

Nghiên cứu thực nghiệm bảng quảng cáo tấm lớn dưới tác động của gió

Experimental study of billboards under wind load

> NGUYỄN LỆ THỦY^{1*}, NGUYỄN HỒNG SƠN¹, VŨ THÀNH TRUNG²

¹Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

²Viện khoa học công nghệ xây dựng; *Email: nlthuy.hau@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo đề xuất quy trình thí nghiệm trong ống thổi khí động áp dụng đối với bảng quảng cáo theo các thông số gió và trang thiết bị hiện có ở Việt Nam, trình bày công tác thí nghiệm và kết quả thí nghiệm mô hình tỉ lệ thu nhỏ 1:30 đối với kết cấu bảng quảng cáo. Qua đó, làm rõ ảnh hưởng của hướng gió và độ cao đặt tấm bảng đến hệ số lực và lực gió tác động lên tấm bảng, làm cơ sở đề xuất hệ số lực và độ lệch tâm của lực gió đối với tấm bảng phù hợp để áp dụng cho Việt Nam, có thể sử dụng kết quả nghiên cứu để hiệu chỉnh tiêu chuẩn thiết kế.

Từ khóa: Bảng quảng cáo; tải trọng gió.

ABSTRACT

The article presents the experimental procedure in the aerodynamic bellows applied to the billboards according to the conditions of wind parameters and existing equipment in Vietnam, presents the experimental work and the results of the scale model experiments, scale 1:30 for billboard structures. Thereby, clarifying the influence of the wind direction and the height of placing the board on the force coefficient and wind force, as a basis for proposing the force coefficient and the eccentricity of the wind force for the billboard, suitable for application to Vietnam, research results can be used to calibrate design standards.

Keywords: Billboards; wind load.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong các bài báo trước [1], [2] đã làm sáng tỏ các tham số ảnh hưởng đến giá trị hệ số lực C_x (dọc luồng gió) và lực gió F_x (gồm: vị trí và giá trị lực gió) tác động lên tấm bảng với giả thiết tấm bảng cứng tuyệt đối, giá trị hệ số lực và lực gió chỉ hạn chế xét đến tác động tĩnh của gió. Việc xét đến tác động động sẽ được giải quyết thông qua thí nghiệm mô hình thu nhỏ trong ống thổi khí động đối với bảng quảng cáo, sử dụng các tham số gió (profile vận tốc gió,

cường độ rối v.v.) theo Tiêu chuẩn Việt Nam và trang thiết bị hiện có ở trong nước.

Để thực hiện được điều đó, trước tiên cần xây dựng quy trình thí nghiệm trong ống thổi khí động dành riêng cho bảng quảng cáo phù hợp với điều kiện và trang thiết bị hiện có. Trên cơ sở đó thiết lập mô hình thí nghiệm đối với 02 nhóm kích thước tấm bảng đặt ở các độ cao khác nhau và thực hiện thí nghiệm trên mô hình cứng đo lực tần số cao (1000 Hz (kết quả đo 1000 số liệu mỗi giây) đối với 05 thành phần lực, trong đó 02 thành phần lực cắt đáy (F_x , F_y) và 03 thành phần mô men đáy (M_x , M_y và M_z), từ đó xác định được các hệ số lực ($C_{f,x}$, $C_{f,y}$ và $C_{f,Mz}$). Trên cơ sở đó làm rõ hơn ảnh hưởng của góc hướng gió và cao độ tấm bảng đến giá trị lực gió. Từ đó làm cơ sở để xuất giá trị hệ số lực và giá trị độ lệch tâm của lực gió khi tính toán lực gió tác động lên tấm bảng để áp dụng cho Việt Nam. Đồng thời có thể làm cơ sở để hiệu chỉnh các giá trị này trong Tiêu chuẩn hiện hành về tính toán tác động của gió lên tấm bảng quảng cáo.

2. XÂY DỰNG QUY TRÌNH THÍ NGHIỆM

Hiện nay, trên thế giới cũng đã có các tiêu chuẩn quy định đối với công tác thí nghiệm kết cấu nói chung trong ống thổi khí động, ví dụ: Mỹ [7], Australia [10], Canada [11], Trung Quốc [13]. Tuy nhiên, chưa có quy trình thí nghiệm trong ống thổi khí động áp dụng riêng đối với kết cấu bảng quảng cáo. Theo đó, cần thiết xây dựng quy trình thí nghiệm mô hình trong ống thổi khí động phù hợp với điều kiện Việt Nam, nhằm xác định các thông số liên quan đến tác động của gió (lực gió, hệ số lực):

Bước 1: Lựa chọn dạng mô hình thí nghiệm

Để lựa chọn dạng mô hình thí nghiệm, cần căn cứ vào mục đích, đối tượng của việc thí nghiệm. Loại mô hình khí động đàn hồi và cân bằng lực đáy tần số cao thường được dùng cho các thí nghiệm đối với công trình dạng bảng quảng cáo. Trường hợp trong luận án sử dụng mô hình cứng cân bằng lực đáy tần số cao, để nghiên cứu các áp lực bề mặt, đo mô men xoắn, mô men uốn tại mặt đáy của mô hình.

Bước 2: Lựa chọn vật liệu làm mô hình

- Vật liệu chính: Có thể bằng gỗ, xốp, thép, hợp kim nhôm hoặc bằng nhựa v.v..

- Vật liệu phụ: Các loại keo, đinh, vít để liên kết.

Bước 3: Tính toán lựa chọn tỉ lệ mô hình thí nghiệm

Tỉ lệ kích thước mô hình thí nghiệm theo công thức sau:

$$\lambda_L = \frac{L_{\text{model}}}{L_{\text{full}}} \quad (1)$$

trong đó: λ_L là tỉ lệ kích thước; L_{model} là kích thước mô hình; L_{full} là kích thước thực.

Chọn tỉ lệ kích thước hình học của mô hình thí nghiệm phải đảm bảo điều kiện về độ choán trong ống thổi khí động ($\leq 5\%$) [10], và tỉ lệ thường từ 1:10 đến 1:100.

Bước 4: Tính toán lựa chọn tỉ lệ vận tốc gió thí nghiệm

Tỉ lệ vận tốc gió giữa vận tốc gió trong ống thổi khí động và vận tốc gió thực tuân theo công thức sau:

$$\lambda_v = \frac{V_{model}}{V_{full}} \quad (2)$$

trong đó: λ_L là tỉ lệ vận tốc; V_{model} là vận tốc gió trong ống thổi khí động; V_{full} là vận tốc gió thực.

Tỉ lệ vận tốc phụ thuộc vào điều kiện làm việc của ống thổi khí động và khả năng của thiết bị.

Bước 5: Tính toán lựa chọn tỉ lệ thời gian lấy số liệu thí nghiệm

Tỉ lệ thời gian lấy số liệu thí nghiệm trong ống thổi khí động tuân theo công thức sau:

$$\lambda_T = \frac{\lambda_L}{\lambda_v} \quad (3)$$

Bước 6: Mô hình hóa môi trường gió phù hợp với Tiêu chuẩn Việt Nam

- Profile vận tốc gió theo độ cao z_g , tính theo vận tốc gió ở độ cao 10 m [3]:

$$\frac{\bar{V}(z)}{\bar{V}_{10}} = b \left(\frac{z}{10} \right)^m \quad (4)$$

trong đó: $\bar{V}(z)$, \bar{V}_{10} là vận tốc gió trung bình ở độ cao z , ở độ cao 10 m; b là hệ số điều chỉnh theo dạng địa hình; m là hệ số mũ (số mũ Hellman); z_g là độ cao gradient. Các hệ số được xác định theo 0 (Bảng A1 trong [6]).

- Độ rối ở độ cao tương đương z_s xác định theo công thức [4]:

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

trong đó: c_r là hệ số, phụ thuộc vào các dạng địa hình khác nhau, xác định theo Bảng 1; z_s là độ cao tương đương của công trình, lấy đến trọng tâm của tấm bảng.

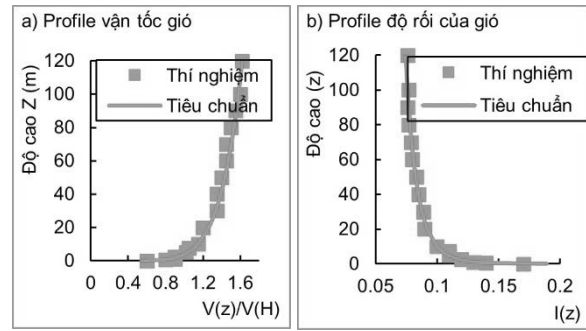
Bảng 1. Các hệ số để xác định vận tốc gió và độ rối

Dạng địa hình	z_g	m	b	c_r
A	250	0,070	1,09	0,15
B	300	0,009	1,00	0,20
C	400	0,140	0,81	0,30

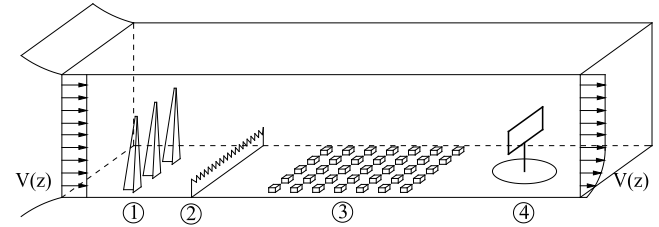
Từ các công thức từ (4) và (5), lập được các biểu đồ profile vận tốc gió và biểu đồ độ rối theo chiều cao ứng với các dạng địa hình A, B và C ở địa điểm xây dựng.

Để đảm bảo các điều kiện đối với môi trường gió (profile vận tốc gió và độ rối) theo công thức (4) và (5) của Tiêu chuẩn, cần tạo môi trường gió trong ống thổi khí động sao cho các biểu đồ này sát với các biểu đồ tính toán theo tiêu chuẩn ứng với chiều cao z đối với dạng địa hình cần lấy (Hình 1). Trường hợp có sai số, cần điều chỉnh bề mặt sàn ống thổi bằng các dụng cụ hỗ trợ như: thanh chắn hình tam giác hoặc thanh chắn dạng hàng rào, cục tạo nhám Hình 2.

Thanh chắn hình tam giác (spire) có tác dụng tạo profile vận tốc gió gần giống với vận tốc gió thực tế (Hình 3a). Cục tạo nhám (roughness element) và hàng rào (fence) (Hình 3b, c) có tác dụng tạo độ nhám gắn với độ nhám của dạng địa hình đặt công trình và tạo độ rối của dòng gió gần với thực tế.

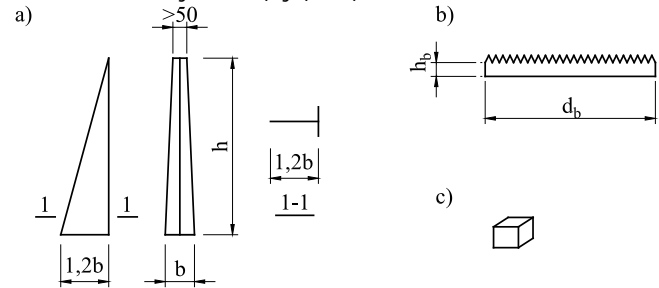


Hình 1. Phân bố theo chiều cao của vận tốc gió và độ rối



(1 - thanh chắn; 2 - hàng rào; 3 - cục tạo nhám; 4 - mô hình)

Hình 2. Mô hình hầm gió và các dụng cụ hỗ trợ



Hình 3. Thanh chắn, hàng rào và cục tạo nhám

Các thông số của thanh chắn tam giác, thanh chắn dạng hàng rào và cục tạo nhám, thường lấy như sau:

- Thanh chắn, chiều rộng x chiều cao: (0,13 x 1,3) m; (0,14 x 1,3) m; (0,15 x 1,3) m.

- Hàng rào, chiều cao $h_b = 0,12; 0,24; 0,36$ m; chiều dài bằng chiều rộng hầm gió.

- Cục tạo nhám, kích thước: (3 x 3 x 3) mm; (5 x 5 x 5) mm; (7 x 7 x 7) mm; (9 x 9 x 9) mm; khoảng cách: 0,10; 0,12; 0,14; 0,16 m.

Bước 7: Tiến hành thí nghiệm và ghi kết quả

Sau khi chế tạo xong mô hình, mô hình hóa môi trường gió, mô hình hóa địa hình trong ống thổi khí động, tiến hành thí nghiệm và ghi kết quả. Số lượng hướng gió để tiến hành thí nghiệm và lấy số liệu phụ thuộc vào hình dạng của công trình. Trường hợp bảng quảng cáo đối xứng theo hai phương thì chỉ cần thí nghiệm với các hướng gió từ 0° đến 90° , các góc quay cho mỗi vị trí là 10° hoặc 15° [10] và ứng với mỗi hướng gió cần ghi kết quả thí nghiệm trong thời gian đo.

Bước 8: Xử lý số liệu và đánh giá kết quả

a) Xử lý số liệu

Số liệu 5 thành phần lực (F_x, F_y, M_x, M_y, M_z) tại chân cột của mẫu thí nghiệm có giá trị thay đổi theo thời gian và có tính chất ngẫu nhiên, vì thế sử dụng phương pháp xác suất để xác định giá trị trung bình (mean), giá trị độ lệch chuẩn (std), giá trị lớn nhất (max) và nhỏ nhất (min). Qua đó xác định hệ số áp lực $C_{f,x}, C_{f,y}$ và $C_{f,Mz}$.

- Giá trị trung bình của F_x được xác định:

$$\bar{F}_x = \frac{\sum_{i=1}^n F_{x,i}(t)}{n} \quad (6)$$

trong đó: $F_{x,i}$ là lực theo phương X tại thời điểm đo thứ i; n là tổng số các giá trị đo.

- Giá trị độ lệch chuẩn của \bar{F}_x được xác định:

$$\bar{F}_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (F_i(t) - \bar{F}_x)^2}{n-1}} \quad (7)$$

- Giá trị lớn nhất (\hat{F}_x) và nhỏ nhất (\check{F}_x) của F_x được xử lý theo lý thuyết giá trị cực trị theo phương pháp Gumbel (Gumbel's method):

Xử lý tương tự như vậy đối với các thành phần lực còn lại F_y, M_x, M_y và M_z .

- Hệ số lực theo phương x ($C_{f,x,i}$) tại thời điểm đo thứ i được xác định:

$$C_{f,x,i}(t) = \frac{F_{x,i}(t)}{0,5\rho\bar{V}^2bc} \quad (8)$$

trong đó: ρ là khối lượng riêng của không khí, lấy bằng 1,25 kg/m³; \bar{V} là vận tốc gió trung bình tại đỉnh của mẫu thí nghiệm; b là chiều rộng của tấm bảng quảng cáo; c là chiều cao của tấm bảng quảng cáo.

- Hệ số lực theo phương Y ($C_{f,y,i}$) tại thời điểm đo thứ i được xác định:

$$C_{f,y,i}(t) = \frac{F_{y,i}(t)}{0,5\rho\bar{V}^2bc} \quad (9)$$

- Hệ số lực xoắn quanh trục Z ($C_{f,Mz}$) tại thời điểm đo thứ i được xác định:

$$C_{f,Mz,i}(t) = \frac{M_{z,i}(t)}{0,5\rho\bar{V}^2b^2c} \quad (10)$$

Dựa trên các giá trị của $C_{f,x,i}(t), C_{f,y,i}(t), C_{f,Mz,i}(t)$ thì các giá trị trung bình ($\bar{C}_{f,x}, \bar{C}_{f,y}, \bar{C}_{f,z}$), độ lệch chuẩn ($\bar{C}_{f,x}, \bar{C}_{f,y}, \bar{C}_{f,z}$), lớn nhất ($\hat{C}_{f,x}, \hat{C}_{f,y}, \hat{C}_{f,z}$), nhỏ nhất ($\check{C}_{f,x}, \check{C}_{f,y}, \check{C}_{f,z}$) cũng được xử lý tương tự theo cách ở trên như đối với lực.

Các giá trị của F_x, F_y, M_x, M_y và M_z của mô hình thu nhỏ (model scale) sẽ được quy đổi sang các giá trị của F_x, F_y, M_x, M_y và M_z của mô hình tỉ lệ thực (full scale) theo các công thức sau:

$$(F_x)_{full} = (F_x)_{model} \left(\frac{1}{\lambda_L}\right)^2 \left(\frac{1}{\lambda_V}\right)^2 \quad (11)$$

$$(F_y)_{full} = (F_y)_{model} \left(\frac{1}{\lambda_L}\right)^2 \left(\frac{1}{\lambda_V}\right)^2 \quad (12)$$

$$(M_x)_{full} = (M_x)_{model} \left(\frac{1}{\lambda_L}\right)^3 \left(\frac{1}{\lambda_V}\right)^2 \quad (13)$$

$$(M_y)_{full} = (M_y)_{model} \left(\frac{1}{\lambda_L}\right)^3 \left(\frac{1}{\lambda_V}\right)^2 \quad (14)$$

$$(M_z)_{full} = (M_z)_{model} \left(\frac{1}{\lambda_L}\right)^3 \left(\frac{1}{\lambda_V}\right)^2 \quad (15)$$

b) Đánh giá kết quả

Sau khi có kết quả lực cắt đáy và mô men đáy, từ đó xác định hệ số lực. Tiến hành so sánh kết quả thí nghiệm nhận được với kết quả tính theo Tiêu chuẩn hoặc kết quả của nghiên cứu khác đối với mô hình bảng quảng cáo hai mặt song song v.v... nhằm đánh giá mức độ tin cậy của kết quả thí nghiệm một cách khách quan.

Bước 9. Kết luận và kiến nghị

Dựa trên những đánh giá và so sánh ở trên, đi đến kết luận và đưa ra những kiến nghị một cách cụ thể.

3. THIẾT LẬP THÍ NGHIỆM MÔ HÌNH

Để xác định được tải trọng gió bằng thí nghiệm mô hình thu nhỏ trong ống thổi khí động thì các luật mô hình hóa quan trọng như: tương tự về hình học, tương tự về môi trường gió (profile vận tốc gió và độ rối) xung quanh công trình v.v., phải được tuân thủ.

3.1. Thiết lập môi trường gió

Dạng địa hình B (địa hình tương đối trống trải, có một số vật cản thưa thớt cao không quá 10 m, ví dụ vùng ngoại ô ít nhà, thị trấn, làng mạc, rừng thưa hoặc rừng non, vùng trồng cây thưa...) trong TCVN 2737:1995 là dạng địa hình chuẩn nên được chọn để tạo môi trường gió trong ống thổi khí động đối với thí nghiệm bảng quảng cáo. Các dạng địa hình A và C cũng được chọn để tạo môi trường gió trong ống thổi khí động nhưng chỉ để tham chiếu nên kết quả không đưa vào nội dung luận án.

3.2. Thiết lập mô hình thí nghiệm

Bảng quảng cáo nguyên mẫu loại một tấm có hai mặt song song, một cột đỡ đặt đúng tâm tấm bảng, kích thước tấm bảng của mẫu M1, M2 và M3 là b×c = (5×14) m và mẫu M4, M5 và M6 là (6×18) m, chiều dày d = 1,5 m. Chiều cao đặt tấm bảng tính từ mặt đất đến cạnh đáy tấm bảng đối với mẫu M1, M2 và M3 tương ứng $h_g = 15,0$ m, $h_g = 12,0$ m và $h_g = 9,0$ m và mẫu M4, M5 và M6 tương ứng $h_g = 18,0$ m, $h_g = 15,0$ m và $h_g = 12,0$ m là, bề mặt tấm bảng có lớp bọc bằng thép dày 0,2 mm (trên đó có đăng nội dung quảng cáo). Kết cấu khung thép của tấm bảng gồm hệ khung xương bằng thép góc L75×5, kê lên dầm ngang bằng thép hình chữ H200. Gối tựa cho thép hình H200 và thanh dầm dọc bằng thép ống $\phi 53 \times 1,1$. Cột đỡ bằng thép ống, kích thước tiết diện $\phi 120 \times 2,0$ cm. Kích thước hình học của bảng quảng cáo nguyên mẫu và mô hình tỉ lệ 1:30 ghi ở 0.

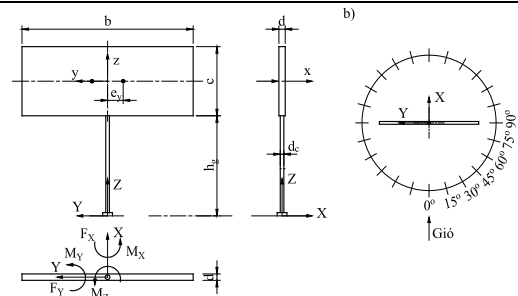
Vật liệu làm mô hình: Tấm bảng sử dụng tấm mica, cột đỡ sử dụng ống nhựa PVC. Ngoài ra còn sử dụng đinh vít và keo để liên kết.

Trong quá trình thí nghiệm, tấm bảng và cột đỡ có đủ cường độ và độ cứng, tấm bảng và cột đỡ không xuất hiện biến dạng hoặc chấn động đáng kể.

Bảng 2. Kích thước nguyên mẫu và mô hình bảng quảng cáo (m)

Mẫu số	Nguyên mẫu					Mô hình tỉ lệ 1:30				
	b	c	h_g	d	d_c	b	c	h_g	d	d_c
M1	14	5,0	15,0	1,5	1,2	0,47	0,17	0,5	0,05	0,04
M2	14	5,0	12,0	1,5	1,2	0,47	0,17	0,4	0,05	0,04
M3	14	5,0	9,0	1,5	1,2	0,47	0,17	0,3	0,05	0,04
M4	18	6,0	18,0	1,5	1,2	0,60	0,20	0,6	0,05	0,04
M5	18	6,0	15,0	1,5	1,2	0,60	0,20	0,5	0,05	0,04
M6	18	6,0	12,0	1,5	1,2	0,60	0,20	0,4	0,05	0,04

Ghi chú: Thông số tỉ lệ mô hình λ_L , tỉ lệ vận tốc λ_V và tỉ lệ thời gian thí nghiệm λ_T :
 $\lambda_L = \frac{1}{30}$; $\lambda_V = \frac{1}{10}$ và $\lambda_T = \frac{\lambda_L}{\lambda_V} = \frac{1/30}{1/10} = \frac{1}{3}$.

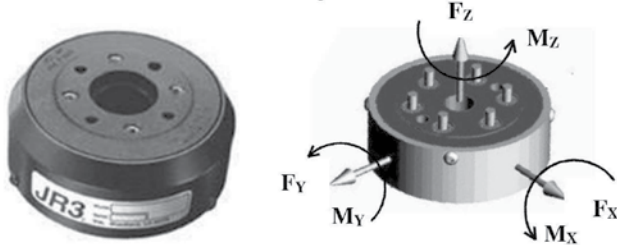


F_x là lực cắt đáy theo phương X; F_y là lực cắt đáy theo phương Y; M_x là mô men đáy quanh trục X; M_y là mô men đáy quanh trục Y; M_z là mô men đáy quanh trục Z

Hình 4. Ký hiệu kích thước, quy ước chiều lực và góc hướng gió

Mô hình bằng quang cáo được gắn trên thiết bị cân bằng lực tần số cao JR3 (*High Frequency Force Balance JR3*) của Mỹ (xem Hình 5). Đây là thiết bị đặc chủng với 6 thành phần lực ($F_x, F_y, F_z, M_x, M_y, M_z$) (xem Hình 5) được đo đồng thời với tần số cao (tần số lấy mẫu bằng 1000 Hz). Thông tin chi tiết về thiết bị JR3 có thể tham khảo trong trang web theo địa chỉ <https://jr3.com/>.

Loại mô hình: Mô hình cứng.



Hình 5. Thiết bị JR3 và ký hiệu chiều cho 6 thành phần lực

a) Tỷ lệ mô hình, tỷ lệ vận tốc và tỷ lệ thời gian thí nghiệm

- Tỷ lệ hình học bằng quang cáo, phụ thuộc vào tiết diện ngang ống thổi khí động, được chọn $\lambda_L = 1:30$.

- Tỷ lệ vận tốc gió thí nghiệm, phụ thuộc vào năng lực và điều kiện làm việc của các thiết bị thí nghiệm, tỷ lệ này chọn $\lambda_v = 1:10$.

- Tỷ lệ thời gian lấy số liệu thí nghiệm, phụ thuộc vào tỷ lệ mô hình và tỷ lệ vận tốc, tỷ lệ này chọn $\lambda_T = 1:3$.

b) Kiểm tra các tham số của mô hình thí nghiệm

- Tỷ lệ kích thước hình học và độ chỏan (blockage ratio $\leq 5\%$):

$$\lambda_L = \frac{L_{\text{model}}}{L_{\text{full}}} = \frac{B_{\text{model}}}{B_{\text{full}}} = \frac{H_{\text{model}}}{H_{\text{full}}} = \frac{1}{30}$$

$$\frac{A_{\text{model}}}{A_T} = \frac{0,17 \times 0,47 + 0,04 \times 0,6}{2 \times 2} = 2,6\% < 5\%.$$

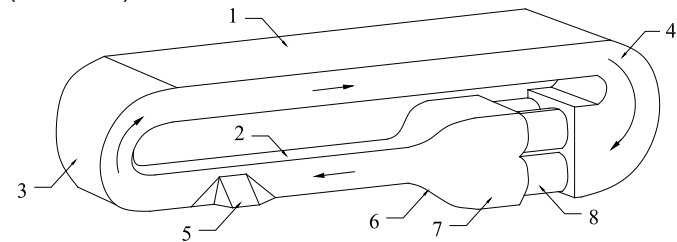
Tỷ lệ này đã tránh được hiện tượng chỏan hoặc làm sai khác kết quả đo [10].

- Xác định vận tốc gió thí nghiệm, vận tốc gió trung bình thực đối với vùng II-B, tại cao độ đỉnh bằng quang cáo ($H = 20 \text{ m}$) là $1,11 \times 39,37 \text{ m/s} = 43,7 \text{ m/s}$, chọn vận tốc gió thí nghiệm trung bình tại đỉnh mô hình là $4,37 \text{ m/s}$.

- Xác định thời gian thí nghiệm, chọn thời gian thí nghiệm cho một (01) hướng gió trong ống thổi khí động là 200 giây (tương ứng là 3,3 phút).

3.3. Thí nghiệm và ghi kết quả

Thí nghiệm mô hình bằng quang cáo thu nhỏ được thực hiện trong ống thổi khí động của Viện khoa học công nghệ xây dựng. Đây là ống thổi khí động tại có dạng kín (*Closed Circuit Wind Tunnel*) theo phương đứng và có hai nhánh, có tổng chiều dài là 35,5 m, chiều cao là 9,1 m (xem Hình 5).



1 - nhánh trên (8×2); 2 - nhánh dưới (2×2); 3 - đầu nắn dòng 1; 4 - đầu nắn dòng 2; 5 - bàn xoay đường kính 4 m; 6 - côn tăng tốc; 7 - khoang lắng; 8 - động cơ

Hình 6. Sơ đồ ống thổi khí động của Viện KHCN Xây dựng

Kích thước tiết diện trong lòng ống thổi của nhánh dưới có kích thước $2,0 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$ với phần mở rộng có bố trí bàn xoay đường kính 4,0 m, kích thước tiết diện ống thổi nhánh trên chiều cao 2,0 m

với chiều rộng rộng 8,0 m, tại vị trí bàn xoay có cửa kính lớn để quan sát.

Ống thổi khí động có hệ thống động cơ tạo gió công suất lớn, gồm 4 động cơ và bộ điều khiển. Ống thổi đi kèm với bàn tạo nhám bề mặt, hệ thống các loại đầu đo, hệ thống máy tính nối mạng nội bộ, hệ thống thu thập và xử lý số liệu cùng các phần mềm chuyên dụng kèm theo.

Khoang tăng tốc có tỷ số nén dòng khí là $n = S_{in}/S_{out} = 4,8$.

Ống thổi khí động được điều khiển tự động toàn bộ bằng chương trình thông qua hệ thống máy tính điện tử.

Các thông số kỹ thuật của ống thổi khí động:

- Độ rối dòng, $\varepsilon = 1,5\%$;

- Độ đồng đều của trường vận tốc, $\mu_T = \pm 1,5\%$.

Thí nghiệm đo lực cắt đáy và mô men đáy tại chân cột đỡ tấm bằng ứng với các góc hướng gió khác nhau. Do tấm bằng đối xứng theo 2 phương, chỉ cần thí nghiệm với các hướng gió từ 0° đến 90° , bước của góc đo là 15° (tổng số có 7 lần đo). Với mỗi hướng gió, tiến hành đo (5 thành phần lực) $\times 200s \times 1000 \text{ Hz} = 1.000.000$ số liệu. Nhận được tổng số bộ dữ liệu bằng số hướng gió nhân với số lần đo bằng 7 lần đo $\times 1.000.000$ số liệu = 7.000.000 số liệu.

Kết quả đo đối với mỗi mô hình bằng quang cáo là 200.000 số liệu ứng với thời gian đo 200 giây cho mỗi hướng đo (tổng số có 7 hướng đo). Từ đó xác định được các hệ số lực ($C_{f,x}, C_{f,y}$ và $C_{f,Mz}$) trong khoảng thời gian đo của mỗi thí nghiệm riêng lẻ theo (16) như sau:

$$\bar{C}_{f,x} = \frac{1}{200.000} \sum_{i=1}^{200.000} \bar{C}_{f,x,i}(t) \quad (16a)$$

$$\bar{C}_{f,y} = \frac{1}{200.000} \sum_{i=1}^{200.000} \bar{C}_{f,y,i}(t) \quad (16b)$$

$$\bar{C}_{f,Mz} = \frac{1}{200.000} \sum_{i=1}^{200.000} \bar{C}_{f,Mz,i}(t) \quad (16c)$$

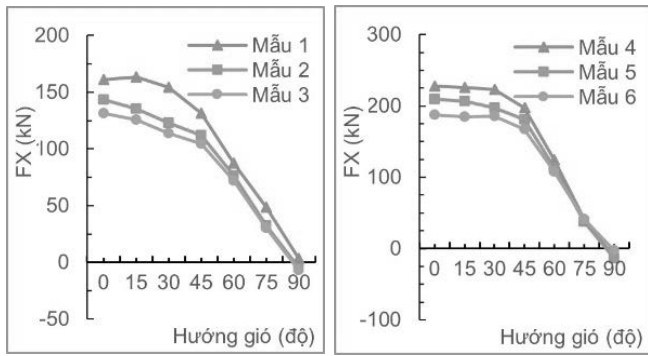
Tỷ số độ lệch tâm không thứ nguyên quanh trục Z được xác định theo công thức:

$$\frac{e_y}{b} = \frac{\bar{C}_{f,Mz}}{\bar{C}_{f,x}} \quad (17)$$

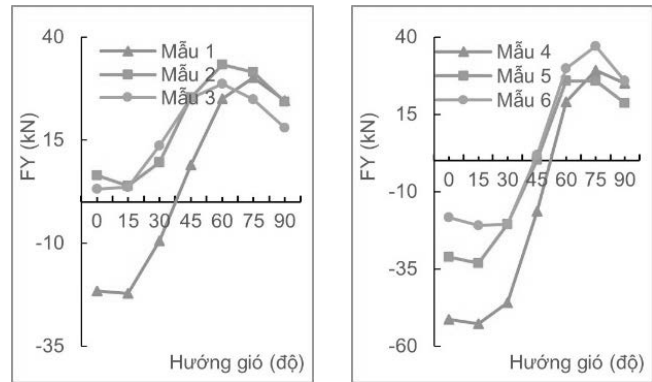
trong đó: e_y là khoảng cách từ trọng tâm tấm bằng đến hợp lực của lực gió.



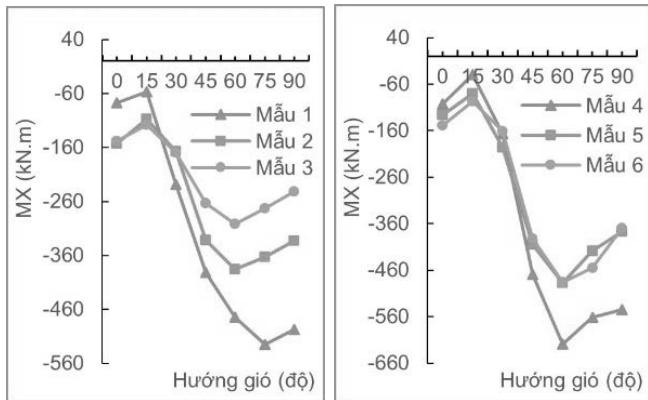
Hình 7. Hình ảnh mẫu sau chế tạo



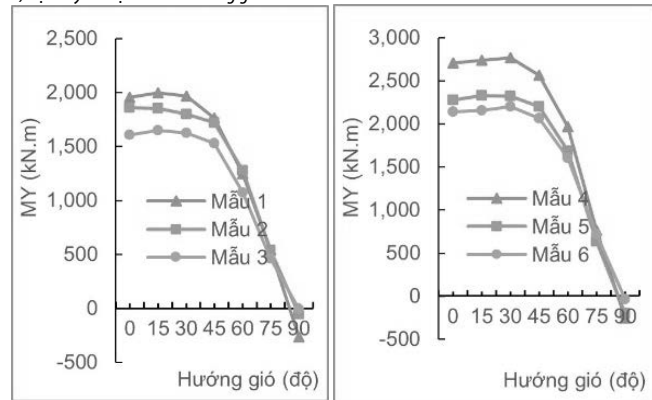
a) Sự thay đổi lực F_x theo hướng gió



b) Sự thay đổi lực F_y theo hướng gió

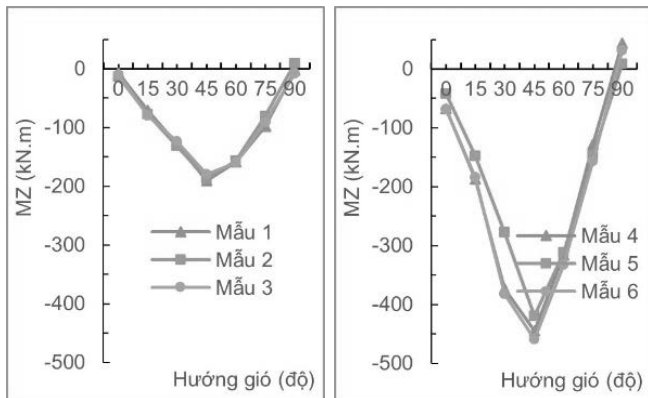


c) Sự thay đổi lực M_x theo hướng gió

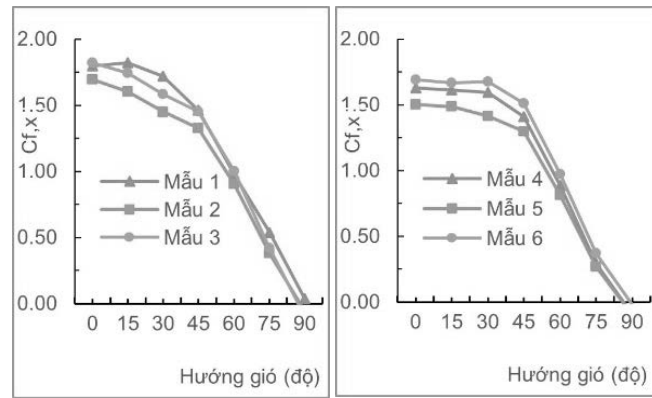


d) Sự thay đổi lực M_y theo hướng gió

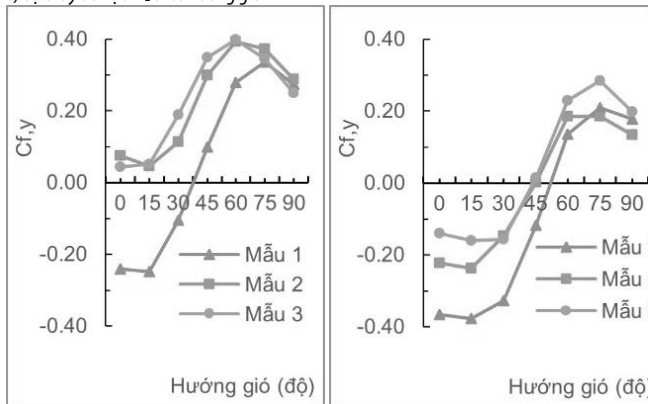
Hình 8. Kết quả thí nghiệm các mẫu M1 đến M6



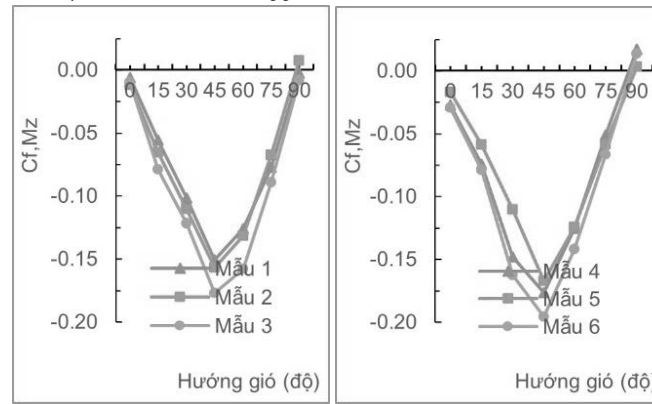
e) Sự thay đổi lực M_z theo hướng gió



f) Sự thay đổi hệ số lực C_{f_x} theo hướng gió



g) Sự thay đổi hệ số lực C_{f_y} theo hướng gió



h) Sự thay đổi hệ số lực C_{f_i,M_z} theo hướng gió

Hình 9. Kết quả thí nghiệm các mẫu M1 đến M6 (tiếp theo)

4. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ BÀN LUẬN

Thực hiện thí nghiệm trong ống thổi khí động đối với các mẫu M1 đến M6 ứng với các hướng gió từ 0° đến 90° với bước của góc hướng gió là 15° (như ở Hình 4). Ký hiệu kích thước, quy ước chiều lực và góc hướng gió như ở Hình 5. Kết quả sự thay đổi của lực cắt đáy theo phương X (F_x), theo phương Y (F_y) và sự thay đổi mô men đáy quanh trục X (M_x), quanh trục Y (M_y) và quanh trục Z (M_z), cũng như sự thay đổi hệ số lực C_{f,x} (theo phương trục x), C_{f,y} (theo phương trục y) và C_{f,Mz} (xoắn quanh trục z) tại bề mặt tấm bảng. Kết quả thí nghiệm cho các giá trị trung bình (Mean), độ lệch chuẩn (Std), lớn nhất (Max) và nhỏ nhất (Min) ứng với các nguyên mẫu M1 đến M6.

4.1. Kiểm chứng kết quả thí nghiệm

Kiểm chứng kết quả thí nghiệm trong ống thổi khí động (TN) thông qua so sánh với kết quả tính bằng bảng tính WSB theo TCVN 2737:1995 (VN95) và TCVN 2737:2023 (VN23), kết quả giá trị lực gió F_x được xác định từ kết quả lực cắt đáy theo phương X là F_x (F_x = F_x) đối với các mẫu M1 đến M6. Kết quả kiểm chứng lực gió F_x được ghi ở Bảng 3, kết quả lực gió F_x được minh họa ở Bảng 3. Thấy rằng, giá trị chênh lệch giữa kết quả thí nghiệm khi so với VN95 từ 3,4% đến 17,7% (trung bình 7,2%), và khi so với VN23 từ 3,3% đến 16,6% (trung bình 5,3%). Theo đó, các giá trị chênh lệch là không nhiều, chứng tỏ kết quả thí nghiệm có đủ tin cậy.

Bảng 3. Kết quả kiểm chứng lực gió F_x

Mẫu số	Kích thước			Giá trị F _x (kN) theo			Chênh (%)	
	b	c	h _g	VN95	VN23	TN	VN95	VN23
1	14	5	15	152,3	134,4	161,2	5,6	16,6
2	14	5	12	148,2	131,2	143,4	-3,4	8,5
3	14	5	9	143,4	127,1	131,2	-9,3	3,1
4	18	6	18	241,1	213,3	227,9	-5,8	6,4
5	18	6	15	235,9	208,5	209,5	-12,6	0,5
6	18	6	12	220,8	193,6	187,5	-17,7	-3,3

Minh họa kết quả tính toán lực gió F_x đối với mẫu M5 (thống nhất ký hiệu theo TCVN 2737:1995 và TCVN 2737:2023 là F_x), cụ thể:

- Theo TCVN 2737:1995 (VN95), ta có:

$$F_x = W_0 k(z) C_x (1 + \zeta \zeta_v) A$$

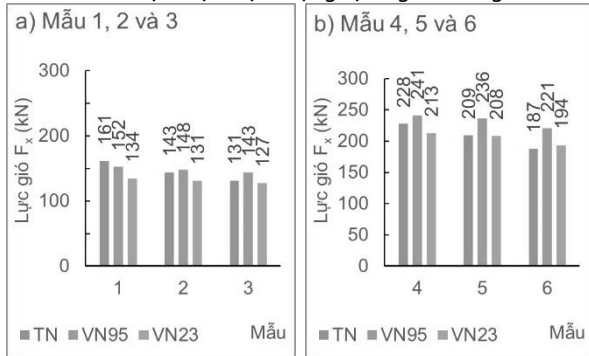
$$= 0,95 \times 1,033 \times 1,22 \times 1,69 \times 18 \times 6 = 235,9 \text{ kN.}$$

- Theo TCVN 2737:2023 (VN23), ta có:

$$F_x = W_0 k(z_e) C_x G_f A$$

$$= 0,852 \times 1,2 \times 0,95 \times 1,133 \times 1,625 \times 1,037 \times 18 \times 6 = 208,5 \text{ kN}$$

Kết quả tính toán lực gió F_x đối với các mẫu khác (mẫu M1 đến M4 và mẫu M6) được thực hiện tương tự và ghi ở Bảng 3.



Hình 10. Minh họa kết quả F_x theo TN, VN95 và VN23

4.2. Ảnh hưởng của hướng gió đến các lực gió

a) Đối với lực cắt đáy F_x theo phương X (lực cắt đáy dọc luồng gió)

Hướng gió có ảnh hưởng đến lực cắt đáy dọc luồng gió F_x, khi góc hướng gió θ = 0° thì F_x có giá trị dương là lớn nhất và giảm dần

về gần giá trị 0 (thậm chí còn có giá trị âm) khi góc hướng gió θ = 90°.

b) Đối với lực cắt đáy F_y theo phương Y (lực cắt đáy ngang luồng gió)

Hướng gió có ảnh hưởng đến lực cắt đáy ngang luồng gió F_y, khi góc hướng gió θ = 0° thì F_y có giá trị là nhỏ nhất, và tăng dần đến lớn nhất khi góc hướng gió khoảng θ = 60° đến 75° rồi lại giảm dần cho đến khi góc hướng gió θ = 90°.

c) Đối với mô men đáy M_z xoắn quanh trục Z

Hướng gió có ảnh hưởng đến mô men đáy M_z xoắn quanh trục Z, khi góc hướng gió θ = 0° thì M_z có giá trị nhỏ và tăng dần đến giá trị lớn nhất khi góc hướng gió θ = 45°, nhưng sau đó lại giảm dần khi góc hướng gió θ = 90°.

4.3. Ảnh hưởng của độ cao đặt tấm bảng đến các lực gió

a) Đối với lực cắt đáy F_x theo phương X

Độ cao đặt tấm bảng có ảnh hưởng đến lực cắt đáy dọc luồng gió F_x, khi độ cao đặt tấm bảng càng lớn thì giá trị lực cắt đáy dọc luồng gió càng lớn, điều này có thể giải thích bởi profile vận tốc gió tăng dần theo chiều cao.

b) Đối với lực cắt đáy F_y theo phương Y

Độ cao đặt tấm bảng có ảnh hưởng đến lực cắt đáy ngang luồng gió F_y, cũng tương tự như đối với lực cắt đáy dọc luồng gió F_x, khi độ cao đặt tấm bảng càng lớn thì giá trị lực cắt đáy ngang luồng gió càng lớn.

c) Đối với mô men đáy M_z xoắn quanh trục Z

Độ cao đặt tấm bảng có ảnh hưởng đến mô men đáy M_z xoắn quanh trục Z, độ cao đặt tấm bảng càng lớn thì giá trị mô men đáy xoắn quanh trục Z càng lớn. Điều này cho thấy khi tấm bảng đặt càng cao thì lực gió đặt càng xa trọng tâm tấm bảng.

4.4. Nhận xét kết quả

- Hệ số lực C_{f,x} đạt giá trị lớn nhất bằng 1,8 ứng với mẫu M1 và mẫu M3, và bằng 1,7 ứng với mẫu M2 tương ứng với tỉ lệ kích thước tấm bảng b/c = 2,8. Đạt giá trị lớn nhất bằng 1,7 ứng với mẫu M6, bằng 1,5 ứng với mẫu M5 và bằng 1,6 ứng với mẫu M4 tương ứng với tỉ lệ kích thước tấm bảng b/c = 3,0.

- Hệ số lực C_{f,y}, đạt giá trị lớn nhất là 0,3 khi góc hướng gió θ = 75° ứng với mẫu M6 và nhỏ nhất bằng 0,0 khi góc hướng gió θ = 45° ứng với mẫu M6. Đạt giá trị lớn nhất là 0,4 khi góc hướng gió θ = 75° ứng với mẫu M3 và nhỏ nhất bằng 0,0 khi góc hướng gió θ = 15° ứng với mẫu M3. Đồng thời thấy rằng, giá trị lực ngang luồng gió khá nhỏ, có nghĩa hệ số lực cũng như chiều dày tấm bảng d cũng khá bé so với chiều rộng tấm bảng b, vì thế có thể bỏ qua ảnh hưởng của hệ số lực C_y.

- Hệ số lực xoắn C_{f,Mz}, đạt giá trị lớn nhất là 0,2 khi góc hướng gió θ = 45° ứng với mẫu M3 và nhỏ nhất bằng 0,0 khi góc hướng gió θ = 0° và θ = 90° ứng với mẫu M3 và mẫu M6.

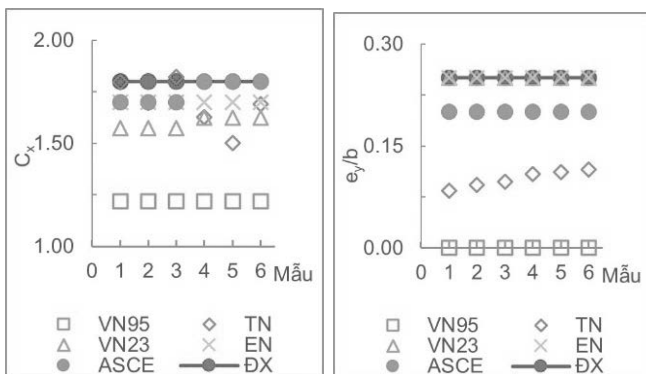
5. ĐỀ XUẤT GIÁ TRỊ C_{f,x} VÀ TỶ SỐ E_y/B ÁP DỤNG CHO BẢNG QUẢNG CÁO

Trên cơ sở hệ số lực C_{f,x} (theo phương x) và hệ số lực xoắn C_{f,Mz} (xoắn quanh trục z) theo kết quả thí nghiệm (TN), tác giả luận án đề xuất (ĐX) giá trị hệ số lực C_{f,x} và tỷ số độ lệch tâm không thứ nguyên e_y/b quanh trục z áp dụng cho bảng quảng cáo với kích thước phổ biến ở Việt Nam, C_x = 1,8 và e_y/b = 0,25. Các giá trị này cũng phù hợp với giá trị C_x = 1,8 và e_y/b = 0,25 theo EN 1991-1-4 [12] và C_x = 1,7 đến 1,8 và e_y/b = 0,20 theo ASCE/SEI 7-16 [8].

Kết quả hệ số lực C_{f,x} và tỷ số độ lệch tâm không thứ nguyên e_y/b quanh trục z theo đề xuất (ĐX) và theo TCVN 2737:1995 (VN95), TCVN 2737:2023 (VN23), và thí nghiệm (TN) được liệt kê trong Bảng 4. và minh họa như ở 0.

Bảng 4. Đề xuất giá trị $C_{f,x}$ và tỷ số e_y/b

Mẫu	Giá trị hệ số $C_{f,x}$				Giá trị tỷ số e_y/b			
	TN	VN95	VN23	ĐX	TN	VN95	VN23	ĐX
1	1,80	1,22	1,58	1,80	0,08	0,00	0,25	0,25
2	1,70	1,22	1,58	1,80	0,09	0,00	0,25	0,25
3	1,82	1,22	1,58	1,80	0,10	0,00	0,25	0,25
4	1,63	1,22	1,63	1,80	0,11	0,00	0,25	0,25
5	1,50	1,22	1,63	1,80	0,11	0,00	0,25	0,25
6	1,69	1,22	1,63	1,80	0,12	0,00	0,25	0,25



a) Giá trị $C_{f,x}$ b) Giá trị e_y/b
Hình 11. Minh họa giá trị $C_{f,x}$ và e_y/b

6. KẾT LUẬN

Qua các nội dung nghiên cứu trong chương này, kết quả đạt được:

- Xây dựng quy trình thí nghiệm trong ống thổi khí động dành riêng cho bảng quảng cáo, sử dụng phương pháp đo cân bằng lực tần số cao và thiết lập được mô hình thu nhỏ dùng cho thí nghiệm trong ống thổi khí động đối với bảng quảng cáo tấm lớn theo tỉ lệ 1:30 phù hợp với điều kiện Việt Nam (phù hợp về môi trường gió, mô hình thí nghiệm và điều kiện thiết bị thí nghiệm hiện có tại Viện Khoa học công nghệ xây dựng).

- Thí nghiệm trong ống thổi khí động 06 mô hình bảng quảng cáo thu nhỏ, tấm bảng có kích thước (0,47×0,17×0,05) m đặt ở các độ cao lần lượt là 0,6 m, 0,47 m và 0,34 m tính từ mặt nền đến cạnh dưới của tấm bảng, và tấm bảng có kích thước (0,60×0,20×0,05) m, đặt ở các độ cao lần lượt là 0,6 m, 0,50 m và 0,47 m; cột đỡ các tấm bảng có đường kính 0,04 m, dạng địa hình B theo TCVN 2737:2023. Hướng gió tác động từ 0° đến 90°, bước thay đổi của góc đo là 15°.

- Làm rõ ảnh hưởng của góc hướng gió tác động và độ cao đặt tấm bảng quảng cáo đến lực cắt đáy dọc luồng gió F_x , ngang luồng gió F_y và mô men đáy theo phương dọc M_x và phương ngang M_y , mô men xoắn M_z đối với cột đỡ tấm bảng, cũng như các hệ số lực $C_{f,x}$ (theo phương x), $C_{f,y}$ (theo phương y) và $C_{f,Mz}$ (xoắn quanh trục z). Đồng thời thấy rằng, gió tác động lên tấm bảng gây lực gió lớn nhất là hướng gió 0°.

- Đồng thời đề xuất giá trị hệ số lực $C_{f,x}$ và độ lệch tấm e_y (tỷ số độ lệch tâm không thứ nguyên e_y/b) của lực gió áp dụng cho bảng quảng cáo tấm lớn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Nguyễn Lệ Thủy, Nguyễn Hồng Sơn (2023), Mô phỏng bảng quảng cáo tấm lớn

bằng phần mềm Ansys Fluent, *Tạp chí Xây dựng - Bộ Xây dựng*, tháng 2/2023, ISSN 2734-9888, tr 73-79.

[2] Nguyễn Lệ Thủy (2023), Ảnh hưởng của một số tham số đến hệ số khí động của bảng quảng cáo, *Tạp chí Xây dựng - Bộ Xây dựng*, tháng 6/2023, ISSN 2734-9888, tr 74-79.

[3] TCVN 2737:1995 (1995), *Tải trọng và Tác động - Tiêu chuẩn thiết kế*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.

[4] TCVN 2737:2023 (2023), *Tải trọng và Tác động*, Bộ Khoa học và Công nghệ, Hà Nội (dự thảo).

[5] TCVN 5575:2023 (2023), *Thiết kế kết cấu thép*, Bộ Khoa học và Công nghệ, Hà Nội (dự thảo).

[6] TCXD 229:1999 (1999), *Chỉ dẫn tính toán thành phần động của tải trọng gió theo TCVN 2737:1995*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.

[7] ASCE/SEI 49-12, American Society of Civil Engineers, "Wind Tunnel Testing for Buildings and Other Structures", American Society of Civil Engineers, 1801 Alexander Bell Drive Reston, Virginia 20191.

[8] ASCE/SEI 7-16, (2016), *Minimum design loads and associated criteria for buildings and other structures*, American Society of Civil Engineers 1801 Alexander Bell Drive Reston, Virginia, 20191-4382.

[9] ASCE 7-2010, *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*.

[10] AWES-QWM-1-2019 (2019), *Quality Assurance Manual for Wind Engineering Studies of Buildings*, Australasian Wind Engineering Society.

[11] Alan G. Davenport Wind Engineering Group (2007), "Wind Tunnel Testing: A General Outline, The Boundary Layer Wind Tunnel Laboratory", *The University of Western Ontario, Faculty of Engineering Science*.

[12] EN 1991-1-4:2005+A1 (2010), *Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-4: General actions - Wind actions*.

[13] JGJ/T 338-2014 (2014), *建筑工程风洞试验方法标准* (Standard for wind tunnel test of buildings and structures), China Architecture & Building Press: Beijing, China, 2014.