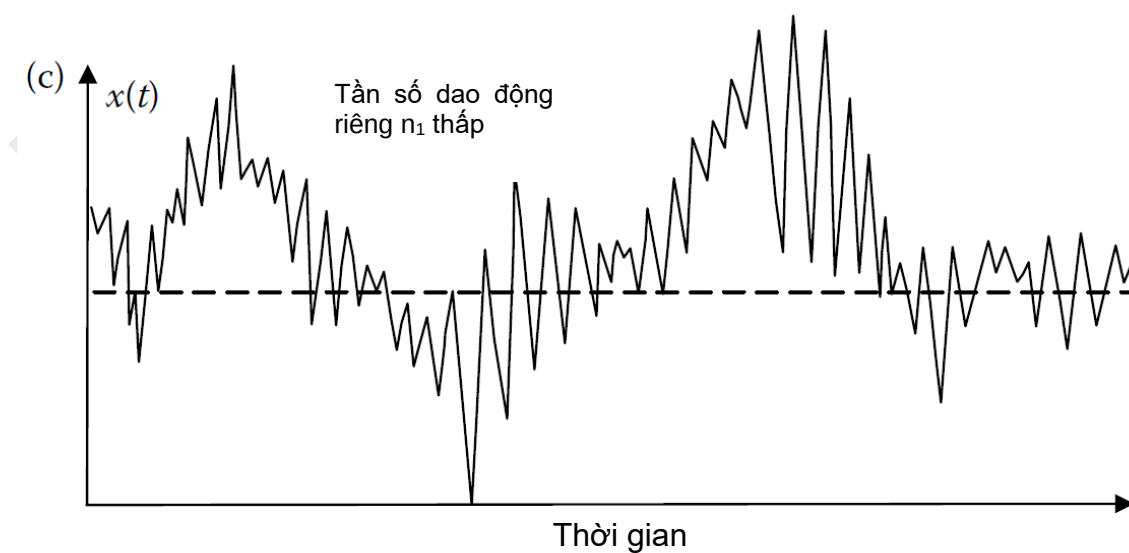
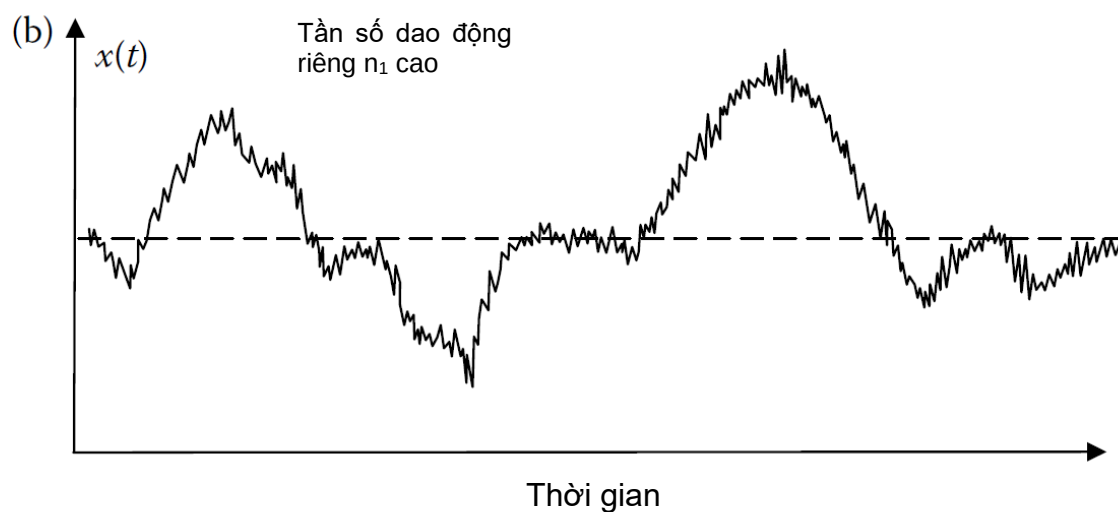
Phản ứng cộng hưởng khi xảy ra có thể sinh ra các tương tác phức tạp, chuyển động của bản thân kết cấu dẫn đến các lực khí động thêm được tạo ra.

Có ba nguồn tạo ra tải trọng gió thay đổi:

- + Nguồn thứ nhất, phản ứng cộng hưởng, là dòng gió thay đổi tự nhiên và rối, tạo ra bởi các tác động cắt khi các dòng khí trượt trên bề mặt nhám của quả đất.

- + Nguồn thứ hai là tác động của kích động xoáy (vortex shedding), xảy ra ở phía sau các kết cấu có hình dạng với mặt cắt ngang tạo xoáy, các mặt cắt ngang hình trụ tròn hoặc hình vuông.

- + Nguồn thứ ba là các lực rung lắc (buffeting forces) từ các vết dòng của các kết cấu ở trước dòng gió của kết cấu đang xét đến.



Hình PL2.2 – Thay đổi theo thời gian của (a) lực gió, (b) phản ứng của kết cấu có tần số dao động riêng cao, (c) phản ứng của kết cấu có tần số dao động riêng thấp

PL2.3. Dao động ngẫu nhiên

Davenport [10-13] đưa ra phương pháp tiếp cận đối với dao động của kết cấu do gió gây ra. Các đóng góp quan trọng khác cho phương pháp này được tiếp tục thực hiện bởi Harris [14] và Vickery [15, 16].

Phương pháp của Davenport đã sử dụng khái niệm của quá trình ngẫu nhiên dừng (stationary) để mô tả vận tốc, áp lực và lực gió. Phương pháp này giả thiết sự phức tạp của thiên nhiên. Tuy nhiên, vẫn có thể sử dụng độ lệch chuẩn, tương quan và mật độ phổ để mô tả các đặc điểm chính của các lực kích động và phản ứng của kết cấu. Mật độ phổ là lượng quan trọng nhất được xem xét trong phương pháp này, sử dụng miền tần số, hoặc được gọi là phương pháp phổ.

Vận tốc, áp lực gió và phản ứng của kết cấu được coi như quá trình ngẫu nhiên dừng trong đó thành phần trung bình được tách khỏi thành phần thay đổi theo thời gian:

$$X(t) = \bar{X} + x'(t) \quad (\text{PL2.1})$$

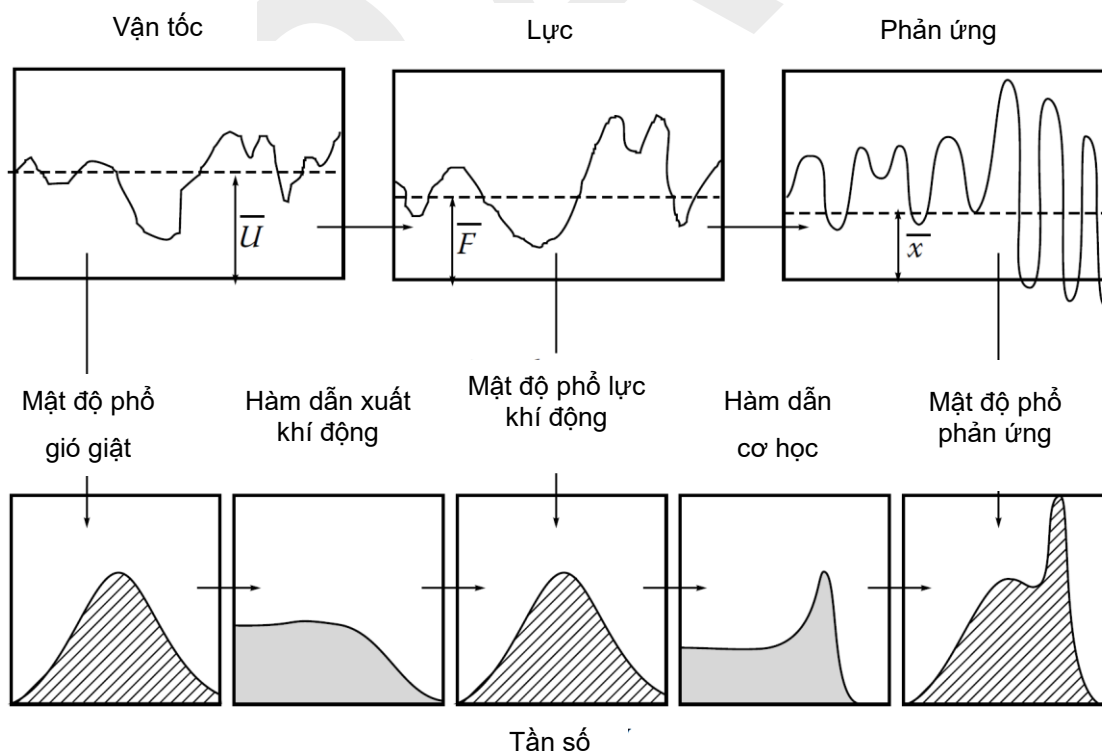
trong đó:

$X(t)$ là vận tốc gió, áp lực hoặc phản ứng của kết cấu (mômen, ứng suất, độ võng ...).

$\bar{X}$ là thành phần trung bình

$x'(t)$ là thành phần thay đổi theo thời gian.

Hình PL2.3 thể hiện phương pháp mật độ phổ [12].



Hình PL2.3 – Phương pháp mật độ phổ

PL2.3.1 Phản ứng dọc luồng gió của hệ kết cấu

Xem xét phản ứng động học dọc theo luồng gió của vật thể nhỏ, các đặc tính động lực của chúng được thể hiện bởi bộ giảm chấn khối lượng - lò xo, hệ một bậc tự do (xem Hình PL2.4), không ảnh hưởng nhiều đến dòng rối tác động.

Công thức chuyển động của hệ này dưới tác động của lực khí động, $D(t)$, được thể hiện như sau:

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = D(t) \quad (\text{PL2.2})$$

Giả thiết tựa không đổi cho các kết cấu nhỏ cho phép liên hệ sau giữa trung bình bình phương của lực thay đổi và vận tốc gió dọc thay đổi được thể hiện theo các Công thức PL2.3a và PL2.3b.

$$\overline{D'^2} = C_{Do}^2 \rho_a^2 \overline{U^2} \overline{u'^2} A^2 \quad (\text{PL2.3})$$

$$\overline{D'^2} \cong \overline{C_D}^2 \rho_a^2 \overline{U^2} \overline{u'^2} A^2 = \frac{4\overline{D}^2}{\overline{U^2}} \overline{u'^2}$$

Công thức 2b thể hiện dưới dạng mật độ phổ (xem các Công thức PL2.4 và PL2.5).

$$\int_0^\infty S_D(n).dn = \frac{4\overline{D}^2}{\overline{U^2}} \int_0^\infty S_u(n).dn \quad (\text{PL2.4})$$

Do đó:

$$S_D(n) = \frac{4\overline{D}^2}{\overline{U^2}} S_u(n) \quad (\text{PL2.5})$$

Để có mối liên hệ giữa lực tác động và phản ứng của kết cấu, độ võng được tách ra làm các thành phần trung bình và thay đổi, như Công thức PL2.6 dưới đây:

$$X(t) = \overline{X} + x'(t) \quad (\text{PL2.6})$$

Quan hệ giữa lực tác động trung bình $\overline{D}$ và độ võng trung bình $\overline{X}$ được thể hiện ở Công thức PL2.7:

$$\overline{D} = k\overline{X} \quad (\text{PL2.7})$$

trong đó:

k là độ cứng lò xo được (xem Hình PL2.4).

Mật độ phổ của độ võng quan hệ với mật độ phổ của lực tác dụng thể hiện ở Công thức PL2.8:

$$S_x(n) = \frac{1}{k^2} |H(n)|^2 S_D(n) \quad (\text{PL2.8})$$

trong đó:

$|H(n)|^2$ là hàm dẫn xuất cơ học cho hệ một bậc tự do và được xác định theo Công thức PL2.9.

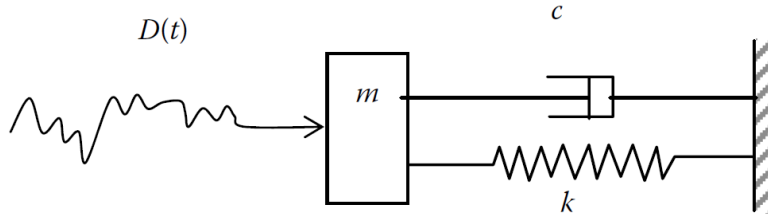
$$|H(n)|^2 = \frac{1}{[1 - (n/n_1)^2]^2 + 4\eta^2(n/n_1)^2} \quad (\text{PL2.9})$$

n là tần số của lực kích thích.

n_1 là tần số dao động riêng thứ nhất.

η là độ cản.

Kết hợp các Công thức PL2.4 và PL2.7, mật độ phổ của phản ứng độ võng quan hệ với mật độ phổ của sự thay đổi vận tốc gió theo Công thức PL2.10.



Hình PL2.4 – Mô hình động lực của kết cấu

$$S_x(n) = \frac{1}{k^2} |H(n)|^2 \frac{4\bar{D}^2}{U^2} S_u(n) \quad (\text{PL2.10})$$

Công thức PL2.11 được dùng cho các kết cấu có diện tích chắn gió nhỏ.

Đối với các kết cấu lớn hơn, các sự thay đổi vận tốc gió không xảy ra đồng thời trên toàn bộ mặt đón gió và tương quan trên toàn bộ diện tích, A , phải được xem xét. Hàm dẫn xuất khí động $\chi^2(n)$ được dùng để xét đến hiệu ứng này (xem Công thức PL2.11).

$$S_x(n) = \frac{1}{k^2} |H(n)|^2 \frac{4\bar{D}^2}{U^2} \cdot \chi^2(n) \cdot S_u(n) \quad (\text{PL2.11})$$

Thay $\bar{D}$ từ Công thức PL2.6 vào Công thức 11, dẫn đến:

$$S_x(n) = \frac{4\bar{X}^2}{U^2} |H(n)|^2 \cdot \chi^2(n) \cdot S_u(n) \quad (\text{PL2.12})$$

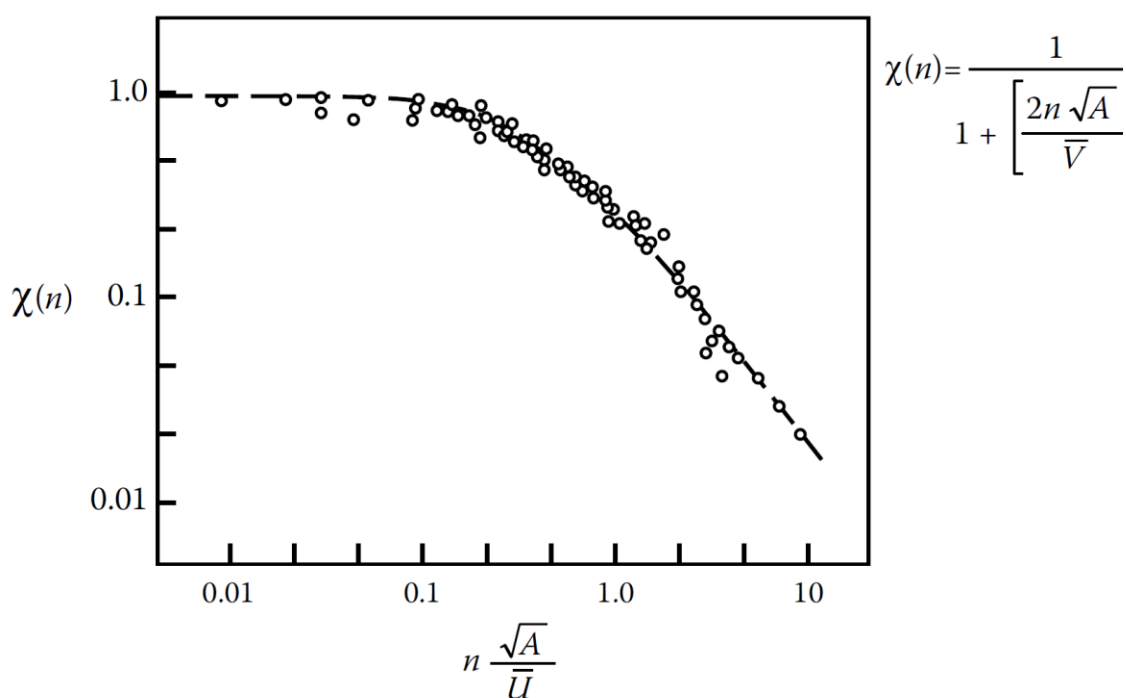
Đối với các kết cấu hờ, như tháp thép rỗng, không ảnh hưởng nhiều đến dòng gió, $\chi^2(n)$ có thể được xác định từ các đặc tính tương quan của sự thay đổi vận tốc gió tới. Giả thiết này cũng dùng cho các kết cấu đặc, nhưng $\chi^2(n)$ cũng xác định bằng thực nghiệm.

Hình 5 thể hiện dữ liệu thí nghiệm với hàm hồi quy. Chú ý rằng $\chi(n)$ gần bằng 1 tại các tần số thấp và các vật thể nhỏ. Trường hợp gió giật với tần số thấp thì tương quan toàn bộ và bao toàn bộ bề mặt của kết cấu. Đối với các tần số cao, hoặc vật thể rất lớn, gió giật không thể tạo ra các lực toàn bộ trên kết cấu, do thiếu sự tương quan, và hàm dẫn xuất khí động có khuynh hướng về không.

Để xác định phương sai của độ võng thay đổi, mật độ phổ của độ võng, xác định theo các Công thức PL2.13a và PL2.13b được tích hợp trên toàn bộ các tần số.

Diện tích bên dưới đường tích phân của Công thức PL2.13b có thể được xấp xỉ thành hai thành phần, B và R , thể hiện bằng các phần *nền* và *cộng hưởng* (xem Hình PL2.6).

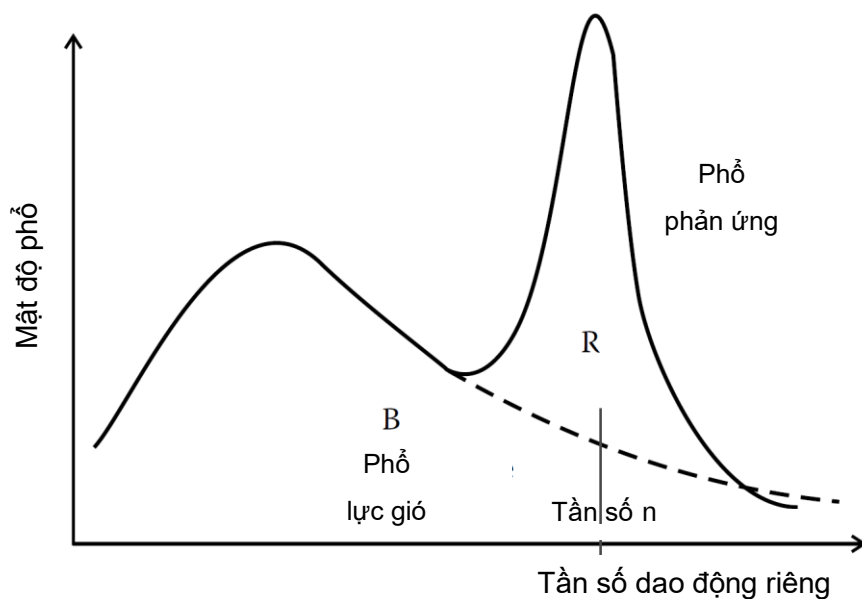
Sự xấp xỉ của Công thức PL2.13b được dựa trên giả thiết trên bề rộng của đỉnh cộng hưởng trong Hình PL2.6, các hàm $\chi^2(n)$, $S_u(n)$ là hằng số tại các giá trị $\chi^2(n_1)$, $S_u(n_1)$. Đây là sự xấp xỉ cho đặc trưng các mật độ phổ phẳng của tải trọng gió và khi đỉnh cộng hưởng là hẹp, xảy ra khi độ cản thấp [11].



Hình PL2.5 – Dẫn xuất khí động được xác định trên số liệu thí nghiệm [10]

$$\sigma_x^2 = \int_0^{\infty} S_x(n) \cdot dn \quad (\text{PL2.13a})$$

$$\sigma_x^2 = \int_0^{\infty} \frac{4\bar{X}^2}{\bar{U}^2} |H(n)|^2 \cdot \chi^2(n) \cdot S_u(n) \cdot dn \quad (\text{PL2.13b})$$



Hình PL2.6 – Mật độ phổ phản ứng của kết cấu với các tần số dao động riêng cơ bản

$$\sigma_x^2 = \frac{4\bar{X}^2 \sigma_u^2}{\bar{U}^2} |H(n)|^2 \cdot X^2(n) \cdot \frac{S_u(n)}{\sigma_u^2} \cdot dn \quad (\text{PL2.14a})$$

$$\sigma_x^2 \cong \frac{4\bar{X}^2 \sigma_u^2}{\bar{U}^2} [B + R] \quad (\text{PL2.14b})$$

trong đó:

$$B = \int_0^\infty X^2(n) \cdot \frac{S_u(n)}{\sigma_u^2} \cdot dn \quad (\text{PL2.15})$$

$$R = X^2(n_1) \frac{S_u(n_1)}{\sigma_u^2} \int_0^\infty |H(n)|^2 \cdot dn \quad (\text{PL2.16})$$

Công thức PL2.14b được sử dụng rộng rãi trong các tiêu chuẩn trên thế giới để xác định tải trọng gió dọc.

Hệ số nền B thể hiện phản ứng tĩnh gây ra bởi gió giật có tần số nhỏ hơn tần số dao động riêng của kết cấu. Quan trọng, hệ số nền B không phụ thuộc vào tần số dao động riêng của kết cấu như được thể hiện trong Công thức PL2.15, trong đó tần số lực kích thích chỉ xuất hiện trong hàm tích phân. Đối với nhiều kết cấu dưới tác động của tải trọng gió, B được xem lớn hơn đáng kể so với R (xem Công thức PL2.16).

PL2.3.2 Hệ số độ tin cậy về tải trọng giật

Thuật ngữ hệ số độ tin cậy về tải trọng giật (gust loading factor) được giới thiệu bởi [10], [12]. Hệ số này được áp dụng đối với tải trọng gió hoặc phản ứng của kết cấu.

Hệ số độ tin cậy về tải trọng giật G được định nghĩa như sau:

$$G = \frac{\text{Phản ứng lớn nhất của kết cấu trong 1 khoảng thời gian định trước (10 min hoặc 1 h)}}{\text{Phản ứng trung bình trong cùng khoảng thời gian}}$$

Hệ số này thường được dùng cho gió thay đổi theo thời gian với quá trình dừng (stationary) hoặc gần dừng (near-stationary), như gió trong các cơn bão. Hệ số này được sử dụng trong một số tiêu chuẩn trên thế giới như NBCC 2015, AIJ 2015, ISO/FDIS 4354:2009, GB 50009-2012, SNIP 2.01.07-85* (2016)... (xem Bảng PL2.1).

Phản ứng lớn nhất kỳ vọng của hệ đơn giản có thể được thể hiện theo Công thức PL2.17.

$$\hat{X} = \bar{X} + g\sigma_x \quad (\text{PL2.17})$$

trong đó:

g là hệ số đỉnh, xác định theo Công thức PL2.18.

$$g = \sqrt{2\log_e(vT)} + \frac{0,577}{\sqrt{2\log_e(vT)}} \quad (\text{PL2.18})$$

ν là tần số hiệu dụng, thường bằng tần số dao động riêng thứ nhất của kết cấu n_1 .

T là thời gian lấy trung bình, thường bằng 600 s hoặc 3 600 s.

Hệ số độ tin cậy về tải trọng giạt được xác định theo Công thức PL2.19 và giá trị của hệ số này luôn lớn 1.

$$G = \frac{\hat{X}}{\bar{X}} = 1 + g \frac{\sigma_x}{\bar{X}} = 1 + 2g \frac{\sigma_u}{U} \sqrt{B+R} \quad (\text{PL2.19})$$

PL2.3.3 Hệ số hiệu ứng giạt

Đối với các hiện tượng gió thay đổi theo thời gian với quá trình không dừng (non stationary) như giông, lốc, vòi rồng... thì việc sử dụng Hệ số hiệu ứng giạt G sẽ không hợp lý do phần phản ứng trung bình $\bar{X}$ rất nhỏ hoặc gần bằng không (xem Công thức PL2.19, ví dụ phản ứng ngang luồng gió). Trong trường hợp này, Hệ số hiệu ứng giạt (gust response factor) (để đơn giản gọi là hệ số hiệu ứng giạt) G_f được sử dụng và được định nghĩa như sau:

$$G_f = \frac{\text{Phản ứng lớn nhất bao gồm phản ứng cộng hưởng và tương quan}}{\text{Phản ứng lớn nhất chưa có phản ứng cộng hưởng và tương quan}}$$

$$G_f = \frac{1 + 2g \frac{\sigma_u}{U} \sqrt{B+R}}{1 + 2g \frac{\sigma_u}{U}} \quad (\text{PL2.20})$$

Phần mẫu số là phản ứng được tính theo các phương pháp tĩnh trong các tiêu chuẩn. Giá trị của G_f thường xấp xỉ bằng 1. Nếu phản ứng cộng hưởng lớn thì giá trị này có thể lớn hơn 1.

Hệ số này được sử dụng trong một số tiêu chuẩn trên thế giới như ASCE/SEI 7-22, BS EN 1991-1-4:2005... (xem Bảng PL2.1).

Bảng PL2.1. Hệ số hiệu ứng giạt/Hệ số độ tin cậy về tải trọng giạt theo các tiêu chuẩn khác nhau

Tiêu chuẩn	Thời gian trung bình cho $V_{\text{gió cb}}, s$	Hệ số hiệu ứng giạt (G_f)/ Hệ số độ tin cậy về tải trọng giạt (G)
ASCE/SEI 7-22	3	$G_f = 0,925 \left(\frac{1 + 1,7I_z \sqrt{g_Q^2 Q^2 + g_R^2 R}}{1 + 1,7g_v I_z} \right)$
AS/NZS 1170.2:2021	3	$G_f = \frac{\left(1 + 2I_h \sqrt{g_v^2 B_s + \frac{H_s g_R^2 S E_t}{\zeta}} \right)}{(1 + 2g_v I_h)}$
NBCC 2015	3600	$G = 1 + g_p \left(\sqrt{\frac{K}{C_{eH}} \left(B + \frac{sF}{\beta} \right)} \right)$
AIJ 2015	600	$G = 1 + g_D \frac{C_g'}{C_g} \sqrt{1 + \phi_D^2 R_D}$
BS EN 1991-1-4:2005	600	$G_f = c_s c_d = \frac{1 + 2.k_p . I_v(z_s) . \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7.I_v(z_s)}$
ISO/FDIS 4354: 2009	3/600	$G = c_{dyn,m} = 1 + 2I_{vh} \sqrt{g_{DB}^2 B_D^2 + g_{DR}^2 R_D^2}$ (cho $V_{10 \text{ min}}$) $G_f = c_{dyn} = \frac{1 + 2I_{vh} \sqrt{g_{DB}^2 B_D^2 + g_{DR}^2 R_D^2}}{(1 + 2g_v I_{vh})}$ (cho V_{3s})
GB 50009-2012	600	$G = \beta_z = 1 + 2gI_{10} B_z \sqrt{1 + R^2}$
SP 20.13330.2016	600	$G = 1 + \zeta(z) \times \xi \times v$
TCVN 2737:2023	3	$G_f = 0,925 \left(\frac{1 + 1,7I_z \sqrt{11,56Q^2 + g_R^2 R^2}}{1 + 5,78I_z} \right)$

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] TCVN 2737:2023. Tải trọng và tác động.
- [2] TCVN 2737:1995. Tải trọng và tác động – Tiêu chuẩn thiết kế.
- [3] TCVN 2737: 1990. Tải trọng và tác động - Tiêu chuẩn thiết kế.
- [4] ASCE/SEI 7-22. Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures.
- [5] Architectural Institute of Japan (AIJ). 2015. Recommendation for Loads on Buildings.
- [6] AS/NZS 1170.2:2021. Australian/New Zealand Standard, Structural design actions - Part 2: Wind actions.
- [7] BS EN 1991-1-4:2005. Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-4: General actions - Wind actions.
- [8] GB 50009-2012. China National Standard, Load code for the design of building structures.
- [9] SP 20.13330.2016, Loads and actions.
- [10] Davenport, A.G. (1961). The application of statistical concepts to the wind loading of structures. Proceedings, Institution of Civil Engineers, 19: 449–71.
- [11] Davenport, A.G. (1963). The buffeting of structures by gusts. Proceedings, International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures, Teddington, UK, 26–28 June, 358–91.
- [12] Davenport, A.G. (1964). Note on the distribution of the largest value of a random function with application to gust loading. Proceedings, Institution of Civil Engineers, 28: 187–96.
- [13] Davenport, A.G. (1967). Gust loading factors. ASCE Journal of the Structural Division, 93: 11–34.
- [14] Harris, R.I. (1963). The response of structures to gusts. Proceedings, International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures, Teddington, UK, 26–28 June, 394–421.
- [15] Vickery, B.J. (1965). On the flow behind a coarse grid and its use as a model of atmospheric turbulence in studies related to wind loads on buildings. Aero Report 1143, National Physical Laboratory, UK.
- [16] Vickery, B.J. (1966). On the assessment of wind effects on elastic structures. Australian Civil Engineering Transactions, CE8: 183 – 92.
- [17] Ashraf Ali, M. and Gould, P.L. (1985). On the resonant component of the response of single degree-of-freedom systems under wind loading. Engineering Structures, 7: 280–2.
- [18] Holmes, J.D. 2015. Wind Loading of Structures – 3rd Edition. Taylor & Francis, London, U.K.

PHỤ LỤC 3

HỆ SỐ HIỆU ỨNG GIẬT CHO CỘT ĐIỆN VÀ DÂY DẪN ĐIỆN

PL3.1 Giới thiệu

Hệ số phản ứng gió giật tính đến các hiệu ứng động và sự tương quan của gió giật đối với phản ứng gió của đường dây truyền tải. Người ta nhận ra rằng gió giật thường không xảy ra trên toàn bộ chiều dài dây giữa các kết cấu truyền tải và sự tương quan không gian của gió giật nên được đưa vào tính toán tải trọng gió. Cả hiệu ứng động và sự tương quan đều được đưa vào các công thức phản ứng gió giật do Davenport (1979) phát triển.

Các công thức cho các hệ số phản ứng gió giật (Davenport 1979), được mô tả trong Phụ lục F, ban đầu được phát triển dựa trên tốc độ gió trung bình hàng giờ, như Behncke và Ho (2009) đã thảo luận. Tuy nhiên, các công thức vẫn giữ nguyên các tham số có định nghĩa đã được cải thiện kể từ khi phát triển ban đầu. Do đó, các công thức cho các hệ số phản ứng gió giật đã được sửa đổi cho phiên bản sổ tay hướng dẫn này. Đáng chú ý nhất là việc loại bỏ các tham số K (hệ số cản bề mặt) và E (hệ số phơi sáng); những tham số này đã được thay thế bằng các tham số hiện đại được sử dụng trong mô tả về gió lớp ranh giới khí quyển. Phương pháp tiếp cận đã sửa đổi bao gồm việc tính toán độ rối của gió ở độ cao hiệu dụng của kết cấu hoặc dây, cũng như việc sử dụng các hệ số đỉnh riêng biệt cho các thành phần nền và cộng hưởng của phản ứng động.

Hệ số phản ứng gió giật tính đến các hiệu ứng tải do độ rối của gió và khuếch đại động của các kết cấu và cáp linh hoạt. Hệ số này biểu thị hiệu ứng tích lũy của tốc độ gió dao động theo thời gian và không gian trên phạm vi chiều dài nhịp của các đường dây truyền tải thông thường, cũng như tác động của gió lên các cấu trúc hỗ trợ. Phương pháp tiếp cận đối với các hệ số phản ứng gió giật được cung cấp trong Mục 2.1.5 của Chương 2 của hướng dẫn này dựa trên công trình của Davenport (1979) để ước tính phản ứng đỉnh của các hệ thống đường dây truyền tải đối với gió giật, cũng như các điều khoản về tải trọng gió trong TCVN 2737 :2023.

Các công thức GRF ban đầu của Davenport được phát triển bằng cách sử dụng các phương pháp thống kê liên quan đến tương quan không gian và phổ năng lượng của gió, cũng như các đặc điểm động của các thành phần đường dây truyền tải. Các công thức GRF hoàn chỉnh bao gồm các hệ số khuếch đại tính đến thành phần cộng hưởng của phản ứng động của các kết cấu và dây dẫn. Việc suy ra hệ số phản ứng gió giật được đưa ra trong Davenport (1979), và ứng dụng của chúng đối với các tháp và dây điện thông thường. Trong phiên bản thứ hai của hướng dẫn này (ASCE 1991), các công thức đơn giản hóa được trình bày trong đó thành phần cộng hưởng của phản ứng động không đáng kể đối với một phạm vi lớn các tháp thông thường. Những đơn giản hóa này dựa trên đánh giá lý thuyết về hành vi của đường dây truyền tải, cũng như đánh giá dữ liệu toàn diện có sẵn. Các giả định và hạn chế cơ bản của quy trình đơn giản hóa được thảo luận thêm trong Phần F.4.

Phương pháp tiếp cận được cập nhật bao gồm việc tính toán cường độ nhiễu loạn của gió ở độ cao hiệu dụng của kết cấu hoặc dây dẫn, cũng như việc sử dụng các hệ số đỉnh riêng

biệt cho các thành phần nền và cộng hưởng của phản ứng động.

Các công thức này dựa trên các điều kiện lý tưởng có thể hoặc không thể phản ánh các sự kiện thời tiết thực tế mà một kết cấu đường dây truyền tải có thể gặp phải. Do đó, các kết quả thu được khi áp dụng các công thức này trong bối cảnh này nên được coi là gần đúng. Mục đích của phụ lục này là trình bày các công thức hệ số phản ứng gió giật và xác định các thông số gió, độ phơi sáng và động lực khác nhau được sử dụng. Phương pháp tiếp cận hệ số phản ứng gió giật của các kết cấu và đường dây phù hợp với phương pháp do Davenport (1979) phát triển. Ngoài ra có thể tham khảo một số bài báo đã đề cập đến chủ đề này (ví dụ: Davenport 1962, 1967, 1977, 1979; Vellozzi và Cohen 1968).

B2. Đối với kết cấu cột điện:

$$G_{f,t} = \left(\frac{1 + 1,7I(z_s)\varepsilon\sqrt{g_Q^2 Q_t^2 + g_{Rt}^2 R_t^2}}{1 + 1,7g_v I(z_s)} \right) \quad (\text{PL3.1})$$

trong đó:

$I(z_s)$ là độ rối ở độ cao tương đương z_s , xác định theo công thức:

$$I(z_s) = c_r \left(\frac{10}{z_s} \right)^{1/6} \quad (\text{PL3.2})$$

$\varepsilon = 0,75$;

c_r là hệ số, phụ thuộc vào các dạng địa hình khác nhau, lấy theo Bảng 4 (10);

z_s là độ cao tương đương của cột điện, lấy bằng $2/3h$;

h là chiều cao của cột điện;

g_Q là hệ số đỉnh cho thành phần xung của gió, lấy bằng 3,6;

g_v là hệ số đỉnh cho thành phần phản ứng của gió, lấy bằng 3,6;

g_{Rt} là hệ số đỉnh cho thành phần cộng hưởng của gió, được xác định theo công thức:

$$g_{Rt} = \sqrt{2\ln(3\,600n_{1t})} + \frac{0,577}{\sqrt{2\ln(3\,600n_{1t})}} \quad (\text{PL3.3})$$

với: n_{1t} là tần số dao động riêng cơ bản thứ nhất của cột điện;

Tần số dao động riêng n_{1t} của cột điện tự đứng rỗng có thể xác định theo công thức:

$$n_{1t} = \frac{100}{h} \quad (\text{PL3.4})$$

trong đó:

h là chiều cao của cột điện (m).

Tần số dao động riêng của cột điện tự đứng đơn thân có thể được xác định theo lý thuyết động lực.

Q_t là hệ số kể đến thành phần phản ứng nền của kết cấu chịu tải trọng gió, xác định theo công thức:

$$Q_t = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{0,56z_s}{L_s}}} \quad (\text{PL3.5})$$

với:

L_s là thang nguyên kích thước xoáy (chiều dài rối), lấy theo Bảng:

Bảng PL3.1 – Thang nguyên kích thước xoáy L_s cho các dạng địa hình

Dạng địa hình	Thang nguyên kích thước xoáy (m), L_s
A	76
B	67
C	52

R_t là hệ số phản ứng cộng hưởng, được xác định theo công thức:

$$R_t = \sqrt{\left(\frac{0,0123}{\beta_t}\right) \left(\frac{n_{t1} z_h}{V(z_s)_{3\ 600s,50}}\right)^{\frac{-5}{3}}} \quad (\text{PL3.6})$$

trong đó:

β_t là độ cản lấy theo Bảng...

$V(z_s)_{3\ 600s,50}$ là vận tốc gió trung bình trong khoảng thời gian 3 600 s ứng với chu kỳ lặp 50 năm, tại độ cao tương đương z_s , được xác định theo công thức:

$$V(z_s)_{3\ 600s,50} = \bar{b} \left(\frac{z_s}{10}\right)^{\bar{\alpha}} V_{3s,50} \quad (\text{PL3.7})$$

với:

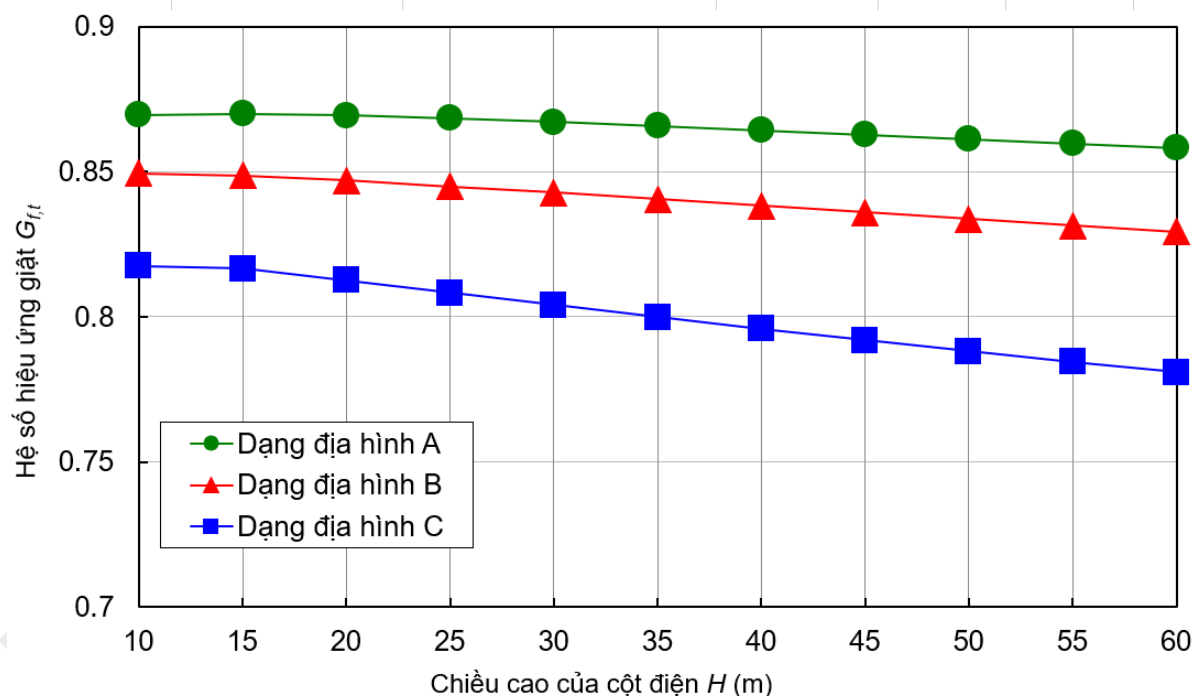
$V_{3s,50}$ là vận tốc gió 3s (lấy trung bình trong khoảng thời gian 3 s) ứng với chu kỳ lặp 50 năm, lấy theo QCVN 02:2022/BXD.

Bảng PL3.2 – Các đặc trưng động lực của cột điện

Loại cột	Tần số dao động riêng cơ bản thứ nhất (Hz), n_1	Độ cản β_t
Cột dạng tháp rỗng	Từ 2 đến 4	0,04
Cột dạng chữ H	Từ 1 đến 2	0,02
Cột đơn thân	Từ 0,5 đến 1	0,02

Nếu bỏ qua thành phần cộng hưởng thì

$$G_{f,t} = \left(\frac{1 + 4,6I(z_s)Q_t}{1 + 6,1I(z_s)} \right) \quad (\text{PL3.8})$$



Hình PL3.1 – Hệ số hiệu ứng giạt $G_{f,t}$ với các chiều cao cột điện H khác nhau cho các dạng địa hình A, B và C

PL3.3 Đối với dây dẫn điện:

$$G_{f,w} = \left(\frac{1 + 1,7I(z_s)\varepsilon\sqrt{g_Q^2 Q_w^2 + g_{Rw}^2 R_w^2}}{1 + 1,7I(z_s)g_v} \right) \quad (\text{PL3.9})$$

trong đó:

$I(z_s)$ là độ rối ở độ cao tương đương z_s , xác định theo công thức:

$$I(z_s) = c_r \left(\frac{10}{z_s} \right)^{1/6} \quad (\text{PL3.10})$$

c_r là hệ số, phụ thuộc vào các dạng địa hình khác nhau, lấy theo Bảng 4 (10);

z_s là độ cao tương đương của cột điện, lấy bằng $2/3h$;

h là chiều cao của cột điện;

$\varepsilon = 0,75$;

g_Q là hệ số đỉnh cho thành phần xung của gió, lấy bằng 3,6;

g_v là hệ số đỉnh cho thành phần phản ứng của gió, lấy bằng 3,6;

g_{RW} là hệ số đỉnh cho thành phần cộng hưởng của gió, được xác định theo công thức:

$$g_{RW} = \sqrt{2 \ln(3600n_{1w})} + \frac{0,577}{\sqrt{2 \ln(3600n_{1w})}} \quad (\text{PL3.11})$$

với: n_{1w} là tần số dao động riêng cơ bản thứ nhất của dây dẫn điện;

Tần số dao động riêng của dây dẫn điện n_{1w} có thể xác định theo công thức:

$$n_{1w} = \sqrt{\frac{1}{d_w}} \quad (\text{PL3.12})$$

trong đó:

d_w là độ võng của dây dẫn điện (m).

Để có tần số dao động riêng của dây dẫn điện chính xác hơn thì có thể có thể dùng phương pháp số hoặc thử nghiệm động.

$$Q_w = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{0,8S}{L_s}}} \quad (\text{PL3.13})$$

trong đó:

S là chiều dài nhịp gió của dây dẫn điện (m);

L_s là thang nguyên kích thước xoáy (chiều dài rối), lấy theo Bảng:

$$R_w = \sqrt{\left(\frac{0,0113}{\beta_w} \right) \left(\frac{z_h}{S} \right) \left(\frac{n_{1w} z_h}{V(z_s)_{3600s,50}} \right)^{-5/3}} \quad (\text{PL3.14})$$

với β_w là độ cản của dây dẫn điện và có thể xác định theo công thức:

$$\beta_w = 0,000048c_w \left(\frac{12V(z_s)_{3600s,50}}{n_{1w}d_w} \right) \quad (\text{PL3.15})$$

trong đó:

c_w là hệ số khí động của dây dẫn điện;

d_w là đường kính của dây dẫn điện (m).

$V(z_s)_{3\ 600s,50}$ là vận tốc gió trung bình trong khoảng thời gian 3 600 s ứng với chu kỳ lặp 50 năm, tại độ cao tương đương z_s , được xác định theo công thức:

$$V(z_s)_{3\ 600s,50} = \bar{b} \left(\frac{z_s}{10} \right)^{\bar{\alpha}} V_{3s,50} \quad (\text{PL3.16})$$

với:

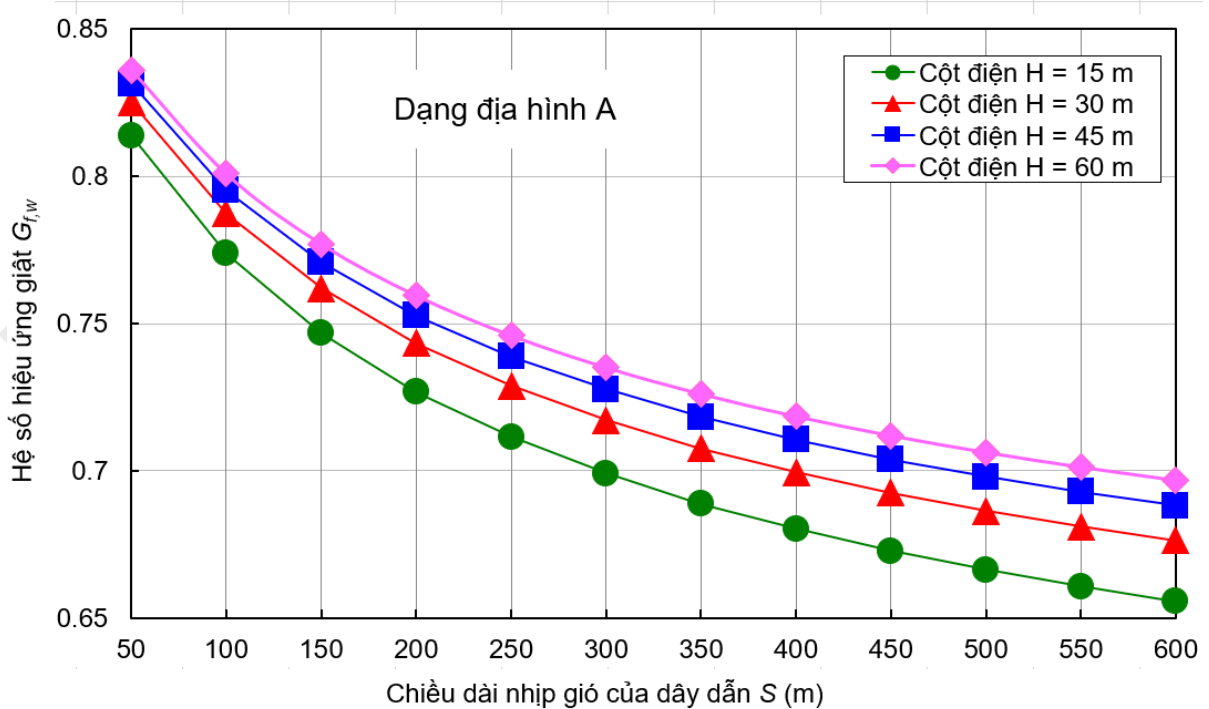
$V_{3s,50}$ là vận tốc gió 3s (lấy trung bình trong khoảng thời gian 3 s) ứng với chu kỳ lặp 50 năm, lấy theo [1].

Để có tần số dao động riêng và độ cản của dây điện chính xác hơn thì có thể có thể dùng phương pháp số hoặc thử nghiệm động.

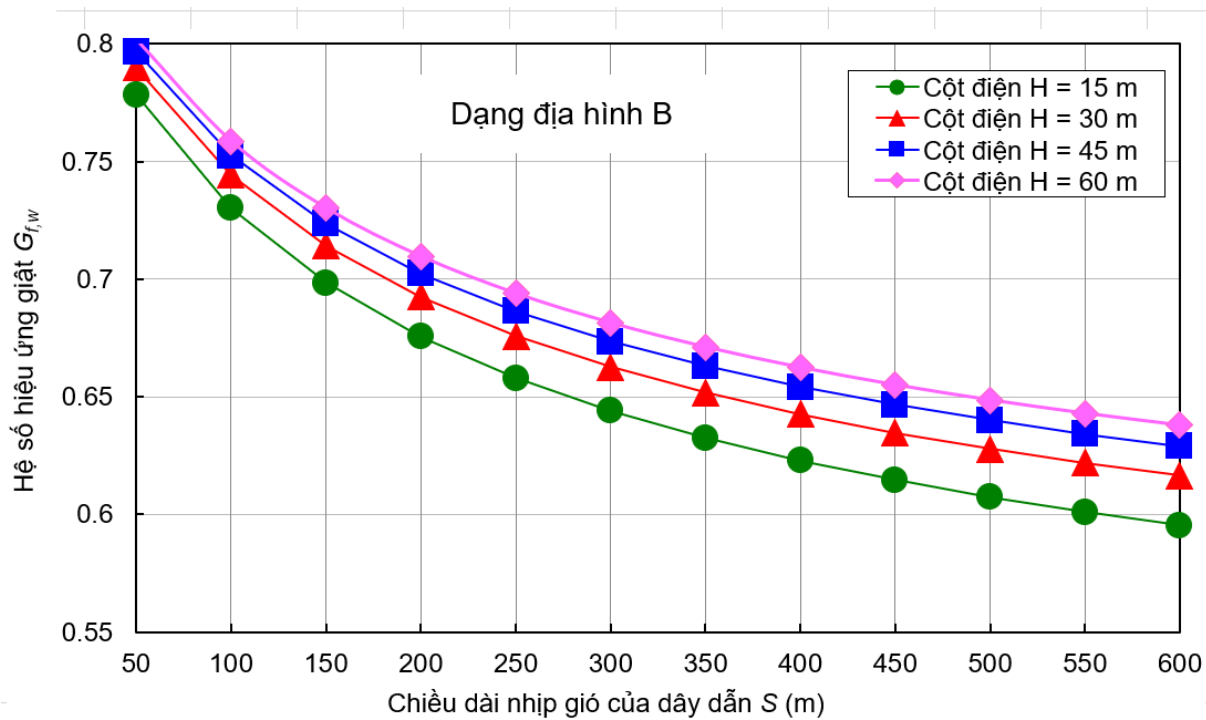
Nếu bỏ qua thành phần cộng hưởng thì

$$G_{f,w} = \left(\frac{1 + 4,6I(z_s)Q_w}{1 + 6,1I(z_s)} \right) \quad (\text{PL3.17})$$

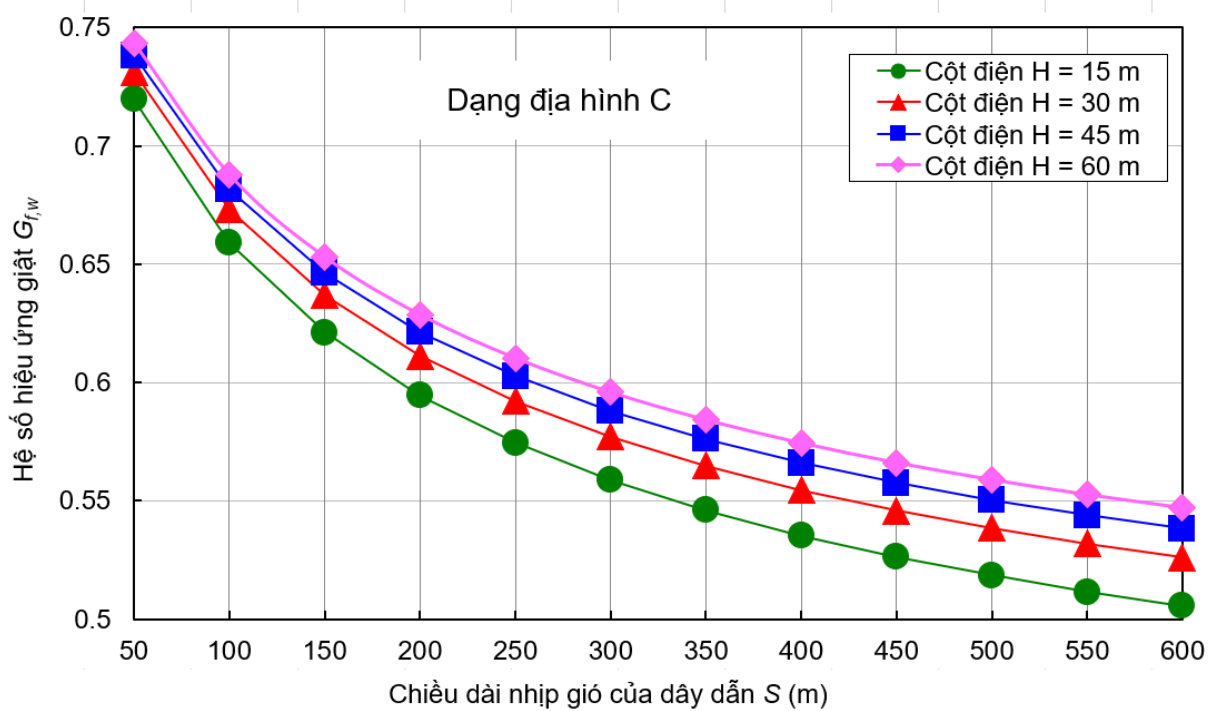
Hệ số hiệu ứng giạt $G_{f,w}$ (theo công thức) với các chiều dài nhịp gió của dây dẫn S khác nhau cho dạng địa hình A (Hình PL3.2), cho dạng địa hình B (Hình PL3.3), cho dạng địa hình C (Hình PL3.4)



Hình PL3.2 – Hệ số hiệu ứng giạt $G_{f,w}$ với các chiều dài nhịp gió của dây dẫn S khác nhau cho dạng địa hình A



Hình PL3.3 – Hệ số hiệu ứng giật $G_{f,w}$ với các chiều dài nhịp gió của dây dẫn S khác nhau cho dạng địa hình B



Hình PL3.4 – Hệ số hiệu ứng giật $G_{f,w}$ với các chiều dài nhịp gió của dây dẫn S khác nhau cho dạng địa hình C

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] TCVN 2737:2023. Tải trọng và tác động.
- [2] TCVN 2737:1995. Tải trọng và tác động – Tiêu chuẩn thiết kế.
- [3] ASCE/SEI 7-22. Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures.
- [4] Architectural Institute of Japan (AIJ). 2015. Recommendation for Loads on Buildings.
- [5] AS/NZS 1170.2:2021. Australian/New Zealand Standard, Structural design actions - Part 2: Wind actions.
- [6] BS EN 1991-1-4:2005. Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-4: General actions - Wind actions.
- [7] GB 50009-2012. China National Standard, Load code for the design of building structures.
- [8] Holmes, J.D. 2015. Wind Loading of Structures – 3rd Edition. CRC Press.
- [9] ASCE manuals and reports on engineering practice no. 74. Guidelines for Electrical Transmission Line Structural Loading. Fourth Edition. 2020. American Society of Civil Engineers.
- [10] Davenport, A. G. 1962. "The response of slender line-like structures to a gusty wind." In Proc., Inst. Civ. Eng. 23 (3): 389–408. <https://doi.org/10.1680/iicep.1962.10876>.
- [11] Davenport, A. G. (1967). "Gust loading factors." J. Struct. Div. 93 (3): 11–34.
- [12] Davenport, A. G. (1977). "The prediction of the response of structures to gusty wind." In Proc., Int. Research Seminar on the Safety of Structures under Dynamic Loading, Trondheim, Norway, Vol. 1, 257–284.
- [13] Davenport, A. G. (1979). "Gust response factors for transmission line loading." In Proc., 5th Int. Conf. on Wind Engineering (IAWE), Fort Collins, CO, 899–909.
- [14] Vellozzi, J. W., and E. Cohen. (1968). "Gust response factors." J. Struct. Div. 94 (6): 1295–1314.

PHỤ LỤC 4

CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN ĐỐI VỚI TẢI TRỌNG GIÓ THEO CÁC TIÊU CHUẨN KHÁC NHAU

Các thông số cơ bản đối với tải trọng gió theo các tiêu chuẩn khác nhau được thể hiện tại Bảng PL4.1.

Bảng PL4.1 Các thông số cơ bản đối với tải trọng gió theo các tiêu chuẩn khác nhau

Tiêu chuẩn	Thời gian trung bình cho vận tốc gió cơ bản (giây)	Thời gian trung bình cho vận tốc gió thiết kế (giây)	Chiều cao tham chiếu cho hệ số giật	Chiều cao tham chiếu (m)	Chu kỳ lặp cơ bản (năm)	Chu kỳ lặp cho TTGH I (năm)	Chu kỳ lặp cho TTGH II (năm)
ASCE/SEI 7-22	3	3600	0,6h	10	50	300, 700, 1700, 3000	10, 20, 50, 100
AS/NZS 1170.2:2021	3	600	h	10	500	500 - 1000	
NBCC (2020)	3600	3600	h	10	50		
AIJ 2015	600	600	h	10	100	500	100
EN 1991-1-4:2005	600	3600	0,6h	10	50	4000	50
ISO/FDIS 4354:2009	3/600	600	h	10	50		
SP 20.13330.2016	600	600	h	10	50		5
TCVN 2737:2023	3	3600	0,6h	10	20	200, 430, 1000	10

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] TCVN 2737:2023. Tải trọng và tác động.
- [2] ASCE/SEI 7-22. Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures.
- [3] Architectural Institute of Japan (AIJ). 2015. Recommendation for Loads on Buildings.
- [4] AS/NZS 1170.2:2021. Australian/New Zealand Standard, Structural design actions - Part 2: Wind actions.
- [5] BS EN 1991-1-4:2005. Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-4: General actions - Wind actions.
- [6] GB 50009-2012. China National Standard, Load code for the design of building structures.
- [7] NBCC (2020). National Building Code of Canada 2020.

PHỤ LỤC 5

HỆ SỐ ĐỘ TIN CẬY VỀ TẢI TRỌNG γ_f ĐỐI VỚI TẢI TRỌNG GIÓ

PL5.1 Đặt vấn đề

Trong hệ thống tiêu chuẩn thiết kế kết cấu xây dựng tại Việt Nam, tải trọng gió được xác định theo TCVN 2737:2023 [1], trong đó có nhiều cập nhật quan trọng so với phiên bản trước đó (TCVN 2737:1995 [2]). Đặc biệt, các nội dung liên quan đến tải trọng gió đã có những thay đổi đáng kể, bao gồm việc điều chỉnh phương pháp tính, hệ số độ tin cậy, hệ số khí động và các tham số liên quan. Hệ số độ tin cậy của tải trọng gió đóng vai trò quan trọng trong thiết kế, phản ánh mức độ an toàn yêu cầu đối với công trình. Việc lựa chọn giá trị hợp lý của hệ số này cần được cân nhắc giữa yêu cầu về độ an toàn kết cấu và các yếu tố kinh tế nhằm đảm bảo thiết kế tối ưu.

PL5.2 Thiết kế theo trạng thái giới hạn

Từ những năm 1970, cùng với sự phát triển của lý thuyết độ tin cậy kết cấu, các phương pháp xác suất đã được áp dụng rộng rãi trong thiết kế kết cấu, đặc biệt trong lĩnh vực tải trọng gió. Việc xác định tải trọng gió chỉ là một khía cạnh trong thiết kế kết cấu tổng thể, bên cạnh việc đánh giá các tải trọng khác cũng như khả năng chịu lực của kết cấu. Quá trình thiết kế cần đảm bảo rằng kết cấu có xác suất hư hỏng rất thấp, tương ứng với trạng thái giới hạn cực hạn (trạng thái giới hạn thứ nhất) (Ultimate Limit State - ULS), đồng thời vẫn đáp ứng các yêu cầu về điều kiện sử dụng, bao gồm: gia tốc, độ võng và chuyển vị..., được định nghĩa trong trạng thái giới hạn sử dụng (trạng thái giới hạn thứ hai) (Serviceability Limit State - SLS). Việc áp dụng phương pháp xác suất trong tính toán tải trọng gió không chỉ nâng cao tính an toàn mà còn tối ưu hóa thiết kế, giúp cân bằng giữa độ tin cậy kết cấu và hiệu quả kinh tế.

Thiết kế theo trạng thái giới hạn là một phương pháp tiếp cận hợp lý trong thiết kế kết cấu, dựa trên việc đánh giá khả năng chịu lực và điều kiện sử dụng của công trình theo các trạng thái giới hạn cụ thể. Phương pháp này đã được nghiên cứu và áp dụng rộng rãi, dần trở thành phương pháp thiết kế phổ biến trên thế giới nhờ tính khoa học và hiệu quả trong việc đảm bảo an toàn kết cấu, cũng như đáp ứng yêu cầu về kinh tế. Phương pháp thiết kế theo trạng thái giới hạn đưa ra cách tiếp cận với hai trạng thái giới hạn chính: trạng thái giới hạn cực hạn (trạng thái giới hạn thứ nhất) và trạng thái giới hạn sử dụng (trạng thái giới hạn thứ hai). Phương pháp này nâng cao mức độ an toàn kết cấu thông qua việc áp dụng các hệ số độ tin cậy, bao gồm hệ số độ tin cậy về tải trọng (γ) cho từng loại tải trọng và hệ số độ tin cậy về độ bền (ϕ) cho vật liệu, kết cấu. Mặc dù phương pháp thiết kế theo trạng thái giới hạn không phải là một mô hình xác suất, nhưng các hệ số độ tin cậy được xác định dựa trên phân tích xác suất nhằm đảm bảo mức độ an toàn phù hợp với các yêu cầu thiết kế công trình.

Mối quan hệ giữa khả năng chịu lực (độ bền) và hệ quả của tải trọng cho trạng thái giới hạn được xác định theo công thức sau:

$$\phi R \geq \gamma_{f,G} G + \gamma_{f,Q} \psi_Q Q + \gamma_{f,W} \psi_W W \quad (\text{PL5.1})$$

trong đó:

ϕ là hệ số độ tin cậy về khả năng chịu lực (độ bền) của kết cấu;

R là khả năng chịu lực (độ bền) của kết cấu;

$\gamma_{f,G}$ là hệ số độ tin cậy của tải trọng thường xuyên;

G là hệ quả của tải trọng thường xuyên;

$\gamma_{f,Q}$ là hệ số độ tin cậy của tải trọng tạm thời;

ψ_Q là hệ số tổ hợp của tải trọng tạm thời;

Q là hệ quả của tải trọng tạm thời;

$\gamma_{f,W}$ là hệ số độ tin cậy của tải trọng gió;

ψ_W là hệ số tổ hợp của tải trọng gió;

W là hệ quả của tải trọng gió.

Trong công thức (PL5.1), các hệ số ϕ , $\gamma_{f,G}$, $\gamma_{f,Q}$ và $\gamma_{f,W}$ được điều chỉnh riêng biệt để phản ánh sự thay đổi và mức độ bất định tương ứng với khả năng chịu lực (độ bền), tải trọng thường xuyên, tải trọng tạm thời và tải trọng gió. Các giá trị được sử dụng cũng phụ thuộc vào giá trị danh nghĩa được chọn. Thông thường, việc hiệu chỉnh cuối cùng trong phương pháp thiết kế được xác định dựa trên chỉ số an toàn (safety index) hoặc chỉ số độ tin cậy (reliability index), nhằm đảm bảo mức độ an toàn và độ tin cậy mong muốn của kết cấu.

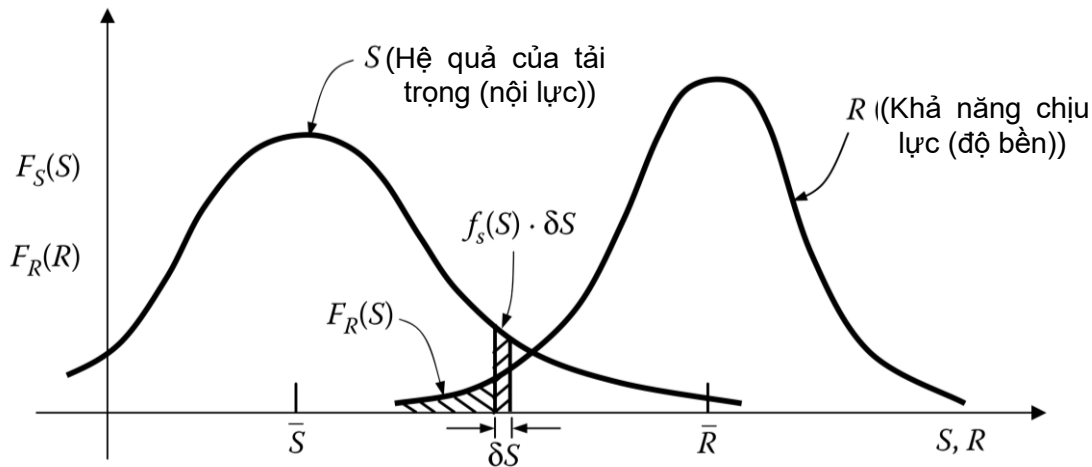
PL5.3 Xác suất phá hủy và chỉ số an toàn

Chỉ số an toàn hoặc chỉ số độ tin cậy là thước đo định lượng về mức độ an toàn của kết cấu, được sử dụng trong các tiêu chuẩn thiết kế trên thế giới để hiệu chỉnh và cải tiến các phương pháp thiết kế hiện tại cũng như định hướng cho các phương pháp thiết kế trong tương lai. Các chỉ số này có mối quan hệ một-một với xác suất hư hỏng của kết cấu, được xác định dựa trên khả năng hệ quả của tải trọng tác dụng vượt quá khả năng chịu lực (độ bền) thiết kế, nhưng không bao gồm các hư hỏng do lỗi của con người hoặc các nguyên nhân sự cố khác..

Quá trình thiết kế kết cấu có thể được thể hiện ở dạng tổng quát như trong Hình PL5.1. Quá trình này liên quan đến việc so sánh giữa hệ quả của tải trọng hay nội lực (S) với khả năng chịu lực (độ bền) tương ứng của kết cấu (R). Khi xét đến các trạng thái giới hạn cực hạn hoặc sự sụp đổ của kết cấu, S có thể là lực dọc trục, mô men uốn hoặc ứng suất trong các bộ phận kết cấu. Đối với trạng thái giới hạn sử dụng, S và R có thể là độ võng, chuyển vị, gia tốc hoặc bề rộng vết nứt.

Các hàm mật độ xác suất $f_S(S)$ và $f_R(R)$ tương ứng với hệ quả của tải trọng (nội lực) S và

khả năng chịu lực (độ bền) R (cả hai đại lượng được biểu diễn dưới cùng một đơn vị) được thể hiện trên Hình PL5.1. $F_R(R)$ là phân bố xác suất tích lũy của R . Độ phân tán hay "chiều rộng" của các phân bố xác suất của S và R phản ánh mức độ không chắc chắn của các đại lượng này.



Hình Hình PL5.1 – Mật độ xác suất của hệ quả của tải trọng (nội lực) S và khả năng chịu lực (độ bền) R

Sự hư hỏng (hoặc không thể sử dụng được) của kết cấu xảy ra khi khả năng chịu lực (độ bền) của kết cấu nhỏ hơn hệ quả của tải trọng. Khi giả thiết rằng S và R là hai biến độc lập về mặt thống kê, xác suất phá hủy của kết cấu có thể được xác định theo công thức sau:

$$[p_f(S)\delta S] = [f_S(S)\delta S] \times F_R(S) \quad (\text{PL5.2})$$

trong đó:

$[p_f(S)\delta S]$ là xác suất phá hủy xảy ra khả năng hệ quả của tải trọng (nội lực) nằm trong khoảng giữa S và $(S + \delta S)$;

$[f_S(S)\delta S]$ là xác suất xảy ra khả năng hệ quả của tải trọng (nội lực) nằm trong khoảng giữa S và $(S + \delta S)$;

$F_R(S)$ là xác suất xảy ra khả năng khả năng chịu lực (độ bền) R nhỏ hơn hệ quả của tải trọng (nội lực) S và được xác định theo công thức sau:

$$F_R(S) = \int_{-\infty}^S f_R(R) dR \quad (\text{PL5.3})$$

$[f_S(S)\delta S]$ và $F_R(S)$ trong công thức (PL5.2) là các diện tích các phần gạch chéo tương ứng biểu thị trong Hình PL5.1.

Tổng xác suất phá hủy được xác định bằng tổng hoặc tích phân công thức (PL5.2) trên

tất cả các giá trị có thể có của S (giữa $-\infty$ và $+\infty$), cụ thể được xác định theo công thức sau:

$$p_f = \int_{-\infty}^{\infty} f_S(S) \cdot F_R(S) dS \quad (\text{PL5.4})$$

Thay thế $F_R(S)$ từ công thức (3) vào công thức (4), ta có:

$$p_f = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^S f_S(S) \cdot F_R(R) \cdot dR \cdot dS = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^S f(S,R) \cdot dR \cdot dS \quad (\text{PL5.5})$$

trong đó:

$f(S,R)$ là mật độ xác suất chung của S và R .

Các giá trị xác suất phá hủy được tính toán từ công thức (PL5.5) thường rất nhỏ, khoảng từ 1×10^{-2} đến 1×10^{-5} .

Chỉ số an toàn (chỉ số độ tin cậy) được xác định theo công thức (PL5.6) và thường trong khoảng từ 2 đến 5.

$$\beta = -\Phi^{-1}(p_f) \quad (\text{PL5.6})$$

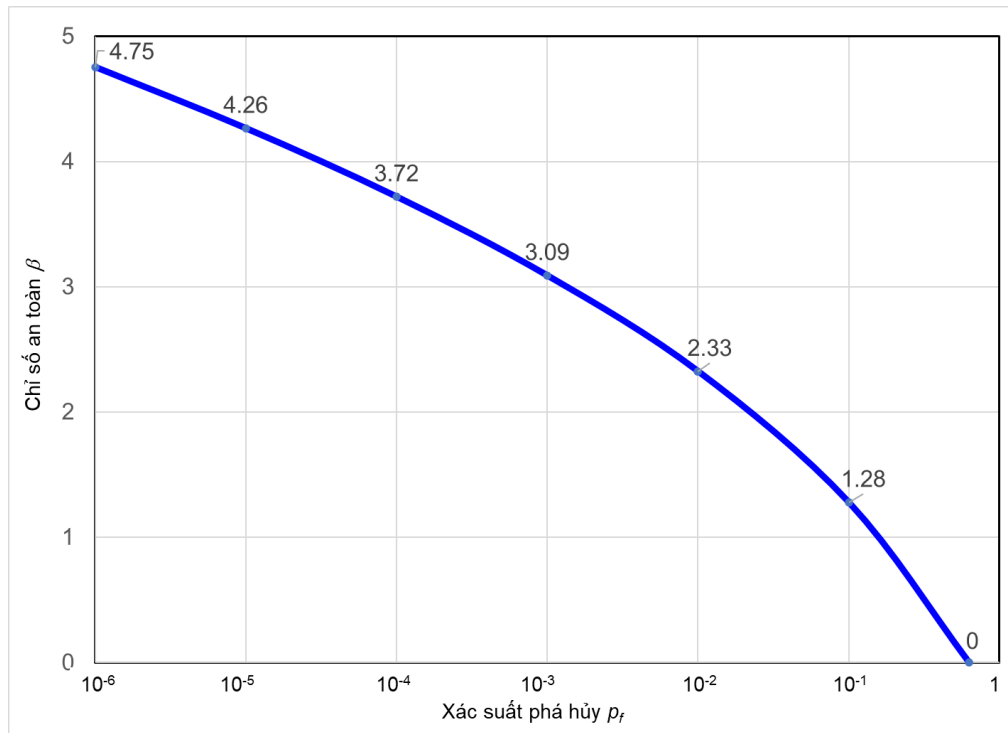
trong đó:

$\Phi^{-1}()$ là phân bố xác suất tích lũy nghịch đảo của một phân bố chuẩn đơn vị (phân bố Gaussian), với một biến chuẩn có giá trị trung bình bằng 0 và độ lệch chuẩn bằng 1.

Hình PL5.2 thể hiện mối quan hệ giữa chỉ số an toàn β và xác suất phá hủy p_f theo công thức (6).

Các công thức (PL5.5) và (PL5.6) có thể được đánh giá chính xác khi giả định rằng S và R tuân theo phân bố xác suất Gaussian (phân bố chuẩn) hoặc phân bố loga chuẩn. Tuy nhiên, trong các trường hợp khác, đặc biệt là khi xét đến tải trọng gió, cần sử dụng phương pháp số trong tính toán. Ngoài ra, các phương pháp số cũng được sử dụng khi S và R không phải là các biến ngẫu nhiên đơn lẻ mà là sự kết hợp (tổng hoặc tích) của nhiều biến ngẫu nhiên riêng biệt, mỗi biến có đặc trưng xác suất khác nhau.

Các nghiên cứu chi tiết về lý thuyết và ứng dụng thực tiễn của vấn đề này có thể xem trong các tài liệu [3-5].



Hình PL5.2 – Quan hệ giữa chỉ số an toàn β và xác suất phá hủy p_f

PL5.4 Chu kỳ lặp

Chu kỳ lặp R_t được xác định theo công thức sau:

$$R_t = \frac{1}{\text{Xác suất vượt}} = \frac{1}{1 - F_V(V)} \quad (\text{PL5.7})$$

trong đó:

$F_V(V)$ là hàm phân phối xác suất tích lũy của vận tốc gió V .

Chu kỳ lặp R_t cũng có thể được xác định theo công thức sau:

$$R_t = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i \quad (\text{PL5.8})$$

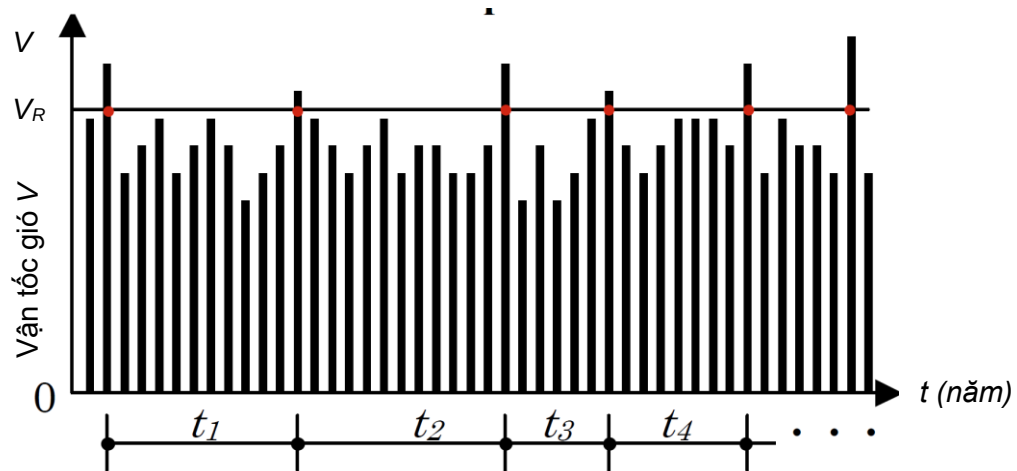
trong đó:

N là tổng số khoảng thời gian mà vận tốc gió vượt quá một giá trị vận tốc gió xác định;

t_i là khoảng thời gian thứ i giữa các lần vận tốc gió vượt quá một giá trị vận tốc gió xác định (xem minh họa trong Hình PL5.3).

Do đó, chu kỳ lặp R_t thực chất là thời gian trung bình giữa các lần kết cấu bị phá hoại do vận tốc gió vượt quá giá trị vận tốc gió xác định (vận tốc gió thiết kế). Đại lượng này tương

ứng với khái niệm Mean Time Between Failure (MTBF), được sử dụng để đánh giá tần suất hư hỏng của kết cấu dưới tác động của tải trọng gió.



Hình PL5.3 – Quan hệ giữa chỉ số an toàn β và xác suất phá hủy p_f

Chu kỳ lặp của vận tốc gió thiết kế danh định có sự khác biệt giữa các tiêu chuẩn về tải trọng gió trên thế giới, với lựa chọn phổ biến nhất là 50 năm. Cần phân biệt rõ giữa chu kỳ lặp R_t và thời hạn sử dụng theo thiết kế của kết cấu (L). Chu kỳ lặp là một cách biểu diễn xác suất rủi ro vượt quá hàng năm. Cụ thể, một vận tốc gió có chu kỳ lặp 50 năm đồng nghĩa với việc vận tốc này có xác suất vượt quá 0,02 (1/50) mỗi năm. Tuy nhiên, xác suất r để vận tốc gió vượt quá giá trị thiết kế trong toàn bộ thời gian tồn tại của kết cấu có thể được xác định bằng cách giả định rằng mỗi năm là độc lập về mặt thống kê. Xác suất này được tính theo công thức sau [1]:

$$r = 1 - \left[1 - \left(\frac{1}{R_t} \right) \right]^L \quad (\text{PL5.9})$$

Với R_t và L bằng 50 năm, theo công thức (PL5.9), giá trị r là 0,636. Điều này cho thấy có gần 64% khả năng vận tốc gió có chu kỳ lặp R_t bằng 50 năm sẽ bị vượt quá ít nhất một lần trong suốt thời hạn sử dụng theo thiết kế của kết cấu (L bằng 50 năm). Do đó, tải trọng gió với mức rủi ro này cần được xem xét khi thiết kế theo trạng thái giới hạn cực hạn (trạng thái giới hạn thứ nhất) để đảm bảo độ an toàn kết cấu. Hệ số độ tin cậy của tải trọng gió $\gamma_{f,w}$ là hệ số kể đến các sai lệch bất lợi có thể có của tải trọng gió, thông thường hệ số này nằm trong khoảng từ 1,4 đến 1,6 [6, 7, 8, 9, 10].

Ngoài ra, việc sử dụng chu kỳ lặp của vận tốc gió thiết kế danh nghĩa cao hơn đáng kể so với 50 năm có thể giúp giảm sự cần thiết phải áp dụng các hệ số tải trọng gió khác nhau cho từng khu vực

PL5.5 Hệ số độ tin cậy của tải trọng gió

Trong phần trước, hệ số độ tin cậy của tải trọng gió $\gamma_{f,w}$ thường nằm trong khoảng từ 1,4 đến 1,6, tương ứng với vận tốc gió có chu kỳ lặp R_t bằng 50 năm.

Hệ số độ tin cậy của tải trọng gió được xác định dựa trên hai giả thiết chính [11]:

- (1) Tải trọng gió tỷ lệ với bình phương vận tốc gió. Giả thiết này phù hợp với các kết cấu có tần số dao động riêng cao, chẳng hạn như công trình thấp. Tuy nhiên, đối với các công trình cao, giả thiết này là không còn phù hợp do ảnh hưởng của hiệu ứng cộng hưởng, dẫn đến tải trọng gió hiệu dụng thay đổi với năng lượng cao hơn của vận tốc gió. Cụ thể, năng lượng này có thể tăng lên đến 2,5 lần đối với phản ứng dọc luồng gió và lên đến 3 lần đối với phản ứng ngang luồng gió.
- (2) Hệ số độ tin cậy của tải trọng gió được xác định từ tải trọng gió của các vùng không bị ảnh hưởng của bão. Còn đối với các vùng bị ảnh hưởng của bão thì chu kỳ lặp R_t của vận tốc gió thường tương đối thấp.

Đối với các kết cấu có phản ứng động đáng kể với gió, chẳng hạn như nhà cao tầng, tải trọng gió và các hiệu ứng thay đổi theo vận tốc gió được tăng lên cấp số mũ lớn hơn 2. Tuy nhiên, mức độ an toàn gần như không đổi (không nhạy cảm với các hiệu ứng của phản ứng động) do sử dụng vận tốc gió thiết kế có chu kỳ lặp cao hơn với hệ số độ tin cậy của tải trọng gió bằng 1,0.

Ngoài ra, hệ số độ tin cậy của tải trọng gió cần được nâng cao hơn tại các vùng bị ảnh hưởng bởi bão.

Tùy thuộc vào tiêu chuẩn thiết kế và các vùng gió khác nhau, hệ số độ tin cậy của tải trọng gió được xác định trong khoảng từ 1,4 đến 1,6 (tương ứng với vận tốc gió có chu kỳ lặp R_t bằng 50 năm) có thể tương đương với chu kỳ lặp R_t từ 500 năm đến 1000 năm [12].

Tại mục 10.1.6 của TCVN 2737:2023, hệ số độ tin cậy về tải trọng gió $\gamma_{f,w}$ được lấy bằng 2,1 (áp lực gió 3 s ứng với chu kỳ lặp R_t bằng 10 năm).

Hệ số này dùng để chuyển đổi $W_{3s,10}$ (áp lực gió 3 s ứng với chu kỳ lặp R_t bằng 10 năm) về $W_{3s,430}$ (áp lực gió 3 s ứng với chu kỳ lặp R_t bằng 430 năm) và được xác định theo Công thức sau:

$$\gamma_{f,w} = \gamma_1 \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_3 \quad (\text{PL5.10})$$

trong đó:

γ_1 là hệ số chuyển đổi $W_{3s,10}$ (áp lực gió 3 s ứng với chu kỳ lặp R_t bằng 10 năm) về $W_{3s,20}$ (áp lực gió 3 s ứng với chu kỳ lặp R_t bằng 20 năm), $\gamma_1 = \frac{1}{0,852}$ (theo Bảng 5.2 của [13]);

γ_2 là hệ số chuyển đổi $W_{3s,20}$ (áp lực gió 3 s ứng với chu kỳ lặp R_t bằng 20 năm) về $W_{3s,50}$ (áp lực gió 3 s ứng với chu kỳ lặp R_t bằng 50 năm), $\gamma_2 = 1,2$ (theo Bảng 5.2 của [13]);

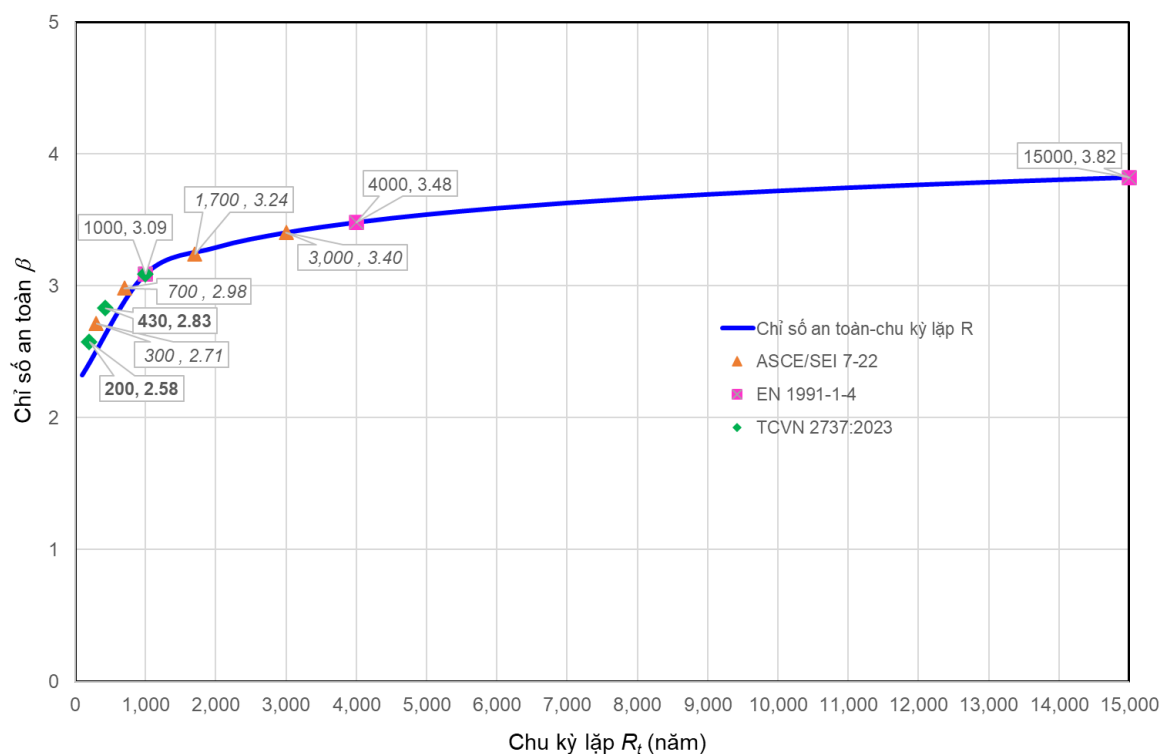
γ_3 là hệ số chuyển đổi $W_{3s,50}$ (áp lực gió 3 s ứng với chu kỳ lặp R_t bằng 50 năm) về $W_{3s,430}$ (áp lực gió 3 s ứng với chu kỳ lặp R_t bằng 430 năm), $\gamma_3 = 1,5$ (cũng tương ứng với các tiêu chuẩn khác trên thế giới, hệ số này thường chọn từ 1,4 đến 1,6).

Thay các giá trị trên vào công thức (10), ta có $\gamma_{f,W} = \gamma_1 \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_3 = \frac{1}{0,852} \cdot 1,2 \cdot 1,5 = 2,1$.

Bảng PL5.1 - Chỉ số an toàn theo các tiêu chuẩn khác nhau

Tiêu chuẩn	Cấp rủi ro/ Cấp hậu quả	Chỉ số an toàn hàng năm, β_1	Xác suất phá hủy hàng năm, $p_{f,1}$	Chu kỳ lặp, R_t (năm)	Xác suất phá hủy (tương ứng với $L = 50$ năm), $p_{f,50}$	Chỉ số an toàn (tương ứng với $L = 50$ năm), β_{50}
ASCE/SEI 7-22	Cấp rủi ro I	2,71	$3,33 \cdot 10^{-3}$	300	$1,54 \cdot 10^{-1}$	1,02
	Cấp rủi ro II	3	$1,43 \cdot 10^{-3}$	700	$6,9 \cdot 10^{-2}$	1,48
	Cấp rủi ro III	3,25	$5,88 \cdot 10^{-4}$	1700	$2,9 \cdot 10^{-2}$	1,90
	Cấp rủi ro IV	3,4	$3,33 \cdot 10^{-4}$	3000	$1,65 \cdot 10^{-2}$	2,13
BS EN 1991-1-4:2005	CC1	3,09	$1 \cdot 10^{-3}$	1000	$2,37 \cdot 10^{-1}$	1,98
	CC2	3,49	$2,44 \cdot 10^{-4}$	4100	$3,59 \cdot 10^{-2}$	2,69
	CC3	3,84	$6,25 \cdot 10^{-5}$	16000	$4,3 \cdot 10^{-2}$	3,33
TCVN 2737:2023	C1	2,58	$5 \cdot 10^{-3}$	200	$2,22 \cdot 10^{-1}$	0,77
	C2	2,83	$2,33 \cdot 10^{-3}$	430	$1,1 \cdot 10^{-1}$	1,23
	C3	3,09	$1 \cdot 10^{-3}$	1000	$1,66 \cdot 10^{-2}$	1,66

Từ Bảng PL5.1 và Hình PL5.4, cho thấy chỉ số an toàn β và chu kỳ lặp R_t của TCVN 2737:2023 nhỏ hơn so với ASCE/SEI 7-22 và BS EN 1991-1-4:2005.



Hình PL5.4 – Chỉ số an toàn β và chu kỳ lặp R_t theo các tiêu chuẩn khác nhau

PL 5.6 Kết luận

Phần này trình bày cơ sở để xác định hệ số độ tin cậy về tải trọng gió dựa trên lý thuyết độ tin cậy của kết cấu, các tài liệu nghiên cứu trong lĩnh vực gió và các tiêu chuẩn gió trên thế giới. Giá trị hệ số độ tin cậy về tải trọng gió $\gamma_{f,w}$ trong TCVN 2737:2023 được lấy bằng 2,1 là hợp lý, phù hợp với phương pháp tính toán tải trọng gió mới, mức độ an toàn và điều kiện kinh tế của Việt Nam.

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] TCVN 2737:2023. Tải trọng và tác động.
- [2] TCVN 2737:1995. Tải trọng và tác động – Tiêu chuẩn thiết kế.
- [3] Ang, A.H. and Tang, W. 1990. Probability Concepts in Engineering Planning and Design. Vol. II. Decision, Risk and Reliability.
- [4] Blockley, D. 1980. The Nature of Structural Design and Safety. Ellis Horwood, Chichester, England, UK.
- [5] Melchers, R. 1987. Structural Reliability – Analysis and Prediction. Ellis Horwood, Chichester, England, UK.
- [6] ASCE/SEI 7-22. Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures.
- [7] Architectural Institute of Japan (AIJ). 2015. Recommendation for Loads on Buildings.
- [8] AS/NZS 1170.2:2021. Australian/New Zealand Standard, Structural design actions - Part 2: Wind actions.
- [9] BS EN 1991-1-4:2005. Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-4: General actions - Wind actions.
- [10] GB 50009-2012. China National Standard, Load code for the design of building structures.
- [11] Holmes, J.D. 2015. Wind Loading of Structures – 3rd Edition. CRC Press.
- [12] Boggs and Dragovich. 2008. The Nature of Wind Loads & Dynamic Responses.
- [13] QCVN 02:2022/BXD, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về Số liệu điều kiện tự nhiên dùng trong xây dựng.