

ĐÁNH GIÁ GIA TỐC ĐỈNH CỦA NHÀ CAO TẦNG DO GIÓ GÂY RA THEO TIÊU CHUẨN MỸ ASCE 7-22

PEAK WIND INDUCED ACCELERATION ASSESSMENT OF TALL BUILDINGS ACCORDING TO ASCE7-22

TS. Phùng Thị Hoài Hương - Giảng viên, Khoa Xây dựng, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội*
Email: huongpth@hau.edu.vn, Điện thoại: 0984394808

Tóm tắt: Bài báo trình bày tính toán gia tốc do gió gây ra cho nhà cao tầng theo tiêu chuẩn ASCE 7-22 [1]. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đánh giá giới hạn gia tốc phục vụ kiểm soát trạng thái sử dụng của công trình theo các tiêu chí tiện nghi được đề xuất trong ISO 10137:2007 [2] và các hướng dẫn thiết kế của ASCE (2019) [3]. Phương pháp được áp dụng để kiểm tra độ tiện nghi do gió gây ra cho một công trình nhà bê tông cốt thép 23 tầng tại Hà Nội. Kết quả cho thấy gia tốc dao động tính toán của công trình thỏa mãn các giới hạn cho phép về tiện nghi sử dụng, đồng thời cho thấy việc cần thiết của việc xem xét tiêu chí gia tốc là cần thiết trong thiết kế nhà cao tầng tại Việt Nam.

Từ khóa: Gia tốc do gió; nhà cao tầng; tiện nghi sử dụng; thiết kế chịu gió theo hiệu năng; ASCE 7-22; ISO 10137.

1. Đặt vấn đề

Ngày nay nhà cao tầng được xây dựng rất phổ biến ở Việt Nam và trên Thế giới. Khi công trình càng cao thì mức độ ảnh hưởng của tải trọng vào công trình càng lớn, đặc biệt là ảnh hưởng của gió và tải trọng gió. Trong quá trình thiết kế kết cấu thường được thiết kế đảm bảo về mặt chịu lực, về giới hạn bề rộng vết nứt, về chuyển vị nhưng chưa có yêu cầu về kiểm tra độ tiện nghi hay mức độ phản ứng và cảm nhận của người sử dụng đối với dao động do gió của công trình.

Gia tốc dao động do gió gây ra tại các tầng trên cùng của nhà cao tầng là một chỉ tiêu quan trọng phản ánh mức độ thoải mái của người sử dụng công trình. Nhiều nghiên cứu và thực tế khai thác cho thấy, mặc dù kết cấu vẫn đảm bảo an toàn chịu lực, nhưng gia tốc dao động vượt quá giới hạn cho phép có thể gây cảm giác khó chịu, lo lắng, thậm chí ảnh hưởng đến khả năng làm việc và sinh hoạt của con người. Do đó, việc đánh giá và kiểm soát gia tốc đỉnh của nhà cao tầng dưới tác dụng của gió ngày càng được quan tâm trong thiết kế.

Đánh giá gia tốc gió cho nhà cao tầng đã được đề cập trong một số tiêu chuẩn trên thế giới như EN 1991-1-4[4], ISO 10137[2], ASCE[1,3] và các nghiên cứu của Biswas [5], Kareem [8], Simiu và

Abstract: This paper presents a procedure for calculating wind-induced acceleration responses of tall buildings in accordance with ASCE 7-22[1]. Based on this approach, acceleration limits for serviceability and occupant comfort are evaluated using the criteria proposed in ISO 10137:2007 [2] and the design guidelines provided by ASCE (2019) [3]. The proposed methodology is applied to assess wind-induced comfort for a 23-story reinforced concrete building located in Hanoi, Vietnam. The results indicate that the calculated acceleration responses satisfy the prescribed comfort limits, highlighting the importance of considering wind-induced acceleration criteria in the design of tall buildings in Vietnam.

Keywords: Wind-induced acceleration; high-rise buildings; occupant comfort; performance-based wind design; ASCE 7-22; ISO 10137.

các cộng sự [6]. Tại Việt Nam, Tiêu chuẩn TCVN 5574:2018 [10] đã đề cập đến ảnh hưởng của dao động và tiện nghi sử dụng đối với công trình chịu tác động của gió. Tuy nhiên, tiêu chuẩn này chưa đưa ra phương pháp tính toán cụ thể để xác định gia tốc dao động, cũng như chưa có các hướng dẫn chi tiết về mô hình tính toán, tham số gió và các tiêu chí đánh giá tiện nghi cho nhà cao tầng. Gần đây, tác giả Nguyễn Ngọc Bá [13] đã trình bày phương pháp tính toán và đánh giá gia tốc dao động của nhà cao tầng do gió theo tiêu chuẩn châu Âu EN 1991-1-4 kết hợp với ISO 10137.

So với EN1991 thì ASCE7 có nhiều điểm khác biệt, đồng thời tiêu chuẩn TCVN2737:2023 [11] mới được ban hành không có hướng dẫn và đánh giá về mức độ tiện nghi sử dụng và tính toán gia tốc dao động nhà cao tầng khi chịu tác động của gió. Tuy nhiên, cho đến nay, các nghiên cứu trong nước về đánh giá gia tốc dao động của nhà cao tầng do gió theo tiêu chuẩn ASCE 7-22 vẫn còn rất hạn chế và chưa được trình bày một cách hệ thống. Do đó, việc tiếp tục nghiên cứu và làm rõ phương pháp tính toán gia tốc đỉnh theo ASCE 7-22 là cần thiết. Trong phạm vi bài viết này tác giả trình bày các bước tính toán gia tốc đỉnh của nhà cao tầng bằng bê tông cốt thép do gió gây ra theo ASCE7-22.

2. Tiêu chí chấp nhận về gia tốc đối với nhà cao tầng chịu tải trọng gió

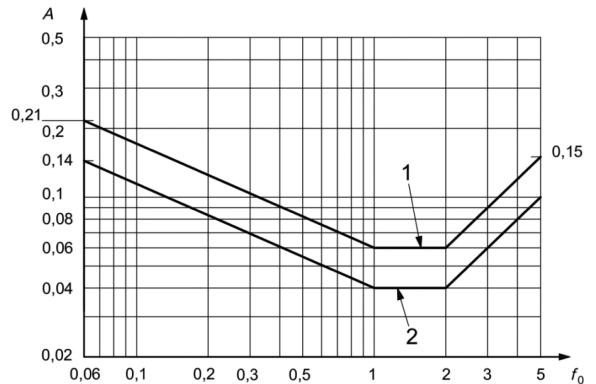
Trong thiết kế nhà cao tầng chịu tác dụng của gió, ngoài việc kiểm tra điều kiện an toàn chịu lực, việc đánh giá gia tốc dao động của công trình là cần thiết nhằm đảm bảo điều kiện tiện nghi cho người sử dụng. Việc kiểm tra gia tốc dao động trong trạng thái giới hạn sử dụng thường được thực hiện tại các sàn có cao độ lớn nhất, đặc biệt là các sàn đại diện cho từng khu chức năng sử dụng.

Theo tiêu chuẩn ISO 10137:2007 [2], tiêu chí chấp nhận gia tốc dao động phụ thuộc vào chức năng sử dụng công trình. Giới hạn gia tốc cho công trình nhà ở được quy định nghiêm ngặt hơn so với công trình văn phòng, với giá trị cho phép chỉ bằng khoảng 2/3 giới hạn áp dụng cho văn phòng. Do đó, đối với các công trình đa chức năng, việc đánh giá tiện nghi dao động cần được thực hiện riêng cho từng khu chức năng tại các sàn cao nhất tương ứng. Hình 1 thể hiện các đường giới hạn phản ánh mức độ nhạy cảm khác nhau của người sử dụng đối với công trình văn phòng và nhà ở ứng với chu kỳ lặp gió 1 năm. Các yêu cầu về gia tốc nghiêm ngặt nhất nằm trong khoảng tần số dao động từ 1 Hz đến 2 Hz, cho thấy ngay cả các công trình có chiều cao trung bình cũng cần được kiểm soát dao động do gió để thỏa mãn điều kiện giới hạn sử dụng.

Theo hướng dẫn trong ASCE MOP 143[5], và ASCE (2019) [3] gia tốc thường được kiểm tra với chu kỳ lặp trung bình 1 năm và 10 năm, được xây dựng trên cơ sở tiêu chuẩn quốc tế ISO 10137[2]. Trong đó, tiêu chí 1 năm được sử dụng phổ biến để đánh giá các dao động có khả năng xảy ra thường xuyên và liên quan trực tiếp đến cảm nhận của người sử dụng. Tiêu chí 10 năm có giá trị giới hạn gia tốc lớn hơn, xấp xỉ 1,6 lần so với mức 1 năm, phù hợp với các hướng dẫn được suy ra từ tiêu chuẩn ISO 6897:1984 [9] và được dùng để xem xét các sự kiện dao động hiếm hơn nhưng có cường độ lớn hơn.

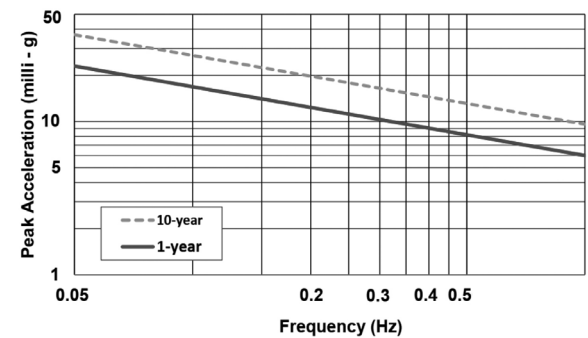
Hình 2a, và Hình 2b được trích dẫn từ ASCE (2019) [3] lần lượt thể hiện giới hạn gia tốc đỉnh đối với công trình văn phòng và công trình nhà ở được xác định cho hai mức chu kỳ lặp gió 1 năm và 10 năm. Biểu đồ thể hiện tương quan giữa gia tốc và tần số, giới hạn gia tốc đỉnh theo tiêu chí tiện nghi cho chu kỳ lặp 1 năm, có giá trị trong khoảng (6÷25 milli-g) (tương đương 0,059 ÷ 0,225 m/s²) đối với văn phòng, và giới hạn gia tốc tăng lên khoảng (4 ÷ 15 milli-g) (tương đương 0,039 ÷ 0,159 m/s²) ứng với nhà ở. Trong khi đối với chu kỳ lặp 10 năm gia tốc có giá trị có giá trị trong khoảng (9,6 ÷ 36,8 milli-g) (tương đương 0,094 ÷ 0,36 m/s²) đối với văn phòng, và giới hạn gia tốc tăng lên khoảng

(6,4 ÷ 25,6 milli-g) (tương đương 0,062 ÷ 0,25 m/s²) ứng với nhà ở, tùy thuộc vào tần số dao động riêng của công trình.

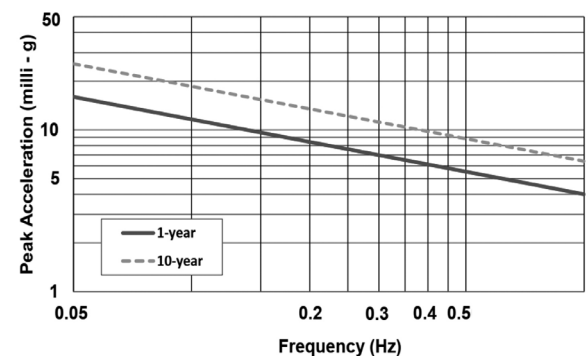


Hình 1. Các đường giới hạn về dao động do gió gây ra cho kết cấu nhà áp dụng đối với chu kỳ lặp 1 năm [theo ISO 10137:2007]

Ký hiệu: 1 - Đường giới hạn cho văn phòng, 2 - Đường giới hạn cho nhà ở, A - gia tốc đỉnh, m/s², f₀ - chu kỳ dao động tự nhiên đầu tiên của công trình theo phương tính toán, Hz



Hình 2a. Giới hạn gia tốc phụ thuộc tần số dùng để đánh giá mức độ tiện nghi của người sử dụng công trình dưới tác động của gió đối với nhà có công năng văn phòng [3]



Hình 2b. Giới hạn gia tốc phụ thuộc tần số dùng để đánh giá mức độ tiện nghi của người sử dụng công trình dưới tác động của gió đối với nhà có công năng nhà ở [3]

3. Tính toán gia tốc đỉnh cho nhà cao tầng bê tông cốt thép

3.1 Gia tốc đỉnh nhà cao tầng tại cao độ z

Theo phụ lục C của ASCE 7-22 [1], giá trị gia tốc đỉnh đặc trưng của công trình được xác định bằng

cách nhân độ lệch chuẩn $\sigma_x(z)$ tại cao độ đang xét với hệ số đỉnh g_x được xác định với tần số dao động tự nhiên của dao động theo phương đang xét, theo công thức C.26.11-4 của ASCE 7-22 [1] như sau:

$$\ddot{X}_{\max}(z) = g_x \sigma_x(z) \quad (1)$$

Độ lệch chuẩn $\sigma_x(z)$ và hệ số đỉnh g_x được xác định lần lượt theo các công thức (C26.11-2) và (C26.11-6) của tiêu chuẩn ASCE7 như sau:

$$\sigma_x(z) = \frac{0,85\phi(z) \cdot \rho \cdot B \cdot h \cdot C_{fx} \cdot \bar{V}_z^2}{m_1} I_z \cdot KR \quad (2)$$

$$g_x = \sqrt{2 \ln(n_1 T)} + \frac{0,5772}{\sqrt{2 \ln(n_1 T)}} \quad (3)$$

Trong đó:

ρ : khối lượng riêng của không khí, được lấy bằng $1,25 \text{ kN/m}^3$

B: bề rộng công trình (theo phương vuông góc với gió).

h: chiều cao công trình.

C_{fx} : hệ số lực khí động trung bình theo phương gió được lấy bằng 1,3

\bar{V}_z : vận tốc trung bình trong 1 giờ ở cao độ cao tham chiếu \bar{z} .

I_z : chỉ số cường độ gió rối tại cao độ tham chiếu \bar{z} .

K: hệ số được xác định theo bảng C26.11-1 của tiêu chuẩn ASCE7-22

R: phản ứng cộng hưởng.

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

T - thời gian để tính vận tốc gió trung bình trong ASCE7, $T = 3600$ giây (1 giờ).

m_1 : khối lượng tương đương tham gia dao động cơ bản theo hướng gió.

$\phi(z)$: dạng dao động theo hướng gió tại cao độ z được lấy theo C.26.11 như sau:

$$\phi(z) = \left(\frac{z}{h} \right)^\xi \quad (4)$$

Với ξ là số mũ trong hàm lũy thừa của dạng dao động, được lấy bằng 1 cho dao động cơ bản.

3.2 Vận tốc gió cơ sở

Vận tốc gió cơ sở V (m/s) là vận tốc gió 3s (lấy trung bình trong khoảng thời gian 3s) tại cao độ 10m so với mặt đất tự nhiên ứng xét ở dạng địa hình C.

Khi tính toán về cường độ ASCE 7 đưa ra các chu kỳ lặp của vận tốc gió cơ sở là 300, 700, 1700 và 3000 năm ứng với cấp rủi ro (hay cấp hậu quả) từ I đến IV. Khi kiểm tra tính toán điều kiện sử dụng bình thường của kết cấu (tính chuyển vị, gia tốc, ...) thì phụ lục C của ASCE7-22 quy định chu kỳ lặp của vận tốc gió là chu kỳ lặp 10 năm, 25 năm, 50

năm và 100 năm.

Tuy nhiên, trong bài toán đánh giá gia tốc dao động do gió của nhà cao tầng nhằm xem xét cảm nhận chuyển động và tiện nghi sử dụng, theo ASCE 7 [1,3], vận tốc gió tương ứng với các chu kỳ lặp 1 năm và 10 năm được lựa chọn làm dữ liệu đầu vào cho phân tích đánh giá. Điều này phù hợp theo như trong tài liệu của Biswas [5]

ASCE 7 sử dụng gió đầu vào là vận tốc gió giật trung bình trong 3 giây nên việc chuyển đổi vận tốc gió theo các chu kỳ lặp khác nhau có thể áp dụng theo công thức của Peterka và Shahid [1] để quy đổi như sau:

$$V_T / V_{50} = 0,36 + 0,1 \times \ln(12 \times T) \quad (5)$$

Trong đó:

T - chu kỳ lặp tính bằng “năm”;

V_T - vận tốc gió 3s, chu kỳ lặp “T” năm, tại độ cao 10m.

V_{50} - vận tốc gió 3s, chu kỳ lặp 50 năm, tại độ cao 10m.

Tính toán theo công thức (5) với chu kỳ lặp T bằng 1, và 10 năm thì vận tốc gió được xác định như sau:

$$V_{3s,1} = 0,6 \times V_{3s,50} \quad (6)$$

$$V_{3s,10} = 0,83 \times V_{3s,50} \quad (7)$$

Khi tính toán cho công trình ở Việt Nam có thể lấy $V_{3s,50}$ theo như trong quy chuẩn QCVN02 [12], có thể quy đổi vận tốc gió đầu vào ứng với chu kỳ lặp 1 năm và 10 năm cho các cùng gió từ I đến V như trong Bảng 1 dưới đây:

Bảng 1. Giá trị quy đổi vận tốc gió đầu vào tương ứng khi tính theo ASCE 7-22 từ áp lực gió cơ sở W_0

Vùng áp lực gió trên bản đồ	I	II	III	IV	V
W_0 (daN/m ²)	65	95	125	155	185
$V_{3s,50}$ (m/s)	36	44	50	55	61
$V_{3s,1}$ (m/s)	21.6	26.4	30	33	36.6
$V_{3s,10}$ (m/s)	29.88	36.52	41.5	45.65	50.63

3.3 Vận tốc gió trung bình theo độ cao

Vận tốc gió trung bình trong khoảng thời gian 1 giờ (3600s) \bar{V}_z ở cao độ tham chiếu \bar{z} so với mặt đất được xác định theo biểu thức (26.11-16) của ASCE7-22 [1] như sau:

$$\bar{V}_z = \bar{b} \left(\frac{\bar{z}}{10} \right)^{\bar{a}} V_{3s,10} \quad (8)$$

Trong đó:

Các hệ số \bar{a} , \bar{b} được lấy như trong Bảng 26.11-1 [1] và được viết lại trong Bảng 1.

$V_{3s,10}$ (m/s) là vận tốc gió 3s (lấy trung bình trong khoảng thời gian 3s) tại cao độ 10m so với mặt đất tự nhiên ứng với chu kỳ lặp 10 năm, xét ở dạng địa hình C.

Bảng 1. Giá trị các hệ số cho các dạng địa hình [1]

Dạng địa hình	$\hat{\alpha}$	$\bar{\alpha}$	\bar{b}	c	ℓ (m)	$\bar{\varepsilon}$	z_{\min} (m)
B	$\frac{1}{7,5}$	$\frac{1}{4,5}$	0,47	0,30	97,54	$\frac{1}{3}$	9,14
C	$\frac{1}{9,8}$	$\frac{1}{6,4}$	0,66	0,20	152,40	$\frac{1}{5}$	4,57
D	$\frac{1}{11,5}$	$\frac{1}{8,0}$	0,78	0,15	198,12	$\frac{1}{8}$	2,13

z_{\min} là chiều cao tối thiểu đảm độ cao tương đương \bar{z} . Chiều cao tương đương lấy lớn hơn hoặc bằng 0,6h hoặc z_{\min} . Đối với công trình có chiều cao $h \leq z_{\min}$, cao độ \bar{z} được lấy bằng z_{\min} .

3.4 Cường độ rối của gió $I_{\bar{z}}$

Cường độ rối của gió trong công thức (2) ở độ cao \bar{z} , ký hiệu là $I_{\bar{z}}$ được tính theo biểu thức (26.11-7) của ASCE7-22 như sau:

$$I_{\bar{z}} = c \left(\frac{10}{\bar{z}} \right)^{1/6} \tag{9}$$

Trong đó:

- \bar{z} : độ cao tương đương, $\bar{z} = 0,6h$, không nhỏ hơn z_{\min}
- c: hệ số phụ thuộc địa hình lấy theo Bảng 1

3.5 Hệ số phản ứng cộng hưởng

Hệ số R trong công thức (2) là hệ số phản ứng cộng hưởng được kể đến sự ảnh hưởng nhiễu động khí động trong cộng hưởng với dạng dao động được tính theo công thức (26.11-12) của tiêu chuẩn ASCE7-22 như sau:

$$R = \sqrt{\frac{1}{\beta} R_n R_h R_B (0,53 + 0,47 R_L)} \tag{10}$$

Trong đó:

- β là độ cản, hệ số giảm dao động được lấy như sau:
0,01 – kết cấu thép;
0,015 – kết cấu liên hợp thép - bê tông;
0,02 – kết cấu bê tông và bê tông cốt thép;
- R_n hàm khí động được xác định theo các biểu thức (26.11-13) của tiêu chuẩn ASCE7-22 [1] như sau:

$$R_n = \frac{7,47 N_1}{(1 + 10,3 N_1)^{5/3}}, N_1 = \frac{n_1 L_{\bar{z}}}{V_{\bar{z}}} \tag{11}$$

R_h, R_b, R_d là các hệ số liên quan đến chiều cao, bề rộng và chiều dài của công trình, được xác định theo công thức (26.11-15) các công thức:

$$R_h = \frac{1}{\eta_h} - \frac{1}{2\eta_h^2} (1 - e^{-2\eta_h}) \tag{12}$$

$$R_B = \frac{1}{\eta_B} - \frac{1}{2\eta_B^2} (1 - e^{-2\eta_B}) \tag{13}$$

$$R_L = \frac{1}{\eta_L} - \frac{1}{2\eta_L^2} (1 - e^{-2\eta_L}) \tag{14}$$

- h, B, L: lần lượt là chiều cao, chiều rộng (theo phương vuông góc tác dụng của tải trọng gió), chiều sâu (hoặc chiều dài, theo phương tác dụng của tải trọng gió) của công trình.

Trong đó:

$$\eta_h = 4,6 \frac{n_1 h}{V_{\bar{z}}}; \eta_B = 4,6 \frac{n_1 B}{V_{\bar{z}}}; \eta_L = 15,4 \frac{n_1 L}{V_{\bar{z}}} \tag{15}$$

$L_{\bar{z}}$ - tỷ lệ chiều dài độ rối ở độ cao tham chiếu \bar{z} , được xác định theo (16) như sau:

$$L_{\bar{z}} = \ell \cdot \left(\frac{\bar{z}}{10} \right)^{\bar{\varepsilon}} \tag{16}$$

Với ℓ và $\bar{\varepsilon}$ là các hệ số lấy trong Bảng 1

3.6 Hệ số K

Hệ số kể đến ảnh hưởng của dao động được tính theo mục 26.11 của ASCE7 [1] như sau:

$$K = \frac{(1,65)^{\hat{\alpha}}}{\hat{\alpha} + \xi + 1} \tag{17}$$

Với $\hat{\alpha}$ được lấy trong Bảng 1 và ξ số mũ của dạng dao động, với dao động cơ bản ξ được lấy bằng 1.

3.7 Chu kỳ dao động riêng cơ bản

Tần số dao động cơ bản của công trình n_1
Chu kỳ dao động riêng cơ bản thứ nhất T_1 (s) của công trình có thể xác định bằng các phần mềm phân tích kết cấu SAP2000, ETABS,...

Theo mục 26.9.3 của ASCE 7-22 [1], tần số và chu kỳ dao động riêng cơ bản thứ nhất của công trình kết cấu bê tông cốt thép có thể được xác định như sau:

Chu kỳ dao động riêng cơ bản thứ nhất của công trình:

$$T_1 = \frac{1}{n_1} \tag{18}$$

Tần số dao động riêng thứ nhất n_1 đối với công trình kết cấu bê tông cốt thép được xác định theo công thức:

$$n_1 = \frac{14,93}{h^{0,9}} \tag{19}$$

Trong đó: h là chiều cao công trình tính bằng mét, h cần nhỏ hơn hoặc bằng 91m.

3.8 Khối lượng tương đương tham gia dao động cơ bản theo hướng gió

m_1 : khối lượng tương đương tham gia dao động

cơ bản theo hướng gió được tính theo công thức

$$m_1 = \int_0^h \mu(z) \phi^2(z) dz \quad (20)$$

Trong đó:

- $\mu(z)$ (kg/m) khối lượng trên một đơn vị chiều cao;
- h chiều cao công trình
- $\phi(z)$: Dạng dao động cơ bản theo chiều cao

công trình, $\phi(z) = \left(\frac{z}{h}\right)^\xi$ với ξ là số mũ đặc trưng

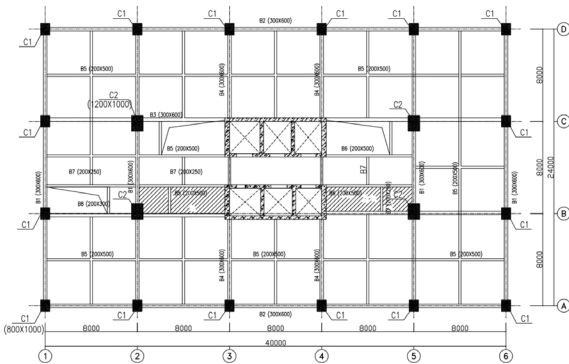
dạng dao động của công trình, được lấy bằng 1 cho dao động cơ bản.

Theo Taranath [7] khối lượng tương đương tham gia dao động cơ bản theo hướng gió m_1 có thể tính theo công thức sau:

$$m_1 = \mu(z) \times \frac{h}{3} \quad (21)$$

4. Ví dụ tính toán

Kiểm tra gia tốc dao động do gió gây ra đối với công trình chung cư gồm: Tầng 1, 2 có chiều cao 7,3m (tầng dịch vụ), tầng 4 ÷ 8 sử dụng làm văn phòng, tầng kỹ thuật cao 3m, tầng 9 ÷ 23 là căn hộ chung cư, chiều cao chiều cao tầng điển hình là 3,3m, tầng tum 4,0m, tường chắn mái cao 1,5m, tổng chiều cao công trình $H = 83,6\text{m}$, kích thước mặt bằng là $B \times L = 24 \times 40\text{m}$ có mặt bằng tầng điển hình như Hình 3.



Hình 3. Mặt bằng tầng điển hình công trình

Công trình đặt ở Hà Nội, xung quanh có nhiều nhà chung cư cao tầng thuộc địa hình B (theo ASCE7-22). Tầng kiểm tra tầng 8 cho văn phòng, có cao độ sàn $z = 23,8\text{ m}$ và tầng 23 có cao độ sàn $z = 76,3\text{ (m)}$ đối với nhà ở. Kết quả tính Etabs cho chu kỳ dao động cơ bản lớn nhất ở mode 1 theo phương Y (vuông góc với cạnh có $B = 40\text{m}$) là $T_y = 3,08\text{s}$; chu kỳ dao động theo phương X (vuông góc cạnh có $B = 24\text{m}$) là $T_x = 2,33\text{s}$. Khối lượng tương đương tham gia dao động cơ bản theo hướng gió Y và X lần lượt là $m_{1y} = 6141\text{T}$ và

$m_{1x} = 5379\text{T}$.

4.1 Kiểm tra gia tốc đỉnh cao mức sàn tầng 23 đối với nhà ở

Áp dụng các công thức ở mục 3, kết quả tính toán gia tốc đỉnh mức sàn tầng 23 có cao độ $z = 76,3\text{m}$ thể hiện chi tiết như ở dưới đây:

Gió theo phương Y với chu kỳ lặp 10 năm:

Bề rộng đón gió $B = 40\text{ (m)}$

Chiều dài dọc theo hướng gió $L = 24\text{ (m)}$

Chiều cao công trình $h = 83,6\text{ (m)}$

Chiều cao tham chiếu $\bar{z} = 0,6h = 50,16\text{ (m)}$

Chiều cao kiểm tra gia tốc đối với nhà ở $Z_{\text{nhà ở}} = 76,3\text{ (m)}$

Chu kỳ dao động cơ bản $T_y = 3,08\text{ (s)}$

Tần số dao động cơ bản của công trình theo phương Y $n_1 = 0,32\text{ (Hz)}$

Dạng địa hình (ASCE) Địa hình B

Các hệ số (như trong Bảng 1) $\bar{b} = 0,47$; $c = 0,3$; $\beta = 0,02$

Vận tốc gió cơ bản, chu kỳ 10 năm $V = 36,52\text{ (m/s}^2)$

Vận tốc trung bình $\bar{V}_{\bar{z}} = 24,56\text{ (m/s}^2)$

Khối lượng m_1 $m_1 = 6141\text{ (T)}$

Trọng lượng không khí $\rho = 1,25\text{ (kN/m}^3)$

Cường độ rối của gió $I_{\bar{z}} = 0,229$

Các hệ số: $\eta_h = 2,433$; $\eta_B = 5,085$; $\eta_L = 4,887$;

$N_1 = 2,208$; $R_n = 0,08$; $R_h = 0,177$; $R_B = 0,327$; $R_L = 0,184$

Hệ số phản ứng cộng hưởng $R = 0,388$

Hệ số nền $K = 0,501$

Thời gian tính vận tốc trung bình $T = 3600\text{ (s)}$

Khoảng chiều dài rời $L_{\bar{z}} = 167,0\text{ (m)}$

Dạng dao động cơ bản $\phi(z) = 0,91$

Hệ số đỉnh $g_{\bar{z}} = 3,912$

Độ lệch chuẩn của gia tốc $\sigma_{\bar{z}}(z) = 0,018$

Gia tốc đỉnh tại vị trí kiểm tra $\ddot{x}_{\text{max}}(z) = 0,072\text{ (m/s}^2)$
7,34 (milli-g)

Gia tốc cho phép ứng với chu kỳ 10 năm $a_{\text{allow},10} = 10,6\text{ (milli-g)}$

Với chu kỳ lặp 10 năm điều kiện kiểm tra về gia tốc ứng với gió theo phương Y đạt yêu cầu

Gió theo phương Y với chu kỳ lặp 1 năm:

Bề rộng đón gió $B = 40\text{ (m)}$

Chiều dài dọc theo hướng gió $L = 24\text{ (m)}$

Chiều cao công trình $h = 83,6\text{ (m)}$

Chiều cao tham chiếu $\bar{z} = 0,6h = 50,16\text{ (m)}$

Chiều cao kiểm tra gia tốc đối với văn phòng

$Z_{\text{vp}} = 19,8\text{ (m)}$

Chiều cao kiểm tra gia tốc đối với nhà ở

$Z_{\text{nhà ở}} = 76,3\text{ (m)}$

Chu kỳ dao động cơ bản $T_y = 3,08\text{ (s)}$

Tần số dao động cơ bản của công trình theo phương Y $n_1 = 0,32\text{ (Hz)}$

Dạng địa hình (ASCE) Địa hình B

Các hệ số (như trong Bảng 1) $\bar{b} = 0,47$; $c = 0,3$;

$\beta = 0,02$

Vận tốc gió cơ bản, chu kỳ 10 năm $V = 26,4$ (m/s²)

Vận tốc trung bình $\bar{V}_z = 17,76$ (m/s²)

Khối lượng m1 $m_1 = 6141$ (T)

Trọng lượng không khí $\rho = 1,25$ (kN/m³)

Cường độ rối của gió $I_z = 0,229$

Các hệ số: $\eta_h = 7,034$; $\eta_B = 3,366$; $\eta_L = 6,761$;

$N_1 = 3,054$; $R_n = 0,07$; $R_h = 0,132$; $R_B = 0,253$;

$R_L = 0,137$

Hệ số phản ứng cộng hưởng $R = 0,262$

Hệ số nền $K = 0,501$

Thời gian tính vận tốc trung bình $T = 3600$ (s)

Khoảng chiều dài rối $L_z = 167,0$ (m)

Dạng dao động cơ bản $\phi(z) = 0,91$

Hệ số đỉnh $g_z = 3,912$

Độ lệch chuẩn của gia tốc $\sigma_x(z) = 0,007$

Gia tốc đỉnh tại vị trí kiểm tra $\ddot{X}_{max}(z) = 0,025$ (m/s²)
2,55 (milli-g)

Gia tốc cho phép ứng với chu kỳ 1 năm

$a_{allow,10} = 6,62$ (milli-g)

Với chu kỳ lặp 1 năm điều kiện kiểm tra về gia tốc đạt yêu cầu

Tính toán tương tự với gió theo phương X, được

Bảng 2. Kiểm tra theo phương X - ứng với $z = 76,3$ m

Gia tốc đỉnh tính theo chu kỳ 10 năm	$\ddot{X}_{max}(z) = 0,043$ (m/s ²) = 4,38 milli-g
Gia tốc cho phép ứng với chu kỳ 10 năm	$a_{allow,10} = 9$ milli-g
Gia tốc đỉnh tính theo chu kỳ 1 năm	$\ddot{X}_{max}(z) = 0,015$ (m/s ²) = 1,56 milli-g
Gia tốc cho phép ứng với chu kỳ 1 năm	$a_{allow,10} = 6$ milli-g

kết quả gia tốc trong Bảng 2 như sau:

Với chu kỳ lặp 10 năm điều kiện kiểm tra về gia tốc ứng với gió theo phương X đạt yêu cầu

4.2 Kiểm gia tốc đỉnh cao mức sàn tầng 8 đối với văn phòng

Áp dụng các công thức ở mục 3, tính toán tương tự như mục 4.1 kết quả tính toán và kiểm tra gia tốc đỉnh mức sàn tầng 8, cao độ $z = 23,8$ m thể hiện như

Bảng 3. Kiểm tra theo phương Y với $Z = 23,8$ m

Gia tốc đỉnh tính theo chu kỳ 10 năm	$\ddot{X}_{max}(z) = 0,023$ (m/s ²) = 2,35 milli-g
Gia tốc cho phép ứng với chu kỳ 10 năm	$a_{allow,10} = 15$ milli-g
Gia tốc đỉnh tính theo chu kỳ 1 năm	$\ddot{X}_{max}(z) = 0,008$ (m/s ²) = 0,81 milli-g
Gia tốc cho phép ứng với chu kỳ 1 năm	$a_{allow,10} = 10$ milli-g

trong Bảng 3.

Các điều kiện kiểm tra về gia tốc cho tầng văn phòng đều đạt yêu cầu theo cả phương X, Y theo chu kỳ lặp 1 năm và 10 năm.

Kết quả phân tích cho thấy gia tốc đỉnh tại các

Bảng 4. Kiểm tra theo phương X với $Z = 23,8$ m

Gia tốc đỉnh tính theo chu kỳ 10 năm	$\ddot{X}_{max}(z) = 0,013$ (m/s ²) = 1,33 milli-g
Gia tốc cho phép ứng với chu kỳ 10 năm	$a_{allow,10} = 13,5$ milli-g
Gia tốc đỉnh tính theo chu kỳ 1 năm	$\ddot{X}_{max}(z) = 0,005$ (m/s ²) = 0,51 milli-g
Gia tốc cho phép ứng với chu kỳ 1 năm	$a_{allow,10} = 8,5$ milli-g

tầng để ở và tầng văn phòng đều nhỏ hơn giới hạn cho phép theo các tiêu chí đánh giá tiện nghi, đồng thời đáp ứng yêu cầu theo cả hai phương X và Y đối với các chu kỳ lặp 1 năm và 10 năm.

4. Kết luận

Bài báo đã trình bày phương pháp đánh giá gia tốc đỉnh của nhà cao tầng dưới tác dụng của gió theo tiêu chuẩn ASCE 7-22 và các tiêu chí tiện nghi sử dụng liên quan. Phương pháp được minh họa thông qua ví dụ tính toán cho công trình nhà bê tông cốt thép, qua đó làm rõ quy trình xác định và đánh giá gia tốc dao động khi thiết kế.

Trong nghiên cứu này, gia tốc dao động của công trình được đánh giá chủ yếu theo tiêu chí tiện nghi ứng với vận tốc gió có chu kỳ lặp 1 năm, phù hợp với khuyến nghị của ISO 10137. Đồng thời, tiêu chí tương ứng với chu kỳ lặp 10 năm cũng được xem xét nhằm đánh giá phản ứng của công trình trong các điều kiện gió hiếm gặp.

Hiện nay, hệ thống tiêu chuẩn Việt Nam mới chỉ đề cập đến yêu cầu kiểm tra gia tốc đỉnh của nhà cao tầng nhưng chưa đưa ra hướng dẫn cụ thể về phương pháp tính toán và đánh giá. Do đó, quy trình trình bày trong bài báo có thể được tham khảo như một hướng tiếp cận nhằm bổ sung cơ sở kỹ thuật cho việc kiểm tra gia tốc dao động của nhà cao tầng trong thiết kế các công trình bê tông cốt thép tại Việt Nam. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] ASCE 7-22, Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures - American Society of Civil Engineers, 1801 Alexander Bell Drive Reston, Virginia 20191, USA
- [2] ISO 10137-2007 (2007), Bases for design of structures – Serviceability of buildings and walkways against vibrations, ISO, 44p.
- [3] ASCE (2019). Prestandard for Performance-Based Wind Design, Version 1.1, American Society of Civil Engineers, Reston, VA, USA.
- [4] EN 1991-1-4:2010, Eurocode 1: Actions on structures –Part 1-4: General actions – Wind actions (includes Amendment A1:2010 + Corrigendum AC:2010), English translation of EN 1991-1-4:2010-12, 151p.
- [5] Biswas, P., & Peronto, J. (Eds.). (2021). Design and performance of tall buildings for wind (ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 143). American Society of Civil Engineers.

- [6] Simiu, E., Yeo, D. (2019). Wind Effects on Structures: Modern Structural Design for Wind. John Wiley & Sons.
- [7] Taranath, B. S. (2010). Wind and Earthquake Resistant Buildings: Structural Analysis and Design. CRC Press.
- [8] Kareem, A., Kijewski, T., & Tamura, Y. (1999). Mitigation of motions of tall buildings under wind loads. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 83(1-3), 273-306.
- [9] ISO. (1984). ISO 6897:1984 – Guidelines for the evaluation of the response of occupants of fixed structures, especially buildings and off-shore structures, to low-frequency horizontal motion (0.063 to 1 Hz). International Organization for Standardization, Geneva.
- [10] TCVN 5574:2018 (2018), Thiết kế Kết cấu Bê tông và Bê tông cốt thép, Bộ KHCN.
- [11] TCVN 2737:2023, Tải trọng và tác động, Viện Khoa học công nghệ xây dựng, Bộ Xây Dựng.
- [12] QCVN 02:2022/BXD, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về Số liệu điều kiện tự nhiên dùng trong xây dựng.
- [13] Nguyễn Ngọc Bá (2021). Phương pháp kiểm tra gia tốc đỉnh nhà cao

10 QUỐC GIA ỨNG DỤNG KỸ THUẬT XÂY DỰNG TIÊN TIẾN NHẤT THẾ GIỚI

CÁC QUỐC GIA HÀNG ĐẦU VỀ KỸ THUẬT XÂY DỰNG TIÊN TIẾN BAO GỒM NHẬT BẢN, HÀN QUỐC, TRUNG QUỐC, HOA KỲ, ĐỨC... NỔI TIẾNG VỚI VIỆC ỨNG DỤNG CÁC CÔNG NGHỆ MỚI NHẤT TRONG THIẾT KẾ, VẬT LIỆU XÂY DỰNG, VÀ QUY TRÌNH THI CÔNG, ĐẶC BIỆT LÀ TRONG CÁC DỰ ÁN CƠ SỞ HẠ TẦNG LỚN VÀ CÁC TÒA NHÀ CAO TẦNG.

➤ Bảo Chung

Dưới đây là danh sách những quốc gia được đánh giá là ứng dụng kỹ thuật xây dựng tiên tiến nhất thế giới, dựa trên mức độ đổi mới công nghệ, tự động hóa, vật liệu mới, mô hình hóa và phát triển công trình thông minh.

1. Nhật Bản

Thế mạnh: Tự động hóa trong xây dựng, robot xây dựng, vật liệu chống động đất.

Điển hình: Tập đoàn Obayashi, Shimizu, Takenaka sử dụng công nghệ robot xây dựng, mô phỏng 3D BIM, thiết kế chống địa chấn tiên tiến.

Ứng dụng nổi bật: Công trình chọc trời chống động đất, nhà ở thông minh kết hợp AI.

2. Hoa Kỳ

Thế mạnh: Công nghệ BIM (Building Information Modeling), in 3D quy mô lớn, vật liệu bền vững.

Điển hình: Tập đoàn Bechtel, Kiewit, Turner Construction.

Ứng dụng nổi bật: In 3D nhà ở bằng bê tông, mô phỏng công trình bằng thực tế ảo (VR/AR), dữ liệu lớn (Big Data) trong quản lý xây dựng.

3. Hàn Quốc

Thế mạnh: Tòa nhà thông minh, công nghệ cảm biến, kỹ thuật thi công hầm và cầu tiên tiến.

Điển hình: Samsung C&T, Hyundai E&C.

Ứng dụng nổi bật: Hạ tầng ngầm hiện đại, tòa nhà tích hợp điều khiển thông minh IoT, hệ thống giám sát kết cấu thời gian thực.

4. Đức

Thế mạnh: Xây dựng chính xác cao, vật liệu xanh, công nghệ in 3D, mô hình hóa kỹ thuật số.

Điển hình: Hochtief, Züblin.

Ứng dụng nổi bật: Sử dụng công nghệ Prefabrication & Modular Construction (lắp ráp mô-đun), các vật liệu cách nhiệt – cách âm – tiết kiệm năng lượng.

5. Trung Quốc

Thế mạnh: Tốc độ xây dựng nhanh, ứng dụng AI và tự động hóa, công nghệ xây dựng quy mô lớn.

Điển hình: Tập đoàn CSCEC, Broad Sustainable Building.

Ứng dụng nổi bật: In 3D nhà ở, xây nhà cao tầng trong vài ngày, ứng dụng drone và AI để giám sát tiến độ.

6. Singapore

Thế mạnh: Quy hoạch đô thị thông minh, BIM bắt buộc trong toàn bộ công trình, nhà ở xanh.

Điển hình: Cơ quan Xây dựng và Công trình Singapore (BCA) thúc đẩy chuyển đổi số.

Ứng dụng nổi bật: Smart City & Smart Construction, công trình thân thiện môi trường, quy trình cấp phép xây dựng tự động.

7. UAE (Dubai – Abu Dhabi)

Thế mạnh: Công trình siêu cao

tầng, in 3D lớn nhất thế giới, công nghệ thi công trong điều kiện khắc nghiệt.

Điển hình: Burj Khalifa, Dubai Future Foundation.

Ứng dụng nổi bật: In 3D tòa nhà văn phòng, ứng dụng AI và thực tế ảo trong thiết kế & quản lý, vật liệu chống bức xạ nhiệt.

8. Na Uy và các nước Bắc Âu

Thế mạnh: Vật liệu xây dựng thân thiện môi trường, công nghệ gỗ kỹ thuật cao (CLT), thiết kế bền vững.

Điển hình: Công trình Mjøstårnet (Na Uy) – tòa nhà gỗ cao nhất thế giới.

Ứng dụng nổi bật: Công trình zero carbon, thiết kế thích ứng khí hậu lạnh, mô hình công trình thông minh dùng năng lượng tái tạo.

9. Úc

Thế mạnh: Công nghệ in 3D, mô hình hóa dữ liệu xây dựng, giám sát công trình qua AI và drone.

Điển hình: Các công ty như Lendlease, CPB Contractors.

Ứng dụng nổi bật: Công trình hạ tầng giao thông phức tạp, mô phỏng thời gian thực quá trình thi công.

10. Thụy Sĩ

Thế mạnh: Kết cấu kỹ thuật cao, chính xác tuyệt đối, công trình phức tạp như đường hầm xuyên núi.

Điển hình: Gotthard Base Tunnel – đường hầm đường sắt dài nhất thế giới.

Ứng dụng nổi bật: Công nghệ giám sát địa chất, robot đào hầm, an toàn xây dựng ở cấp độ cao nhất. □