

# ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỊA HÌNH ĐẾN ÁP LỰC GIÓ

KS. NGÔ TÁT THÀNH

Khoa Xây dựng, Texas Tech University (USA)

## 1. Giới thiệu

Khi công trình trên nền đất cao, đồi hoặc núi, áp lực gió tác động lên công trình thay đổi mạnh vì các yếu tố địa hình làm thay đổi dòng không khí đi qua. Các yếu tố này như những chướng ngại vật làm gia tăng vận tốc gió, dẫn đến hiệu ứng gia tăng áp lực gió lên công trình. Phần lớn tiêu chuẩn các nước đều có những phương pháp để đánh giá hiệu ứng này.

Một số tiêu chuẩn đưa ra rất ít hoặc không chính xác chỉ dẫn về đánh giá hiệu ứng gia tăng áp lực gió lên công trình. Các tiêu chuẩn tải trọng gió sử dụng các phương pháp khác nhau để tăng áp lực gió thiết kế khi công trình nằm trên các yếu tố địa hình. Do đó, kết quả thu được từ mỗi phương pháp này có thể rất khác nhau. Trong số các tiêu chuẩn hay được sử dụng, tiêu chuẩn của Hiệp hội Kỹ sư Xây dựng Hoa Kỳ ASCE/SEI 7-05 và của Hiệp hội Tiêu chuẩn Úc AS/NZS 1170.2:2002 chỉ dẫn khá chi tiết để tính toán tải trọng gió kể đến ảnh hưởng của điều kiện địa hình. Tuy nhiên, khi áp dụng từng tiêu chuẩn cho công trình cụ thể, các kết quả thu được khác nhau khá xa. Tại một số cao độ tính toán áp lực gió cho công trình, sự chênh lệch về vận tốc gió là 11%, dẫn đến chênh lệch về áp lực gió lên đến 23%. Qua nghiên cứu, hai tiêu chuẩn này bộc lộ một số hạn chế cần phải xoát xét lại. Tiêu chuẩn Tải trọng và tác động của Việt Nam, TCVN 2737-95, hiện nay vẫn chưa có đầy đủ các chỉ dẫn về xác định tải trọng gió có kể đến các yếu tố địa hình. TCVN 2737-95 có đưa ra chỉ dẫn kể đến ảnh hưởng của yếu tố công trình đặt trên nền đất cao. Tuy nhiên, chỉ dẫn này chưa được chính xác nên khi áp dụng áp lực gió thu được thấp hơn rất nhiều so với kết quả thu được từ những tiêu chuẩn khác.

Từ những lý do trên, việc so sánh các tiêu chuẩn và đánh giá sự tác động của địa hình đến áp lực gió là rất cần thiết. Bằng việc xác định vận tốc gió trên một số điều kiện địa hình, địa vật cụ thể, những bất cập trong các tiêu chuẩn sẽ được phát hiện phục vụ cho việc xoát xét tiêu chuẩn về áp lực gió và gợi ý cho hướng nghiên cứu sâu hơn. Những chỉ dẫn tính toán vận tốc gió trên các địa hình phức tạp ở Việt Nam còn hạn chế, do đó, đây có thể là tài liệu tham khảo cho thiết kế áp lực gió lên công trình ở những địa hình phức tạp và cho việc khai thác năng lượng gió.

## 2. Phương pháp đánh giá

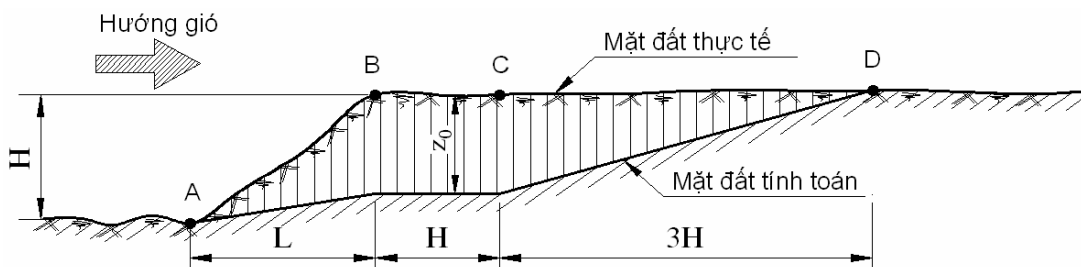
### 2.1. Ảnh hưởng của ĐK địa hình theo TCVN 2737-95

TCVN 2737-95 không có chỉ dẫn tính toán để xác định áp lực gió lên những công trình trên sườn đồi, núi. Duy nhất công trình trên nền đất cao được quan tâm. Sự tăng áp lực gió được kể đến bằng việc tăng chiều cao tính toán áp lực gió so với chiều cao thực tế. Nói cách khác, mặt đất tính toán được hạ thấp đặt kết cấu vào vùng có vận tốc gió cao hơn trong lớp biên khí quyển. Lớp biên khí quyển là lớp tiếp xúc với mặt đất và vận tốc gió trong lớp này còn chịu ảnh hưởng bởi ma sát của bề mặt trái đất. Khi độ dốc trung bình,  $i$ , của một nền đất cao lớn hơn 30%, cao độ mặt đất tính toán được hạ thấp xuống một khoảng  $z_0$  từ cao độ thực tế (xem Hình 1). Do đó, độ cao thực tế,  $z$ , được tăng lên đến  $(z + z_0)$  để tính toán áp lực gió thiết kế cho công trình. Nếu công trình ở bên trái điểm A hoặc bên phải điểm D thì  $z_0 = 0$ , nếu công trình trên sườn dốc từ A đến B hoặc trên đoạn CD,  $z_0$  được nội suy tuyến tính từ khu vực bên cạnh. Khi công trình trên đoạn BC,  $z_0$  được tính toán như sau:

$$\text{-/ Khi } 0.30 < i < 2 \text{ thì } z_0 = \frac{H(2-i)}{1.7}; \text{ H và L lần lượt là chiều cao chiều dài của sườn dốc, } i =$$

H/L

$$\text{-/ Khi } i \geq 2 \text{ thì } z_0 = H$$



### Hình 1. Xác định cao độ mặt đất tính toán

Áp lực gió tính tiêu chuẩn tính toán theo công thức:

$$W = k \cdot c \cdot W_0 \quad (a.1)$$

Trong đó, k là hệ số kể đến sự thay đổi của dạng bề mặt địa hình và sự thay đổi áp lực gió theo độ cao. ở độ cao dưới 3 mét so với mặt đất, phần lớn các tiêu chuẩn khác coi k là hằng số, trong khi TCVN 2737-95 chưa có chỉ định. c là hệ số áp lực và  $W_0$  là áp lực gió tiêu chuẩn có thể lấy theo Bản đồ Phân vùng áp lực Gió hoặc tính toán theo công thức sau:

$$W_0 = 0.0613 \cdot V_0^2 \text{ (DaN/m}^2\text{)} \quad (a.2)$$

ở đây,  $V_0$  là vận tốc gió trung bình tính bằng mét trên giây trong khoảng 3 giây, xác suất vượt trung bình là 20 năm, đo ở độ cao 10 mét so với mốc chuẩn và trong dạng địa hình mở và bằng phẳng, tương ứng với địa hình dạng B. Như vậy, nếu  $\hat{M}_{zt}$  được gọi là tỷ số địa hình gió giật kể đến sự thay đổi vận tốc gió so với chiều cao thì vận tốc gió tại chiều cao z được thiết lập dưới dạng:

$$V_z = \sqrt{k \cdot V_0^2} = \sqrt{k} \cdot V_0 = \hat{M}_{zt} \cdot V_0 \quad (a.3)$$

Khi công trình trên sườn đồi hoặc núi, vận tốc gió cần phải được tính toán để xác định áp lực gió phục vụ cho thiết kế công trình. Những trường hợp này sẽ không có các số liệu về vận tốc gió vì các trạm khí tượng đo vận tốc gió thường được lựa chọn đặt trên các dạng địa hình mở và bằng phẳng. Do đó, các công thức tính toán xác định vận tốc gió trong các trường hợp này rất cần được thiết lập.

#### 2.2.Theo Tiêu chuẩn ASCE/SEI 7-05

Tiêu chuẩn này đưa ra các chỉ dẫn rất chi tiết kể đến hiệu ứng gia tăng vận tốc gió của các điều kiện địa hình như đồi, rặng núi và nền đất cao. ASCE/SEI 7-05 quy định điều kiện mặt đất xung quanh các điều kiện địa hình và đặc điểm bản thân của các điều kiện địa hình. Địa hình phải không bị che chắn bởi những địa hình khác có đặc điểm tương tự trong vòng bán kính lớn hơn hoặc bằng 100 lần chiều cao địa hình đó và lớn hơn 3.2 km. Đồng thời, chiều cao của địa hình đang xét phải nhô lên trên chiều cao của những địa hình ở trước hướng gió ít nhất là hai lần trong phạm vi 3.2 km. Chiều cao tối thiểu của địa hình này là 4.5 mét đối với dạng bề mặt C và D (những bề mặt trống trải không bị che chắn và bằng phẳng) và 18 mét đối với dạng bề mặt B (những bề mặt bị che chắn mạnh). Công trình phải nằm ở nửa trên của chiều cao địa hình và điều kiện cuối cùng là độ dốc trung bình của địa hình hướng đón gió phải lớn hơn hoặc bằng 10%.

Áp lực vận tốc,  $q_z$ , được xác định theo công thức:

$$q_z = 0.613 K_z K_{zt} K_d \hat{V}_{10}^2 I \text{ (N/m}^2\text{)} \quad (b.1)$$

Tốc độ gió cơ bản  $\hat{V}_{10}$  là tốc độ giật 3 giây ở độ cao 10 mét so với mặt đất trong dạng địa hình loại C.  $K_z$  là hệ số kể đến sự thay đổi áp lực gió theo chiều cao và dạng bề mặt.  $K_{zt}$  và  $K_d$  lần lượt là hệ số kể đến sự ảnh hưởng của điều kiện địa hình và sự thay đổi của hướng gió. Từ công thức trên, dựa trên giả thiết hướng gió thổi vuông góc với hình chiếu đứng mặt dốc của địa hình đang xét ( $K_d = 1$ ), vận tốc gió  $\hat{V}_z$  tại độ cao z sẽ được tính toán theo công thức:

$$\hat{V}_z = \sqrt{K_z K_{zt} \hat{V}_{10}^2} = \sqrt{K_z K_{zt}} \cdot \hat{V}_{10} = \hat{M}_{zt} \cdot \hat{V}_{10} \quad (b.2)$$

ASCE/SEI 7 chỉ dẫn xác định  $K_z$  như sau:

$$\text{Khi } z \leq 4.6 \text{ m, } K_z = 2.01 \left( \frac{4.6}{z_g} \right)^\alpha \quad (b.3)$$

$$\text{Khi } 4.6 \text{ m} \leq z \leq z_g, K_z = 2.01 \left( \frac{z}{z_g} \right)^\alpha \quad (b.4)$$

ở đây,  $\alpha$  và  $z_g$  lần lượt là hệ số hàm số mũ và chiều cao tính toán của lớp biên của khí quyển. Các tham số này được cho theo bảng 1.

**Bảng 1.** Các tham số điều kiện bề mặt địa hình (lấy từ bảng 6-2 của ASCE/SEI 7-05)

Dạng bề mặt địa hình	$\alpha$	$z_g$ (m)
B	7.0	366
C	9.5	274
D	11.5	213

Hệ số điều kiện địa hình  $K_{zt}$  được xác định theo công thức sau đây:

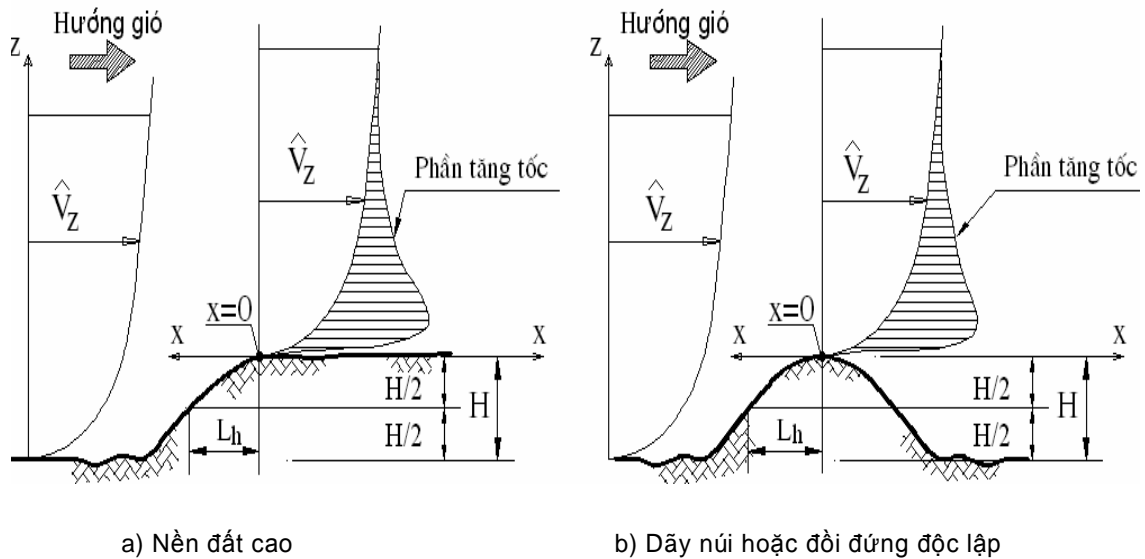
$$K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2 \quad (b.5)$$

$K_1$  có thể được xác định theo bảng 2,  $K_2$  và  $K_3$  lần lượt là các tham số kể đến sự suy giảm ảnh hưởng của địa hình theo phương ngang và theo chiều cao.

$$K_2 = \left(1 - \frac{|x|}{\mu \cdot L_h}\right) \quad (b.6)$$

$$K_3 = e^{\frac{-\gamma \cdot z}{L_h}} \quad (b.7)$$

Trong đó,  $x$  là khoảng cách tính từ đỉnh dốc của địa hình đến công trình và  $L_h$  là chiều dài theo phương ngang tính từ đỉnh dốc tới vị trí mặt dốc có chiều cao bằng  $H/2$ .  $H$  là chiều cao của địa hình (xem hình 2). Các tham số  $\mu$  và  $\gamma$  phụ thuộc vào đặc điểm địa hình, bề mặt đất xung quanh và được xác định theo bảng 2.



**Hình 2.** Các đặc trưng của điều kiện địa hình (ASCE/SEI 7-05)

**Bảng 2.** Xác định các tham số kể đến sự gia tăng vận tốc gió của các điều kiện địa hình (lấy từ hình 6-4 của ASCE/SEI 7-05)

Điều kiện địa hình	$\frac{K_1}{(H/L_h)}$			$\gamma$	$\mu$	
	Dạng bề mặt				Phía trước đỉnh địa hình	Phía sau đỉnh địa hình
	B	C	D			
Rặng núi (hoặc thung lũng H lấy dấu âm)	1.30	1.45	1.55	3	1.5	1.5
Nền đất cao	0.75	0.85	0.95	2.5	1.5	4
Đồi đứng độc lập	0.95	1.05	1.15	4	1.5	1.5

Đối với những địa hình có độ dốc lớn hơn 25% hay  $H/L_h > 0.5$ , sự gia tăng vận tốc gió không còn phụ thuộc vào sự thay đổi của góc dốc. Khi đó,  $L_h$  được thay bằng  $2H$  để xác định  $K_1$ ,  $K_2$  và  $K_3$ . Nguyên nhân là do khi độ dốc lớn, dòng chảy không khí không thẳng nổi áp lực mỗi lúc một lớn khi đến gần đến mặt dốc, bóng khí hay còn gọi là sự phân tách hình thành trước mặt dốc tạo một vùng đệm để dòng chảy vượt qua. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra sự hình thành bóng khí bắt đầu khi độ dốc lớn hơn 25-30%.

### 2.3.Theo Tiêu chuẩn AS/NZS 1170.2: 2002

Không giống với ASCE/SEI 7-05, AS/NZS 1170.2:2002 bỏ qua đặc điểm kích thước nhỏ của đồi theo phương ngang vuông góc với hướng gió, coi ảnh hưởng của đồi và rặng núi đến sự tăng vận tốc của gió là như nhau. AS/NZS 1170.2 cũng chưa quy định chi tiết về các yêu cầu bề mặt đất trước hướng gió và của bản thân các yếu tố địa hình.

Vận tốc gió thiết kế cơ bản  $\hat{V}_{10}$  là vận tốc gió giật lớn nhất 3 giây xảy ra trong một giờ tại độ cao 10 m so với mặt đất trong loại bề mặt mở và bằng phẳng. Khi đó, vận tốc gió tại độ cao  $z$  bất kỳ,  $V_z$ , được tính qua  $\hat{V}_{10}$  như sau:

$$V_z = (M_{z,cat} * M_t) * \hat{V}_{10} = \hat{M}_{zt} * \hat{V}_{10} \quad (c.1)$$

Trong đó,  $M_{z,cat}$  là hệ số kể đến sự thay đổi vận tốc gió theo độ cao và dạng bề mặt địa hình, tương đương với căn bậc hai của hệ số kể đến sự thay đổi áp lực gió theo độ cao và dạng bề mặt địa hình,  $K_{zt}$ , trong ASCE/SEI 7-05.  $M_t$  là hệ số kể đến sự ảnh hưởng tăng vận tốc gió của các đặc điểm địa hình. Trong thực tế thiết kế, giá trị của  $M_{z,cat}$  có thể dễ dàng lấy theo Bảng 4.1(A) và 4.1(B) trong tiêu chuẩn AS/NZS 1170.2:2002. Về bản chất,  $M_{z,cat}$  là tỷ số giữa vận tốc gió giật tại độ cao  $z$ , thường lớn hơn 3 hoặc 5 mét trên mặt đất, và vận tốc gió giật tại độ cao 10 mét trong loại bề mặt địa hình số 2, theo phân loại của AS/NZS 1170.2:2002 thì loại bề mặt này gồm mặt nước, đồng cỏ và những bề mặt có rất ít hoặc vật cản thưa thớt có độ cao từ 1.5 tới 10 mét. Như vậy,  $\hat{M}_{zt}$  có thể được thiết lập theo công thức:

$$\hat{M}_{zt} = \frac{\hat{V}_z}{\hat{V}_{10}} \quad (c.2)$$

Theo mô hình phân phối vận tốc gió trong lớp biên khí quyển của Deaves và Harris (1978), vận tốc gió trung bình theo giờ tại độ cao  $z$ ,  $\bar{V}_z$ , được xác định bằng công thức dưới đây:

$$\bar{V}_z = \frac{u^*}{0.4} \left[ \log_e \left( \frac{z}{z_0} \right) + 5.75 \left( \frac{z}{z_g} \right) - 1.88 \left( \frac{z}{z_g} \right)^2 - 1.33 \left( \frac{z}{z_g} \right)^3 + 0.25 \left( \frac{z}{z_g} \right)^4 \right] \quad (c.3)$$

Trong đó,  $u^*$  được gọi là vận tốc ma sát tính bằng m/s,  $z_0$  là chiều dài đặc trưng của độ nhám bề mặt địa hình tính bằng m và chiều cao lớp biên khí quyển,  $z_g$ , tính theo công thức:

$$z_g = \frac{u^*}{0.0006} \quad (c.4)$$

Deaves và Harris đã thiết lập quan hệ giữa vận tốc gió giật  $\hat{V}_z$  và vận tốc gió TB theo giờ  $\bar{V}_z$  như sau:

$$\hat{V}_z = \bar{V}_z \left[ 1 + 3.7 \left( \frac{\sigma_v}{\bar{V}_z} \right) \right] \quad (c.5)$$

ở đây,  $\sigma_v$  là độ lệch chuẩn của thành phần vận tốc gió giật và được xác định theo:

$$\sigma_v = 2.63 \eta (u^*) \left[ 0.538 + 0.09 \log_e \left( \frac{z}{z_0} \right) \right]^{\eta^{16}} \quad (c.6)$$

$$\eta = 1 - \frac{z}{z_g} \quad (c.7)$$

Khi độ dốc trung bình,  $i = H/(2L_u)$ , của điều kiện địa hình lớn hơn hoặc bằng 5%, vận tốc gió bị ảnh hưởng đáng kể và  $M_h$  được tính như sau:

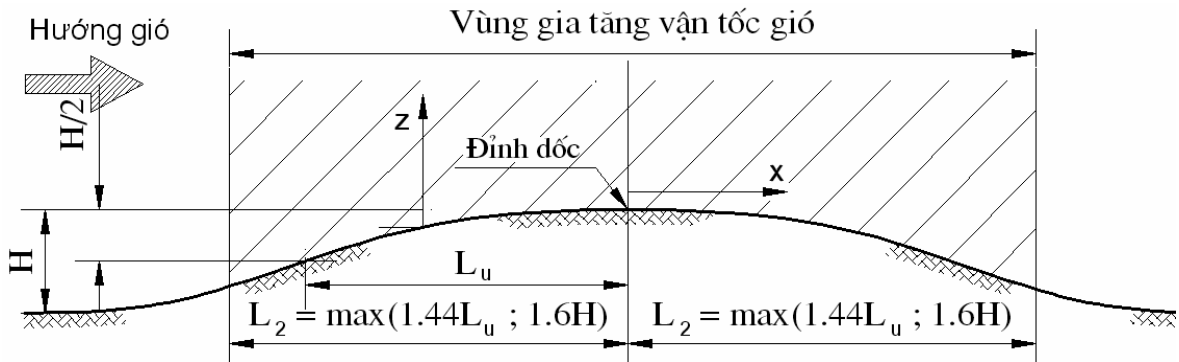
$$M_h = 1 + \left( \frac{H}{3.5(z + L_1)} \right) \cdot \left( 1 - \frac{|x|}{L_2} \right) \quad (c.8)$$

Trường hợp  $i \geq 0.45$ , một vùng phân tách nhỏ hình thành tại đỉnh đỉnh địa hình như hình 3(c). Trong vùng

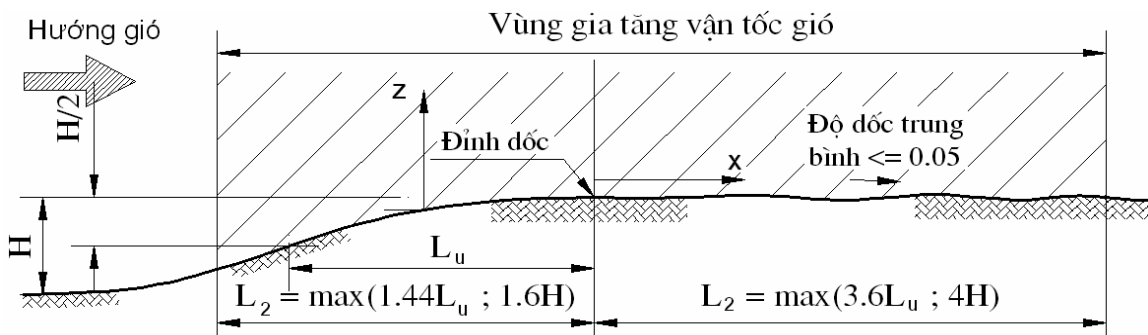
này,  $M_h$  được tính theo :

$$M_h = 1 + 0.71 \left[ 1 - \frac{|x|}{L_2} \right] \quad (c.9)$$

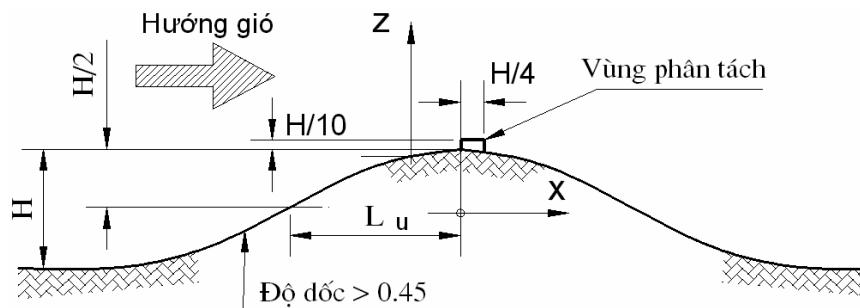
Trong đó,  $L_1$  được lấy theo giá trị lớn hơn trong hai số hạng  $0.36L_u$  và  $0.4H$ ;  $L_u$  tương đương với  $L_h$  trong ASCE/SEI 1170.2:2002. Các tham số khác được xác định theo hình 3(a), 3(b) và 3(c).



Hình 3(a). Ảnh hưởng gia tăng vận tốc gió của đồi và dãy núi (AS/NZS 1170.2:2002)



Hình 3(b). Ảnh hưởng gia tăng vận tốc gió của nền đất cao (AS/NZS 1170.2:2002)



Hình 3(c). Ảnh hưởng của địa hình có dốc lớn (AS/NZS 1170.2:2002)

### 3. So sánh về mặt phương pháp

Tiêu chuẩn Tải trọng và tác động của Việt Nam, TCVN 2737-95, mới chỉ đưa ra chỉ dẫn tính toán áp lực gió có kể đến ảnh hưởng của yếu tố công trình đặt trên nền đất cao. Tuy nhiên, quan niệm hạ thấp mặt đất thực tế để nâng cao chiều cao tính toán tải trọng gió trong tiêu chuẩn TCVN 2737-95 là chưa chính xác. Bởi theo quan niệm này, đường cong thể hiện sự thay đổi của vận tốc gió theo chiều cao có ảnh hưởng của địa hình và không có ảnh hưởng của địa hình sẽ song song với nhau. Như vậy, ảnh hưởng của địa hình đến sự gia tăng vận tốc gió không có sự suy giảm theo chiều cao. Trong khi đó, từ nhiều nghiên cứu thực nghiệm, tiến sỹ John D. Holmes đã chỉ ra rằng sự gia tăng vận tốc gió lớn nhất ở gần mặt đất và giảm dần theo chiều cao [Holmes (2001), trang 61].

Tiêu chuẩn ASCE/SEI 7-05 đã chỉ dẫn rất chi tiết về cách xác định vận tốc gió giật có ảnh hưởng của điều kiện địa hình. Điều kiện mặt đất xung quanh và đặc điểm bản thân mỗi điều kiện địa hình cũng được quy định cụ thể. Như trong bảng 2, ASCE/SEI 7-05 quy định dạng bề mặt ở hướng gió trước mỗi điều kiện địa hình có ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu ứng gia tăng vận tốc gió. Trong khi đó, AS/NZS 1170.2: 2002 và TCVN 2737-95 chưa đề cập đến dạng bề mặt ở trước hướng gió của các điều kiện địa hình. Thêm vào đó chỉ có tiêu chuẩn ASCE/SEI 7-05 đề cập đến ảnh hưởng của đồi, núi đứng độc lập đến sự gia tăng vận tốc gió.

Khi độ dốc của các điều kiện địa hình nhỏ hơn độ dốc giới hạn dưới, sự gia tăng vận tốc gió coi như không đáng kể. Theo tiêu chuẩn châu Âu CEN TC 250, sự gia tăng vận tốc gió dưới 5% coi như không đáng kể. Khi độ dốc địa hình lớn hơn độ dốc giới hạn trên, bóng khí hình thành phía trước mặt dốc của mỗi điều kiện địa hình khi dòng không khí đi qua và khi đó vận tốc gió không còn phụ thuộc vào sự thay đổi của độ dốc địa hình. Tuy nhiên, quan niệm về độ dốc giới hạn theo mỗi tiêu chuẩn rất khác nhau. Tiêu chuẩn Nhật Bản AIJ: 2004 quan niệm độ dốc giới hạn trên có thể lên đến 173.2%, và khi độ dốc địa hình lớn hơn 30% Tiêu chuẩn Việt Nam mới xét đến sự gia tăng vận tốc gió, trong khi tất cả các tiêu chuẩn khác là dưới 13.2% như trong bảng 3.

**Bảng 3. Độ dốc giới hạn theo các tiêu chuẩn**

Tiêu chuẩn	AIJ: 2004	ASCE/SEI 7	AS/NZS 1170.2	CEN TC 250	TCVN 2737
Giới hạn dưới	13.2%	10%	5%	5%	30%
Giới hạn trên	173.2%	25%	45%	30%	NA <sup>(*)</sup>
Ghi chú: <sup>(*)</sup> NA nghĩa là chưa có quy định rõ ràng					

Không chỉ là khác nhau lớn về độ dốc giới hạn, các tiêu chuẩn đưa ra các chỉ dẫn rất khác nhau về vùng ảnh hưởng gây tăng vận tốc gió bên trên các điều kiện địa hình như liệt kê trong Bảng 4. Như vậy, cần phải có thêm những nghiên cứu thêm về mô hình địa hình trong hầm gió để xác định góc dốc giới hạn và thống nhất về vùng ảnh hưởng.

**Bảng 4. Vùng gia tăng vận tốc gió theo các tiêu chuẩn**

Tiêu chuẩn	Nền đất cao				Rặng núi			
	Độ dốc thấp <sup>(*)</sup>		Độ dốc cao <sup>(**)</sup>		Độ dốc thấp <sup>(*)</sup>		Độ dốc cao <sup>(**)</sup>	
	UW	DW	UW	DW	UW	DW	UW	DW
AIJ: 2004	4.0H	8.0H	4.0H	8.0H	4.0H	8.0H	4.0H	8.0H
ASCE/SEI 7	1.0L <sub>h</sub>	4.0L <sub>h</sub>	1.0L <sub>h</sub>	8.0H	1.0L <sub>h</sub>	0.5L <sub>d</sub>	1.0L <sub>h</sub>	0.5L <sub>d</sub>
AS/NZS 1170.2	1.4L <sub>h</sub>	3.6L <sub>h</sub>	1.6H	4.0H	1.4L <sub>h</sub>	1.4L <sub>h</sub>	1.6H	1.6H
CEN TC 250	1.0L <sub>h</sub>	3.0L <sub>h</sub>	1.7H	5.0H	1.0L <sub>h</sub>	0.5L <sub>d</sub>	1.7H	1.6H
TCVN 2737	NA	NA	2.0L <sub>h</sub>	4.0H	NA	NA	NA	NA

**Ghi chú:**

- <sup>(\*)</sup> & <sup>(\*\*)</sup> Địa hình có độ dốc thấp khi độ dốc nhỏ hơn độ dốc giới hạn trên, địa hình có độ dốc cao là địa hình có độ dốc lớn hơn độ dốc giới hạn trên
- UW: Trước đỉnh dốc; DW: Sau đỉnh dốc
- H: Chiều cao của điều kiện địa hình, và L<sub>d</sub> chiều dài nằm ngang của mặt dốc phía khuất gió của

rặng núi

4.  $L_h$  là một nửa chiều dài nằm ngang của mặt dốc trước hướng gió đối với TCVN 2737 và CEN TC 250. Đối với các tiêu chuẩn còn lại  $L_h$  là chiều dài nằm ngang tính từ đỉnh dốc tới mặt dốc phía đón gió nơi có độ cao bằng  $H/2$ .
5. NA: không có chỉ định.

So sánh các tiêu chuẩn, mô hình tính toán được sử dụng cũng rất khác nhau. TCVN 2737-95 sử dụng mô hình giản đơn và bỏ qua ảnh hưởng của địa hình có độ dốc dưới 30%. Sự suy giảm ảnh hưởng của địa hình đến vận tốc gió theo phương đứng được biểu diễn bằng hàm số mũ trong ASCE/SEI 7-05 được thay thế bằng dạng hàm hyperbol trong AS/NZS 1170.2:2002. Điểm chung là cả hai tiêu chuẩn này đều đưa ra sự suy giảm ảnh hưởng theo phương ngang dưới dạng hàm tuyến tính đối với  $x$ .

#### 4. Một số ví dụ

Sử dụng 3 tiêu chuẩn khác nhau để đánh giá sự gia tăng vận tốc gió giật tại vị trí cách đỉnh dốc 10 m theo chiều gió trên các điều kiện địa hình có chiều cao 50 m so với mặt đất xung quanh. Dạng bề mặt phía hướng gió của địa hình là tương đối trống trải, có vật cản thưa thớt cao không quá 10m. Đây được xem như địa hình dạng B trong TCVN 2737-95, bề mặt dạng C theo ASCE/SEI 7-05 và bề mặt loại 2 theo AS/NZS 1170.2: 2002. Hướng gió được xem như vuông góc với hình chiếu đứng của mặt dốc. Phần lớn các công trình có chiều cao nhỏ hơn 200 m, do vậy, sự gia tăng vận tốc gió giật được xét dưới độ cao này. Tính toán vận tốc gió giật theo 3 tiêu chuẩn trên dẫn đến quan hệ giữa tỷ số địa hình gió giật  $\hat{M}_{z_i}$  và tỷ số  $z/H$  sẽ được thể hiện ở hình 4.1 đến hình 4.4.

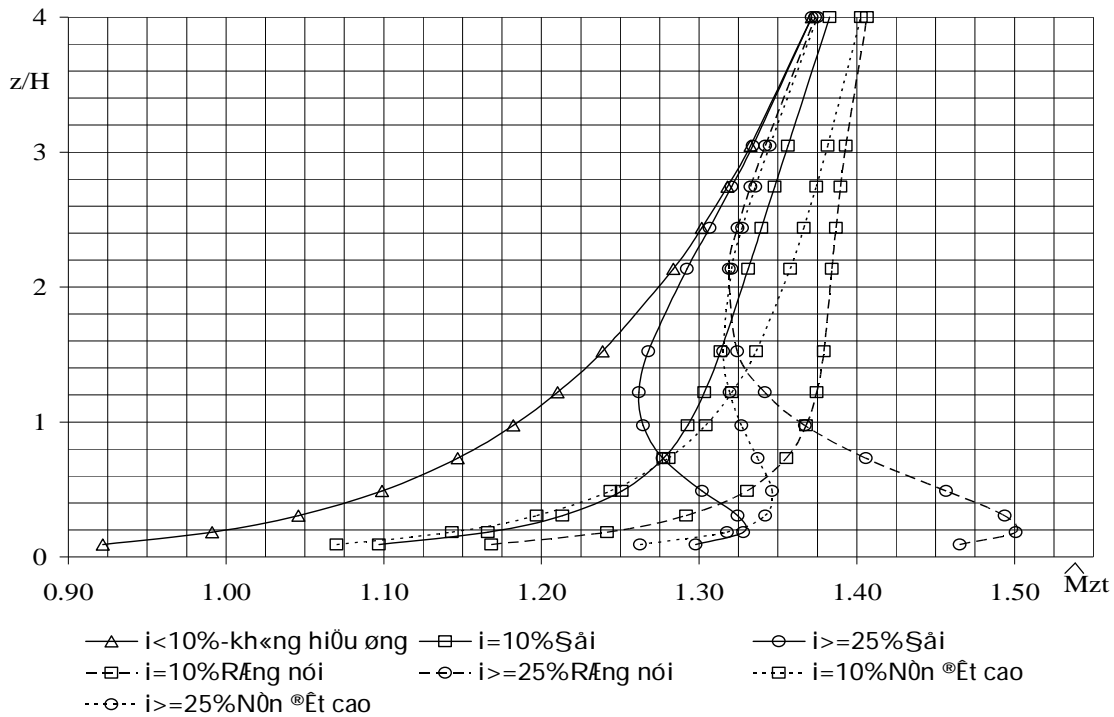
##### *Phân tích:*

Hình 4.1 thể hiện sự thay đổi của vận tốc gió theo chiều cao chịu ảnh hưởng của các điều kiện địa hình khi sử dụng tiêu chuẩn ASCE/SEI 7-05. Khi độ dốc địa hình thay đổi các đường cong thay đổi và cắt nhau. Khi tỷ số  $z/H$  nhỏ hơn 1, tốc độ gió tăng tỷ lệ thuận với độ dốc cho tới độ dốc giới hạn trên. Tuy nhiên, khi tỷ số  $z/H$  lớn hơn 1, tốc độ gió lại tỷ lệ nghịch với độ dốc. Do đó, trong trường hợp này sự gia tăng vận tốc gió không tỷ lệ với độ dốc địa hình. Khi độ dốc nhỏ, xấp xỉ 10%, hiệu ứng gia tăng tốc độ gió của điều kiện địa hình đồi và nền đất cao khá giống nhau, rặng núi rõ ràng có ảnh hưởng lớn nhất đến sự gia tăng tốc độ gió. Đối với địa hình có độ dốc lớn,  $i \geq 25\%$ , đồi và nền đất cao có cùng mức độ ảnh hưởng khi  $z/H \leq 0.3$ , ở độ cao lớn hơn ảnh hưởng của nền đất trở nên lớn hơn. Khi độ dốc cao,  $\hat{M}_{z_i}$  ở gần mặt đất do ảnh hưởng của rặng núi lớn hơn do ảnh hưởng của đồi và nền đất cao lên đến 13%. Nhìn chung, ảnh hưởng của địa hình đến sự gia tăng vận tốc gió suy giảm theo chiều cao và gần như biến mất ở độ cao bằng 4 lần chiều cao của điều kiện địa hình. Các đường cong thể hiện sự thay đổi vận tốc gió theo chiều cao do ảnh hưởng của điều kiện địa hình xấp xỉ rất lộn xộn. Thêm vào đó, một khoảng trống khá lớn tồn tại giữa đường cong thể hiện sự thay đổi vận tốc gió theo chiều cao không có ảnh hưởng của điều kiện địa hình và đường cong bắt đầu có ảnh hưởng của điều kiện địa hình. Điều này chứng tỏ, những điều kiện địa hình có độ dốc nhỏ hơn độ dốc giới hạn dưới của tiêu chuẩn này có thể có những ảnh hưởng đáng kể đến sự thay đổi của vận tốc gió.

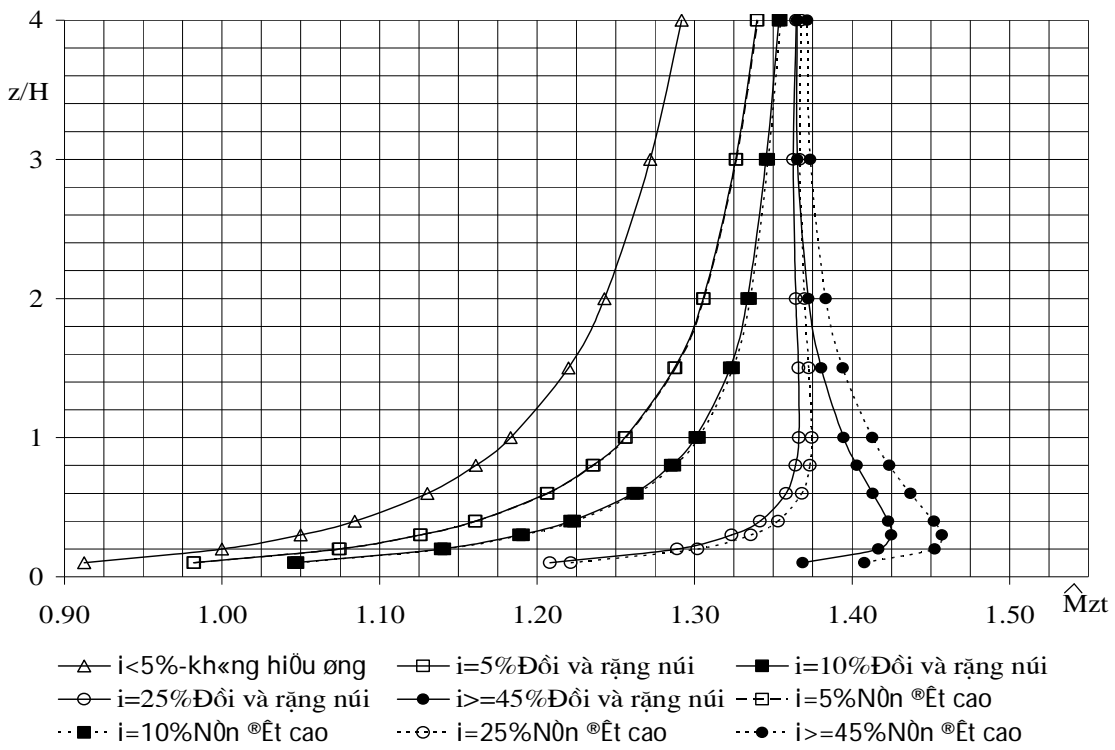
Hình 4.2 là kết quả từ tính toán theo tiêu chuẩn AS/NZS 1170.2: 2002, các đường cong sắp xếp khá trật tự. Nói chung, ảnh hưởng của địa hình suy giảm khá đều đặn theo chiều cao. Tuy nhiên đối với những điều kiện địa hình có độ dốc nhỏ, ảnh hưởng này dường như không suy giảm theo chiều cao. Các loại điều kiện địa hình hầu như có cùng mức độ ảnh hưởng đến sự thay đổi vận tốc gió. Trong khi, ASCE/SEI 7-05 đã chỉ ra ảnh hưởng suy giảm rất nhanh theo chiều cao và tốc độ gió trên rặng núi có thể lớn hơn tốc độ gió trên nền đất cao tới 13% vận tốc gió giật cơ bản như trong hình 4.1 tại chiều cao  $z \approx 0.2H$ . Ngoài ra, một khoảng trống khá lớn giữa đường cong không có ảnh hưởng của địa hình và đường cong có ảnh hưởng của địa hình với độ dốc 5%. Khoảng trống này thậm trí lớn hơn khoảng trống giữa địa hình có độ dốc 5% và 10%. Do đó, ảnh hưởng của địa hình có độ dốc thấp hơn 5% có thể rất đáng quan tâm.

Ảnh hưởng của những rặng núi có độ dốc cao đến vận tốc gió khác nhau khá lớn giữa tiêu chuẩn ASCE/SEI 7-05 và AS/NZS 1170.2: 2002: vận tốc gió trên rặng núi có độ dốc 25% theo ASCE/SEI 7-05 tại  $z = 0.2H$  lớn hơn  $0.20\hat{V}_{10}$  theo AS/NZS 1170.2: 2002 như ở hình 4.3. Điều này dẫn đến áp lực gió tính theo ASCE/SEI 7-05 cao hơn 40% tính theo AS/NZS 1170.2: 2002 ở độ cao này. Trên độ cao  $z = 0.2H$ , ảnh hưởng của địa hình tính theo ASCE/SEI 7-05 suy giảm rất nhanh và tới độ cao  $z = H$  thì thấp hơn so với AS/NZS 1170.2: 2002.

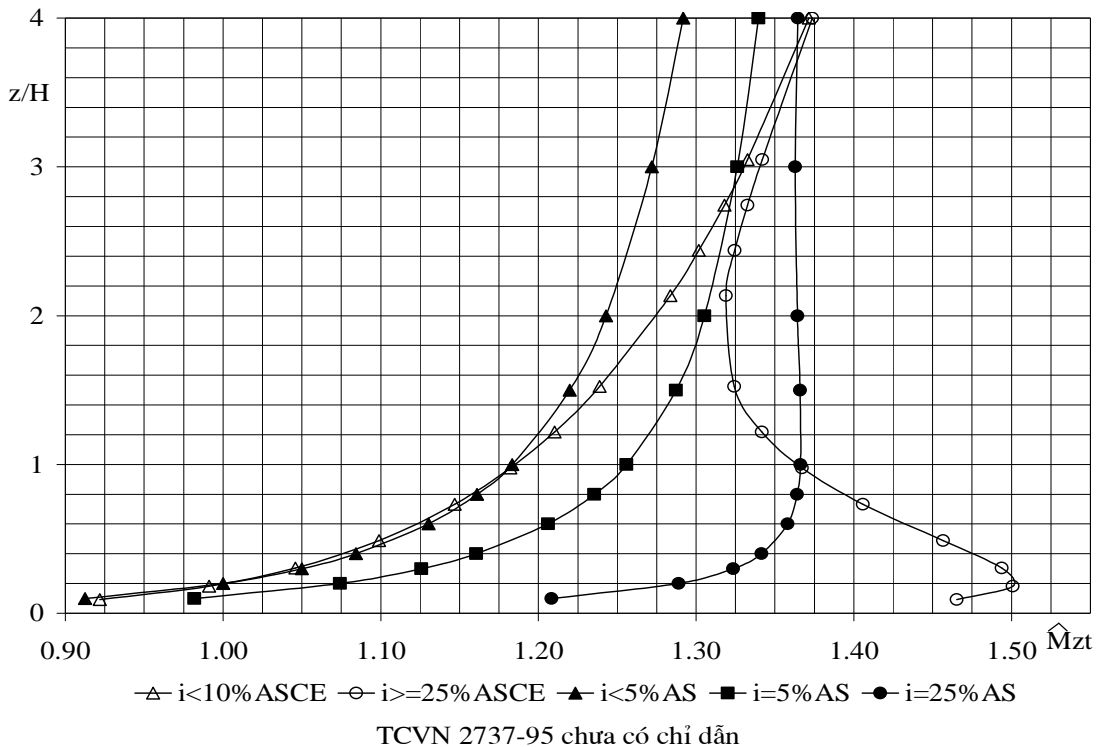
Hình 4.4 cho thấy kết quả tính toán sự thay đổi vận tốc gió theo chiều cao theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 2737-95 và theo tiêu chuẩn Australia AS/NZS 1170.2: 2002 khá giống nhau khi không kể đến ảnh hưởng của các điều kiện địa hình. Tuy nhiên, TCVN 2737-95 chưa đề cập đầy đủ đến ảnh hưởng của điều kiện địa hình đến vận tốc gió như các tiêu chuẩn về gió khác, mà chỉ đề cập đến việc gia tăng áp lực gió lên những công trình đặt trên nền đất cao. Hình 4.4 thể hiện sự thay đổi vận tốc gió giật do ảnh hưởng nền đất cao có mặt dốc nhỏ hơn 30%, bằng 45% và lớn hơn 200% tính toán theo TCVN 2737-95. So sánh với kết quả thu được từ ASCE/SEI 7-05 và AS/NZS 1170.2: 2002 như ở hình 4.4, độ dốc giới hạn dưới trong TCVN 2737-95 của nền đất cao quá lớn, nên đối với những nền đất cao có mặt dốc nhỏ hơn 30%, vận tốc gió tính theo TCVN 2737-95 rất thấp với 2 tiêu chuẩn còn lại. Theo hình 4.4, tại độ cao  $z = 0.5H$  vận tốc gió giật tính theo TCVN 2737-95 của địa hình có mặt dốc 30% thấp hơn tính theo tiêu chuẩn ASCE/SEI 7-05 là 20%, dẫn đến áp lực gió tính toán thấp hơn 46%. TCVN 2737-95 cho thấy ảnh hưởng của địa hình có mặt dốc 45% và 200% đến sự thay đổi vận tốc gió là gần như nhau, chênh lệch không đáng kể. Khi mặt dốc của nền đất cao lớn hơn 200%, tại độ cao  $z \approx 0.4H$ , vận tốc gió tính theo TCVN 2737-95 thấp hơn ASCE/SEI 7-05 đến 13% và thấp hơn AS/NZS 1170.2: 2002 đến 19%, tương ứng dẫn tới áp lực gió tính toán sẽ thấp hơn hai tiêu chuẩn này là 28% và 42%. Như vậy, tính toán áp lực gió cho công trình gần đỉnh dốc nền đất cao theo TCVN 2737-95 là rất thiếu an toàn so với ASCE/SEI 7-05 và AS/NZS 1170.2: 2002.



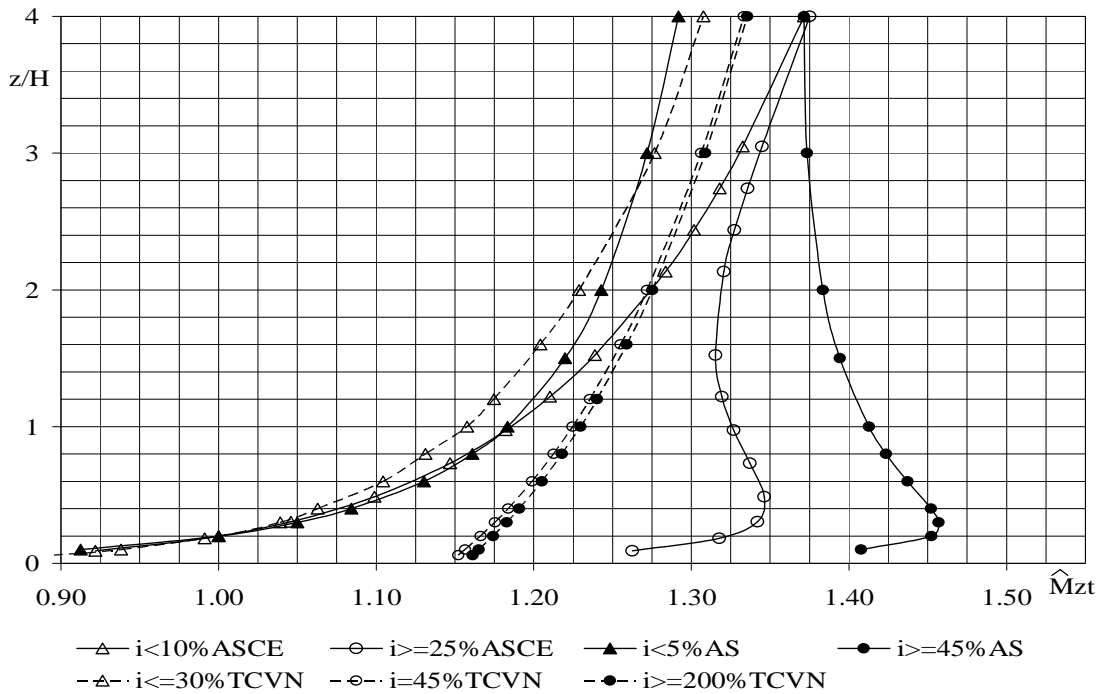
**Hình 4.1.** Gia tăng vận tốc gió trên các điều kiện địa hình theo ASCE/SEI 7-05



Hình 4.2. Gia tăng vận tốc gió trên các điều kiện địa hình theo AS/NZS 1170.2: 2002



Hình 4.3. Sự gia tăng vận tốc gió khi qua các rặng núi theo các tiêu chuẩn



Hình 4.4. Gia tăng vận tốc gió trên các nền đất cao

## 5. Kết luận

Sự ảnh hưởng của điều kiện địa hình đến sự gia tăng vận tốc gió đã được trình bày theo ASCE/SEI 7-05 và AS/NZS 1170.2: 2002. Phương pháp tính toán áp lực gió cho công trình trên nền đất cao theo TCVN 2737-95 được phân tích và so sánh với những phương pháp trong ASCE/SEI 7-05 và AS/NZS 1170.2: 2002. Người thiết kế có thể tham khảo tính toán áp lực gió cho những công trình ở những địa hình phức tạp.

TCVN 2737-95 chưa đưa ra chỉ dẫn về tính toán áp lực gió cho công trình trên các điều kiện địa hình như đồi và rặng núi. Mô hình tính toán áp lực gió cho công trình trên nền đất cao chưa được thích hợp: ảnh hưởng của địa hình đến sự gia tăng áp lực gió lên công trình không suy giảm theo chiều cao; độ dốc giới hạn dưới 30%, bắt đầu kể đến sự gia tăng áp lực gió, quá cao dẫn đến áp lực gió tính toán theo TCVN 2737-95 quá thấp so với áp lực gió tính toán theo các tiêu chuẩn còn lại. Tiêu chuẩn TCVN 2737-95 cần phải được bổ sung và sửa đổi để đưa ra chỉ dẫn cụ thể cho việc xác định áp lực gió cho công trình đặt trên các điều kiện địa hình phức tạp.

Tiêu chuẩn Hoa kỳ ASCE/SEI 7-05 đưa ra chi dẫn rất chi tiết để xác định hệ số kể đến ảnh hưởng của các điều kiện địa hình. Tuy nhiên, kết quả thu được đã chỉ ra rằng tiêu chuẩn tồn tại sự bất hợp lý. Đó là khi độ dốc phía đón gió của địa hình thay đổi, các đường cong thể hiện sự thay đổi vận tốc gió theo chiều cao giao nhau. Sự gia tăng vận tốc gió không tỷ lệ với sự thay đổi của độ dốc địa hình. Như vậy, hệ số kể đến sự thay đổi độ dốc phía đón gió của địa hình đến sự gia tăng vận tốc gió,  $K_1$ , cần phải được xem xét lại.

Các đường cong thể hiện sự thay đổi vận tốc gió theo chiều cao trên các điều kiện địa hình được sắp xếp rất đều đặn theo tiêu chuẩn Australia AS/NZS 1170.2: 2002. Tiêu chuẩn này quy định góc dốc địa hình tối thiểu khá thấp 5% để kể đến sự gia tăng vận tốc gió. Tính toán theo tiêu chuẩn này chỉ ra các loại địa hình khác nhau có ảnh hưởng gần như nhau tới sự gia tăng vận tốc gió. Trong khi đó, theo tiêu chuẩn Hoa kỳ sự gia tăng vận tốc gió gần mặt đất do ảnh hưởng của rặng núi có thể cao hơn 10% do ảnh hưởng của địa hình đồi độc lập. Công thức xác định hệ số kể đến ảnh hưởng địa hình  $M_h$  rất có thể phải xoát xét lại và thiết lập riêng cho địa hình đồi độc lập và địa hình rặng núi.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. American Society of Civil Engineers. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. ASCE Standard, ASCE/SEI 7-05. New York: ASCE, 2005.
2. Architectural Institute of Japan. AIJ Recommendations for Loads on Buildings. Japan. 2004.
3. Cook, N. J. The Atmospheric Boundary Layer. The designer's guide to wind loading of building structures-Part 1. Great Britain: Butterworths. 1985.

4. Deaves, D.M. and Harris, R.I. A Mathematical Model of the Structure of Strong Winds. CIRIA Rep. No. 76. Construction Industry Research and Information Association. London. 1978.
5. European Commission. Eurocode 1: Actions on structures -Part 1-4: General actions – Wind actions. European Standard, CEN TC 250: 2002.
6. Holmes, J. D. The Atmospheric Boundary Layer and Wind Turbulence. Wind Loading of Structures. The USA and Canada: Spon Press, 2001.
7. Standards Association of Australia. SAA Loading Code, Part 2: Wind Loads. Australian Standard, AS 1170.2-1989. Australia: Standards Australia, 1989.
8. Standards Association of Australia. SAA Loading Code, Part 2: Wind Loads. Australian Standard, AS 1170.2:2002. Australia: Standards Australia, 2002.
9. TCVN 2737:1995. Tải trọng và tác động, *Hà Nội*, 1995.
10. Yuan, Q. L., Xia, J., Zhen, J. L., & Tamura, Y. Comparison on Topographical Speed-up Effects on Wind Flow Provided by Main Load Codes/Specifications for Design of Building Structures. The Sixth Asia-Pacific Conference on Wind Engineering: 318-328. Korea: APCWE-VI, 2005.