# TẢI TRỌNG GIÓ TÁC DỤNG LÊN CÁC TẤM CHE NẮNG TRÊN MÁI CÔNG TRÌNH CÓ HOẶC KHÔNG CÓ TƯỜNG CHẮN MÁI

ThS. **VŨ THÀNH TRUNG**, GS. **YUKIO TAMURA** và PGS. **AKIHITO YOSHIDA** Đại học Bách Khoa Tôkyô, Nhật Bản

Tóm tắt: Tấm che nắng là một kết cấu mới được dùng chống nóng cho các mái nhà. Bài báo này trình bày một nghiên cứu về ảnh hưởng của tường chắn mái lên tải trọng gió tác dụng lên các tấm che nắng trên mái một nhà thấp tầng với tỉ lệ 1:50 bằng ống thổi khí động. Bốn chiều cao của tường chắn mái ( $h_p = 15$ , 30, 45 và 60 mm) được dùng để khảo sát ảnh hưởng của chúng đến tải trọng gió tác dụng lên các tấm che nắng thông qua các kết quả của hệ số khí động, hệ số lực khí động và hệ số tương quan chéo giữa các áp lực gió mặt trên và dưới. Một số kết luận quan trọng được rút ra từ nghiên cứu này.

## 1. Đặt vấn đề

Cấu tạo, mục đích sử dụng của tấm che nắng và ảnh hưởng độ rỗng đến tải trọng gió lên chúng đã được trình bày trong bài báo [1]. Tường chắn mái được dùng rất phổ biến cho các công trình nhà thấp tầng và các ảnh hưởng của chúng đến tải trọng gió tác dụng lên mái nhà đã được trình bày trong một số nghiên cứu [2, 3, 4, 5, 6, 7]. Tuy nhiên, cho đến nay vẫn chưa có nghiên cứu nào về ảnh hưởng của tường chắn mái đến tải trọng gió (tải trọng chủ yếu) tác dụng lên các tấm che nắng. Khác với mái nhà thông thường, tải trọng gió tác dụng lên tấm che nắng được tạo ra từ sự khác nhau giữa áp lực gió mặt trên và mặt dưới của tấm, do đó ảnh hưởng của tường chắn mái lên tải trọng gió của chúng cũng khác với mái nhà thông thường. Bài báo này trình bày các kết quả nghiên cứu mới về ảnh hưởng của tường chắn mái với tải trọng gió tác dụng lên các tấm che nắng. Hình 1 thể hiện ứng dụng của các tấm che nắng cho mái nhà có tường chắn mái.



Hình 1. Hình ảnh ứng dụng của các tấm che nắng cho mái nhà có tường chắn mái

## 2. Mô hình và bố trí thiết bị thí nghiệm

Chi tiết về thí nghiệm ống thổi khí động đã được trình bày tại bài báo [1]. Một số thông tin được trình bày ở đây nhằm chỉ để hoàn thiện bài báo.



(a) Kích thước hình học của mô hình thí nghiệm



(d) Mặt bằng bố trí lỗ và đầu đo áp lực trên các tấm

Hình 2. Mô hình thí nghiệm (các kính thước ở đơn vị mm)

Các thí nghiệm được tiến hành cho một mô hình nhà thấp tầng tại ống thổi khí động (có kích thước mặt cắt ngang 2.2 m rộng x 1.8 m cao) của Trường Đại học Bách khoa Tôkyô, Nhật Bản. Mô hình thí nghiệm (tỉ lệ mô hình là 1/50) có kích thước 200 mm cao (H) × 470 mm rộng (B) × 710 mm dài (D) (xem hình 2). Mô hình thí nghiệm với các tấm che nắng có độ rỗng  $\phi$  = 5% (tỉ lệ giữa tổng diện tích các lỗ và diện tích toàn bộ của tấm). Địa hình dạng III (với chỉ số mũ của đường profile vận tốc trung bình là 0.2 - tương đương với dạng địa hình B của TCVN 2737-1995) của AIJ-RFLB (2004)[8] được dùng cho các thí nghiệm này. Vận tốc gió trung bình và độ rối tại độ cao mái tương ứng là 7 m/s và 0.26. Tỉ lệ của vận tốc gió là 1/4. Hệ số Reynolds tại độ cao mái của mô hình là 2.2 x 10<sup>5</sup>.

Tổng số có năm trường hợp thí nghiệm, trong đó một trường hợp không có tường chắn mái và bốn trường hợp có tường chắn mái. Mô hình của tường chắn mái được gắn xung quanh mái của mô hình chính. Bốn chiều cao của tường chắn mái  $(h_p)$  được dùng cho các thí nghiệm:  $h_p = 15$ , 30, 45 và 60 mm tương ứng với chiều cao tương đối của tường chắn mái  $n_p^* = h_p/(H+h_p) = 0.07, 0.13, 0.18$  và 0.23. 41 hướng gió khác nhau (từ 0° đến 360° với 10° cho từng bước và 4 hướng gió: 45°, 135°, 225° và 315°) được dùng cho các thí nghiệm.

Hình 3 thể hiện một số hình ảnh về mô hình thí nghiệm.



(a) Mô hình thí nghiệm trong ống thổi khí động

(b) Cận cảnh mô hình thí nghiệm

Hình 3. Một số hình ảnh của mô hình thí nghiệm

## 3. Kết quả và bình luận

#### 3.1. Hệ số lực khí động cục bộ

Các phần bố của các hệ số lực khí động cục bộ (xem bài [1] cho định nghĩa về các hệ số này) trung bình và lệch chuẩn ( $\overline{C}_n$  và  $C_n$ ) trên các tấm A, B, C và D được thể hiện trong hình 4 cho hướng gió  $\theta = 45^{\circ}$ . Các hệ số lực khí động cục bộ được định nghĩa là dương khi có chiều hướng xuống phía dưới. Tại hướng gió này, các giá trị của  $\overline{C}_n$  của các tấm A, B và C tăng với các tường chắn mái thấp  $(h_p^* = 0.07 \text{ và } 0.13)$  và giảm với các tường chắn mái cao  $(h_p^* = 0.18 \text{ và } 0.23)$ . Đối với tường chắn mái có  $h_p = 60 \text{ mm}$  ( $h_p^* = 0.23$ ), các giá trị  $\overline{C}_n$  của các tấm che nắng được phân bố đều hơn. Các giá trị lớn nhất của  $\overline{C}_n \cong 0.3$ , 0.7, 0.5, 0.2 và 0.1 tương ứng cho các tường chắn mái có  $h_p^* = 0$ , 0.07, 0.13, 0.18 và 0.23. Chiều hướng thay đổi của các giá trị  $C_n'$  theo chiều cao của tường chắn mái cũng tương tự như  $\overline{C}_n$ . Các giá trị lớn nhất của  $C_n'$  xây ra tại các cạnh biên của tấm A với trường hợp không có tấm chắn mái hoặc chiều cao tường chắn mái tấp ( $h_p^* = 0.07$ ). Điều này có nghĩa là các xoáy gió vẫn tác động tại các cạnh biên của tấm này. Các giá trị lớn nhất của  $C_n' \cong 0.4$ , 0.24 và 0.14 xảy ra tại vùng giữa của tấm A cho các tường chắn mái có  $h_p = 30$ , 45 và 60 mm ( $h_p^* = 0.13$ , 0.18 và 0.23). Điều này có thể được giải thích như sau: các tường chắn mái có độ cao lớn hơn làm dịch chuyển các xoáy gió ra xa góc mái. Đối với tường chắn mái thấp ( $h_p^* = 0.07$ ), chiều cao không đủ lớn để dịch chuyển các xoáy góc nên tác dụng của chúng tại đây vẫn còn lớn.

Áp lực gió hưởng lên trên đo được tại mặt trên của các tấm còn các áp lực gió hướng xuống dưới đo được tại mặt dưới của tấm. Ngoài ra, áp lực gió ở mặt trên và mặt dưới rất giống. Các áp lực này có giá trị cao nhất tại các biên của tấm và giảm dần theo khoảng cách từ vị trí đo đến cạnh biên của tấm.



**lình 4.** Sự phân bô các hệ sô lực khí động cục bộ trên bê mặt các tâm A, B, C và D với các chiêu ca tương đối khác nhau của tường chắn mái h<sub>r</sub>, và tại hướng gió  $\theta$  = 45°

Hình 5 thể hiện sự thay đổi giá trị của hệ số khí động trung bình tại mặt trên của tấm  $(\overline{C}_{pu})$ , hệ số lực khí động cục bộ trung bình  $(\overline{C}_n)$ , hệ số khí động lệch chuẩn tại mặt trên của tấm  $(C_{pu})$ , hệ số lực khí động cục bộ lệch chuẩn  $(C_n)$ , hệ số khí động lớn nhất tại mặt trên của tấm  $(\hat{C}_{pu})$ , hệ số lực khí động cục bộ lớn nhất  $(\hat{C}_n)$ , hệ số khí động nhỏ nhất tại mặt trên của tấm  $(\hat{C}_{pu})$ , hệ số lực khí động cục bộ lớn nhất  $(\hat{C}_n)$ , hệ số khí động nhỏ nhất tại mặt trên của tấm  $(\hat{C}_{pu})$  và hệ số lực khí động cục bộ nhỏ nhất  $(\hat{C}_n)$ , hệ số khí động tại vị trí y/H = 0.43 (xem hình 2d) (giữa các tấm A và C) tại hướng gió  $\theta = 45^{\circ}$ . Vị trí này được chọn để cắt qua hai xoáy gió ở góc. Khoảng cách từ cạnh biên đến đầu đo áp lực x, được chuẩn hóa với chiều cao của mô hình thí nghiệm H. Sự phân bố của

 $\overline{C}_{pu}$  và  $C_{pu}^{'}$  đã chỉ ra rằng có hai xoáy gió tại các vị trí  $C_{pu}^{'}$  có giá trị lớn nhất (*x/H* = 0.1 và *x/H* = 1). Đối với các tường chắn mái thấp ( $h_{p}^{*} \leq 0.13$ ), các xoáy gió vẫn xuất hiện tại bề mặt trên của tấm. Đối với các tường chắn mái cao hơn ( $h_{p}^{*} > 0.13$ ), các xoáy góc không tác dụng tại bề mặt trên của tấm tại vùng góc của mái, cho nên làm giảm áp lực gió ở mặt trên tại góc mái và sự phân bố áp lực gió đều hơn. Kết quả này cũng trùng với kết quả của [7]. Hình 5c cho thấy các giá trị của  $\hat{C}_{pu}$  của các mô hình có tường chắn mái lớn hơn các giá trị  $\hat{C}_{pu}$  của mô hình không có tường chắn mái.

Các giá trị của  $\overline{C}_n, C'_n$  và  $C_n$  nhỏ hơn  $\overline{C}_{pu}, C'_{pu}$  và  $C_{pu}$ . Ngược lại, các giá trị  $\hat{C}_n$  lại lớn hơn khá nhiều so với giá trị của  $\hat{C}_{pu}$ . Kết quả này xảy ra là do sự tương tác giữa áp lực bề mặt trên và áp lực bề mặt dưới của tấm. Các giá trị của  $\overline{C}_n, C'_n$  và  $\hat{C}_n$  tăng với các tường chắn mái có chiều cao thấp  $(h_p^* = 0.07, 0.13)$  và giảm với các tường chắn cao  $(h_p^* = 0.18, 0.23)$  cho  $x/H \le 1$ . Đối với x/H > 1, ảnh hưởng của tường chắn mái lên tải trọng gió của các tấm nhỏ hơn. Các giá trị tuyệt đối của  $C_n$  giảm từ

từ với chiều cao của tường chắn mái lên tải trọng gio của các tấm nhỏ hơn. Các gia trị tuyệt đói của  $C_n$  giam từ từ với chiều cao của tường chắn mái. Từ các kết quả đó cho thấy ảnh hưởng của tường chắn mái với hệ số khí động tại mặt trên tấm khác với hệ số lực khí động cục bộ của tấm.



**Hình 5.** Sự thay đổi của  $C_{pu}$  và  $C_n$  dọc theo đường thẳng tại vị trí y/H = 0.43 trên các tấm A và C với các chiều cao tương đối khác nhau của tường chắn mái  $h_{\mu}$  và tại hướng gió  $\theta = 45^{\circ}$ 

Các kết quả của [2] đã gợi ý rằng đối với các nhà thấp tầng có một ngưỡng cho chiều cao của tường chắn mái mà trên chiều cao đó thì làm giảm các áp lực gió trên mái (hướng lên trên), còn dưới chiều cao đó thì làm tăng các áp lực gió trên mái. Các kết quả này đúng cho  $\hat{C}_n$  (hướng xuống dưới) của tấm A trong nghiên cứu này và ở đây ngưỡng của chiều cao tường chắn mái  $h_p$  là từ 30 mm đến 45 mm.

### 3.2. Hệ số lực khí động toàn tấm

Hình 6 thể hiện sự thay đổi của các hệ số lực khí động toàn tấm (xem bài [1] cho định nghĩa về các hệ số này) lớn nhất và nhỏ nhất ( $C_F$  và  $C_F$ ) cho tấm A theo các hướng gió khác nhau và chiều cao tường chắn mái khác nhau. Ảnh hưởng của tường chắn mái đối với hệ số lực khí động toàn tấm không chỉ phụ thuộc vào hướng gió mà còn phụ thuộc vào vị trí của tấm (vị trí ở góc, biên và giữa).

Đối với tấm A (vùng góc mái) tại các hướng gió  $\theta$  trong khoảng 70° ~  $360^{\circ}(0^{\circ})$ , giá trị của  $C_F$  giảm với chiều cao của tường chắn mái. Đối với các hướng gió khác, giá trị  $C_F$  tăng với tường chắn mái thấp ( $h_p^* = 0.07$  và 0.13) nhưng giảm với các tường chắn mái cao ( $h_p^* = 0.18$  và 0.23). Các giá trị tuyệt đối của  $C_F$  tăng từ từ với chiều cao của tường chắn mái tại các hướng gió trong khoảng 90° ~  $310^{\circ}$ .



Hình 6. Sự thay đổi của hệ số lực khí động toàn tấm lớn nhất và nhỏ nhất (C<sub>F</sub> và C<sub>F</sub> ) cho tấm A theo các chiều cao tương đối khác nhau của tường chắn mái h<sub>o</sub> và các hướng gió khác nhau

Hình 7 thể hiện sự thay đổi các giá trị cực đại  $C_F$  (giá trị lớn nhất được chọn từ các giá trị  $\overset{\circ}{C}_F$  của tất cả các hướng gió) và cực tiểu  $\overset{\circ}{C}_F$  (giá trị nhỏ nhất được chọn từ các giá trị  $\overset{\circ}{C}_F$  của tất cả các hướng gió) cho các tấm A, B, C và D với chiều cao tường chắn mái khác nhau (cho tất cả các hướng gió).

Hình 7a thể hiện giá trị cực đại  $C_F$  của tấm A, so với trường hợp không có tường chắn mái, tăng với tường chắn mái thấp ( $h_p^* = 0.07$  và 0.13) nhưng giảm với các tường chắn mái cao ( $h_p^* = 0.18$  và 0.23). Đối với tấm B, giá trị cực đại  $C_F$  tăng nhẹ khi chiều cao tương đối của tường chắn mái  $h_p^*$  tăng từ 0 đến 0.13, nhưng lại giảm với các tường chắn mái có chiều cao lớn hơn. Khi chiều cao của tường chắn mái tăng thì giá trị cực đại  $C_F$  của tấm C tăng nhẹ nhưng các giá trị của tấm D lại giảm.

Ảnh hưởng của tường chắn mái lên các giá trị cực tiểu  $C_F$  nhỏ hơn khi so với các giá trị cực đại  $C_F$ . Từ hình 7b có thể thấy tường chắn mái đã làm tăng các giá trị tuyệt đối của cực tiểu  $C_F$  (cho tất cả các tấm) khi so với trường hợp không có tường chắn mái (trừ trường hợp tấm C tại  $h_p^* = 0.23$ ). Như vậy tường chắn mái đã làm tăng tải trọng gió (hướng lên trên), thậm chí với các tường chắn mái có chiều cao lớn cho các tấm A, B, C và D.



Hình 7. Sự thay đổi các giá trị cực đại  $\overset{\circ}{C}_{F}$  và cực tiểu  $\overset{\circ}{C}_{F}$  theo các chiều cao tương đối khác nhau của tường chắn mái  $\dot{h_{n}}$ 

Ngoài hệ số lực khí động toàn tấm, các hàm của các hệ số khí động tấm mặt trên và dưới của một tấm theo thời gian được xác định từ tổng giá trị các đầu đo áp lực trên cùng bề mặt của tấm (xem bài [1] cho định nghĩa về các hệ số này). Hệ số tương quan chéo *R* (tại thời gian trễ bằng 0) giữa hệ số khí động tấm của mặt trên và hệ số khí động tấm của mặt dưới được tính theo công thức sau:

$$R = \frac{\sigma_{UL}}{C_{UP}C_{LP}} \tag{1}$$

Ở đây  $\sigma_{UL}$  là hiệp phương sai (covariance) của hệ số khí động tấm của mặt trên  $C_{UP}$  và mặt dưới  $C_{LP}$ ;  $C_{UP}^{'}$  là độ lệch chuẩn của  $C_{UP}$ ;  $C_{LP}^{'}$ ; là độ lệch chuẩn của  $C_{LP}$ .

Hình 8 thể hiện hệ số tương quan chéo *R* giữa hệ số khí động tấm của mặt trên và mặt dưới cho các tấm A, B, C và D tại hướng gió  $\theta = 0^{\circ}$ . Các hệ số tương quan chéo *R* có giá trị rất cao (gần bằng 1) và tăng với chiều cao của tường chắn mái. Ở đây, các giá trị của tấm A là lớn nhất, sau đó là các giá trị của tấm B, C và D.



**Hình 8.** Sự thay đổi hệ số tương quan chéo giữa hệ số khí động tấm của mặt trên và hệ số khí động tấm của mặt dưới với chiều cao tương đối khác nhau của tường chắn mái h, cho các tấm A, B, C và D tại hướng gió  $\theta = 0^{\circ}$ 

#### 4. Kết luận

Các ẩnh hưởng của tường chắn mái đối với tải trọng gió tác dụng lên các tấm che nắng đã được khảo sát bằng thí nghiệm trong ống thổi khí động. Các kết quả sau đã đạt được:

- Đối với hệ số lực khí động cục bộ, tại hướng gió  $\theta = 45^{\circ}$ , các giá trị của  $C_n$  (có chiều hướng xuống dưới) tăng với các tường chắn mái thấp và giảm với các tường chắn mái cao, trong khi đó các

giá trị tuyệt đối của  $C_n$  (có chiều hướng lên trên) giảm với chiều cao của tường chắn mái. Đối với các mái nhà thông thường thì áp lực gió tác dụng lên mái nhà (có chiều hướng lên trên) lại tăng với các tường chắn mái thấp và giảm với các tường chắn mái cao. Vậy rõ ràng ảnh hưởng của tường chắn mái đối với áp lực gió của tấm che nắng không những khác về giá trị mà còn khác về chiều của áp lực cục bộ.

- Đối với hệ số lực khí động toàn tấm, các giá trị cực đại  $\stackrel{\frown}{C}_F$  (có chiều hướng xuống dưới) của tấm A tăng với tường chắn mái thấp ( $h_n^*$  = 0.07 và 0.13) nhưng giảm với các tường chắn mái cao

 $(h_p^* = 0.18 \text{ và } 0.23)$ . Đối với tấm B, giá trị cực đại  $\stackrel{\wedge}{C}_F$  tăng nhẹ khi chiều cao tương đối của tường chắn mái  $h_p^*$  tăng từ 0 đến 0.13, nhưng lại giảm với các tường chắn mái có chiều cao lớn hơn. Khi

chiều cao của tường chắn mái tăng thì giá trị cực đại  $\stackrel{\,\,{}_\circ}{C}_F$  của tấm C tăng nhẹ nhưng các giá trị của

tấm D lại giảm. Tường chắn mái đã làm tăng các giá trị tuyệt đối của cực tiểu  $C_F$  (cho tất các tấm) khi so với trường hợp không có tường chắn mái, (trừ trường hợp tấm C tại  $h_p^* = 0.23$ ). Như vậy tường chắn mái đã làm tăng tải trọng gió (hướng lên trên), thậm chí với các tường chắn mái có chiều cao lớn cho tất cả các tấm.

 Hệ số tương quan chéo R (tại thời gian trễ bằng 0) giữa các hệ số khí động tấm của mặt trên và mặt dưới có giá trị rất cao (gần bằng 1) và tăng với chiều cao của tường chắn mái.

Lời cảm ơn: các tác giả cảm ơn Bộ Giáo dục, Văn hóa, Thế thao, Khoa học và Công nghệ Nhật Bản thông qua chương trình Global Center of Excellence, 2008 - 2013, đã cấp kinh phí cho nghiên cứu này. Các tác giả cũng cảm ơn sự giúp đỡ của công ty SAWAYA Nhật Bản trong quá trình làm thí nghiệm. Xin chân thành cảm ơn Viện KHCN Xây dựng - Bộ Xây dựng - Việt Nam đã tạo điều kiện cho tác giả Vũ Thành Trụng được tham gia nghiên cứu này.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- VŨ THÀNH TRUNG, YUKIO TAMURA, AKIHITO YOSHIDA. "Nghiên cứu ống thổi khí động học để xác định tải trọng gió lên các tấm che nắng với các độ rỗng khác nhau", *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng - Bộ Xây dựng, 2009.* Lythe, G., Surry, D.. "Wind loading of flat roofs with and without parapets", *J. Wind Eng. Ind.*
- 2. Lythe, G., Surry, D.. "Wind loading of flat roofs with and without parapets", J. Wind Eng. Ind. Aerodyn. 11, 75-94, 1983.
- 3. Stathopoulos, T., Baskaran, A.. "Wind pressures on flat roofs with parapets", J. Struct. Div., ASCE. 113 No. 12 2166-2180, 1987.
- 4. Kind, R.J., "Worst suctions near ridges of flat rooftops with parapets", *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.* 31, 251-264, 1988.
- 5. Ahsan Kareem, Lu, P.C.. "Pressure fluctuations on flat roofs with parapets", J. Wind Eng. Ind. Aerodyn. 41-44, 1775-1786, 1992.
- 6. Bienkiewicz, B., Sun, Y. "Local wind loading on the roof of a low-rise building", J. Wind Eng. Ind. Aerodyn. 45, 11-24, 1992a.
- 7. Kopp, G.A., Surry, D., Mans, C.. "Wind effects of parapets on low buildings: Part 1. Basic aerodynamics and local loads", J. Wind Eng. *Ind. Aerodyn.* 93, 817–841, 2005.
- 8. AIJ-RFLB (2004), AIJ Recommendations for Loads on Buildings, Architectural Institute of Japan.
- 9. Bienkiewicz, B., Sun, Y.. "Wind-tunnel study of wind loading on loose-laid roofing systems", J. Wind Eng. *Ind. Aerodyn.* 41-44, 1817-1828, 1992b.
- 10. Vu Thanh Trung, Yukio Tamura, Akihito Yoshida. "Prediction of lower surface pressures on a porous cover roof sheet", *Proceedings of International Postgraduate Conference on Infrastructure and Environment (Hong Kong), 559-566, 2009.*
- 11. Vu Thanh Trung, Yukio Tamura, Akihito Yoshida. "Study on wind loading on porous roof cover sheets on a low-rise building: effects of parapet height and underneath volume", *Proceedings of 11th American Conference on Wind Engineering (11 ACWE) (Puerto Rico, USA), 2009.*