

KIỂM NGHIỆM TÍNH CHÍNH XÁC CỦA MÔ HÌNH CFD TRONG VIỆC MÔ PHỎNG THÔNG GIÓ TỰ NHIÊN TRONG NHÀ Ở

TESTING THE ACCURACY OF THE CFD MODEL IN SIMULATING THE
NATURAL VENTILATION IN HOUSES

Ths.KTS. Hoàng Minh Hùng*

Tóm tắt: Các phần mềm CFD (Computational Fluid Dynamic- Mô phỏng số động học chất lưu) đã được ứng dụng từ lâu trong rất nhiều lĩnh vực, đặc biệt là mô phỏng các hiện tượng Vật lý trong kiến trúc. Nội dung bài báo hướng đến việc kiểm nghiệm độ chính xác của mô hình CFD, thông qua việc so sánh các kết quả mô phỏng, qua đó đánh giá độ tin cậy của phương pháp này.

Từ khóa: Mô hình CFD, mô phỏng, thông gió, môi trường kiến trúc.

Abstract: CFD (Computational Fluid Dynamic) software has long been applied in many fields, especially in simulating physical phenomena in architecture. The article is aimed at testing the accuracy of the CFD model, by comparing simulation results, thereby evaluating the reliability of this method.

Key words: CFD model, simulating, ventilation, architectural environment.

Nhận bài ngày 4/7/2023, chỉnh sửa ngày 11/7/2023, chấp nhận đăng ngày 18/7/2023.

1. Giới thiệu

Từ trước đến nay, thông gió tự nhiên vẫn được cho là một phương pháp rất quan trọng, vì tính hiệu quả và nhanh chóng mà nó mang lại trong việc loại bỏ lượng lớn không khí ô nhiễm và giảm nhiệt độ bên trong môi trường kiến trúc. Hiện tại, để nghiên cứu về hiện tượng này, các nhà nghiên cứu đang sử dụng hai phương pháp chính. Một là dùng thí nghiệm hầm gió. Phương pháp này đem lại độ chính xác của kết quả cao nhất, sát với kết quả thực tế, tuy nhiên chi phí và thời gian dành cho phương pháp này là rất lớn. Phương pháp thứ hai là CFD (Computational Fluid Dynamics- Số hóa động học chất lưu), có bản chất là dùng máy tính để mô phỏng lại chuyển động của luồng không khí. Phương pháp này có khá nhiều ưu

điểm về tính chính xác cũng như tính kinh tế, do vậy nó đang ngày càng trở nên phổ biến. Trong phương pháp CFD, tùy vào điều kiện về cấu hình máy tính, loại hình thông gió, điều kiện thiết lập ban đầu,... mà có thể lựa chọn những mô hình con (LES hay RANS) cho phù hợp.

Mục đích của bài báo này là kiểm nghiệm độ chính xác của phương pháp CFD trong mô phỏng thông gió tự nhiên trong môi trường kiến trúc. Đầu tiên, kết quả từ một thí nghiệm hầm gió sẽ được tổng hợp lại và coi như kết quả tham chiếu. Tiếp theo, sử dụng phương pháp CFD để mô phỏng lại các điều kiện trong thí nghiệm. Cuối cùng, các kết quả thí nghiệm thực tế và kết quả mô phỏng sẽ được so sánh với nhau, để kiểm nghiệm độ chính xác của phương pháp CFD.

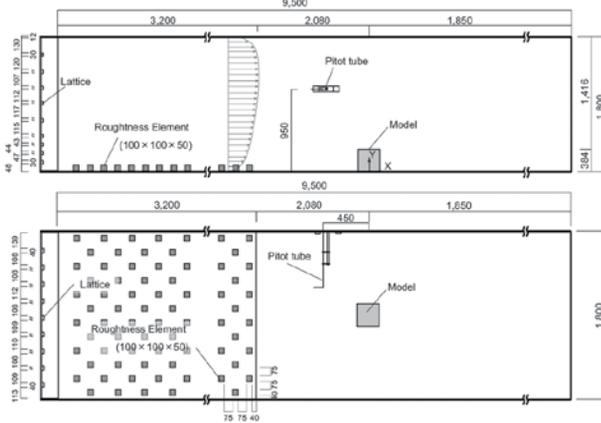
*Trường ĐH Kiến trúc Hà Nội
Email: minhhung2709@gmail.com

2. Nội dung thí nghiệm và mô phỏng

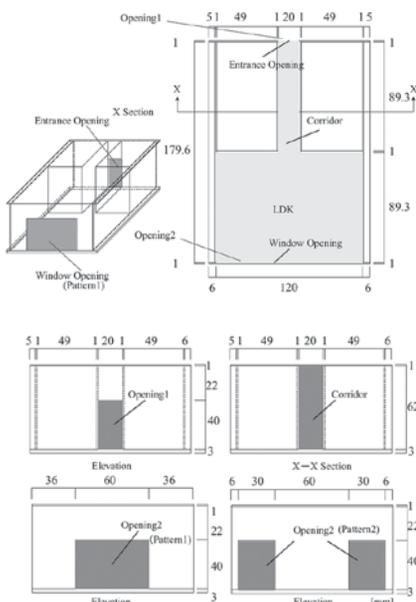
a. Thí nghiệm hầm gió

Bài báo sử dụng kết quả từ thí nghiệm hầm gió được triển khai năm 2014, bởi Tanbara (1). Hầm gió được đặt tại trường Đại học Osaka, có kích thước 9.5x1.8x1.8m dài, rộng, cao. Các chi tiết và vị trí của mô hình kiến trúc trong hầm gió được mô tả trong Hình 1. Mô hình kiến trúc được sử dụng tương trưng cho một công trình nhà ở chung cư mini, với 6 tầng, và 3 phòng (Unit) cho mỗi tầng. Các unit là giống nhau và tương ứng với một căn hộ nhỏ 1 phòng ngủ. Cửa sổ phía ban công sẽ có 2 dạng, là cửa đơn và cửa đôi (Pattern 1 và 2). Chi tiết về mô hình được thể hiện trong Hình 2. Vì sự hạn chế về cấu hình máy tính, sẽ chỉ có Unit 3 và 4 mở cửa, các Unit còn lại được giả định trong tình trạng đóng cửa (Không có thông gió xuyên phòng).

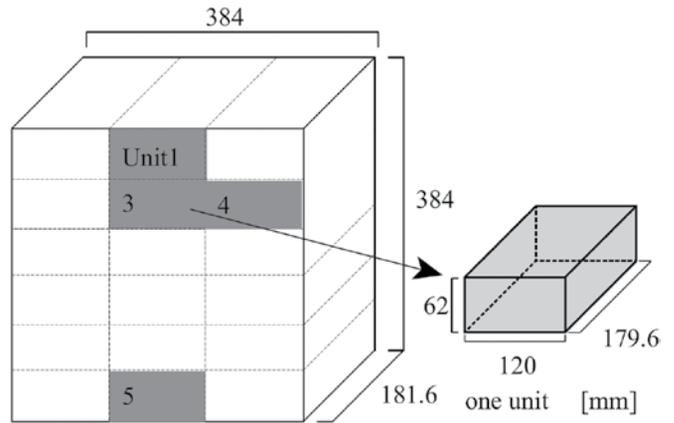
Để thu được kết quả thí nghiệm, phương pháp PIV (Partial Image Velocimetry – theo dõi chuyển động chất khí bằng laser) được sử dụng. Kết quả thu được trong thí nghiệm này sẽ được coi là kết quả thực tế tham chiếu, để kiểm nghiệm độ chính xác của phương pháp CFD.



Hình 1. Chi tiết về thí nghiệm hầm gió



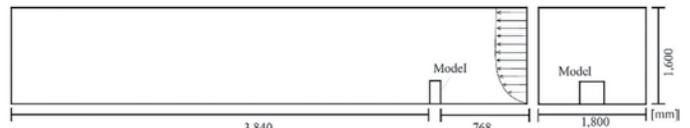
Hình 2. Chi tiết mô hình sử dụng (tổng thể)



Hình 2. Chi tiết mô hình (Phân chia bên trong từng Unit)

b. Mô phỏng CFD

Mô hình RANS (chuẩn k-ε- SKE) sẽ được sử dụng để mô phỏng lại thí nghiệm hầm gió ở trên. Đây là mô hình đang được sử dụng phổ biến do sự cân bằng giữa tính chính xác, và đòi hỏi cấu hình máy tính mà nó mang lại. Thông tin về các mô hình này được thể hiện trong Hình 4. Gradient tốc độ gió theo hệ số α= 1/4.5, tương ứng với hệ số trong môi trường gió đô thị. Các kết quả thu được về tốc độ gió, vector hướng gió sẽ được so sánh với kết quả thí nghiệm.



CFD Code	ANSYS FLUENT 14.0	
Finite difference scheme	QUICK	
Algorithm	Steady state(SIMPLEC)	
Turbulent model	Standard k-εmodel (SKE)	
Total Number of cell	Unit1	1,315,590
	Unit3-Pattern1	1,241,330
	Unit3-Pattern2	1,221,932
	Unit4	2,641,616
	Unit5	1,034,974

Hình 4. Thông tin mô hình được sử dụng

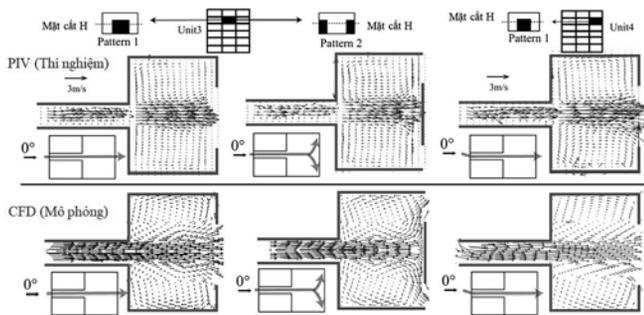
3. Thảo luận kết quả thí nghiệm

Hình 5, 6 thể hiện sự so sánh kết quả mô phỏng CFD và kết quả thí nghiệm. Hình 5 thể hiện sự so sánh về vector vận tốc gió xuyên phòng, trong khi Hình 6 thể hiện bản đồ vận tốc gió vô hướng (scalar velocity) trên mặt cắt H. Từ các kết quả trên có thể thấy như sau:

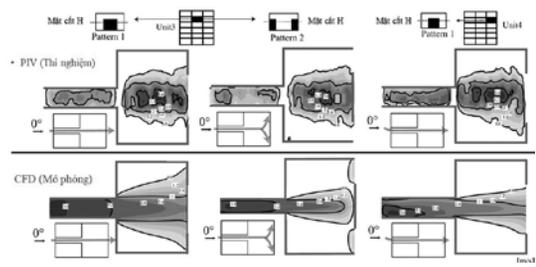
- Ở Hình 5, không có sự khác biệt quá lớn giữa hai kết quả. Đối với Unit 3, vị trí của Unit này nằm ở trên trục giữa của mô hình, ở vị trí này chính là điểm đình trệ (stagnation point), có hệ số áp lực gió cao nhất, luồng không khí sẽ đi thẳng vào trong phòng. Trường hợp Pattern 1, luồng không khí đi thẳng từ cửa vào, qua hành lang, đến phòng khách,

và theo hướng đó đi ra ngoài. Ở Pattern 2, luồng gió khi đến phòng khách sẽ bị phân li, chạy dọc theo bức tường phòng khách, và theo 2 cửa sổ 2 bên để ra ngoài. Đối với Unit 4, luồng không khí vào phòng sẽ nghiêng theo 1 góc, do vậy sẽ xuất hiện khu vực xoáy lớn ở hai bên trái phải phòng khách. Những điều này đều được mô phỏng lại ở trong kết quả của phương pháp CFD.

- Ở Hình 6, bắt đầu xuất hiện sai khác giữa hai kết quả. Mặc dù có sự đồng nhất trong kết quả đối với những vùng có vận tốc gió thấp, tuy nhiên, đối với kết quả PIV (thí nghiệm), khu vực có vận tốc gió lớn nhất là khu vực phòng khách, trong khi kết quả CFD tính toán rằng, khu vực có vận tốc gió lớn nhất lại là hành lang và lối vào. Nguyên nhân của sự sai lệch này có thể là do việc chọn chưa đúng mô hình con để tính toán. Các mô hình con khác (SST k-omega, LES) cho độ chính xác cao hơn, tuy nhiên nó tốn thời gian và đòi hỏi cao hơn về cấu hình máy tính.



Hình 5. So sánh giữa kết quả vector vận tốc gió xuyên phòng với Unit 3 và Unit 4



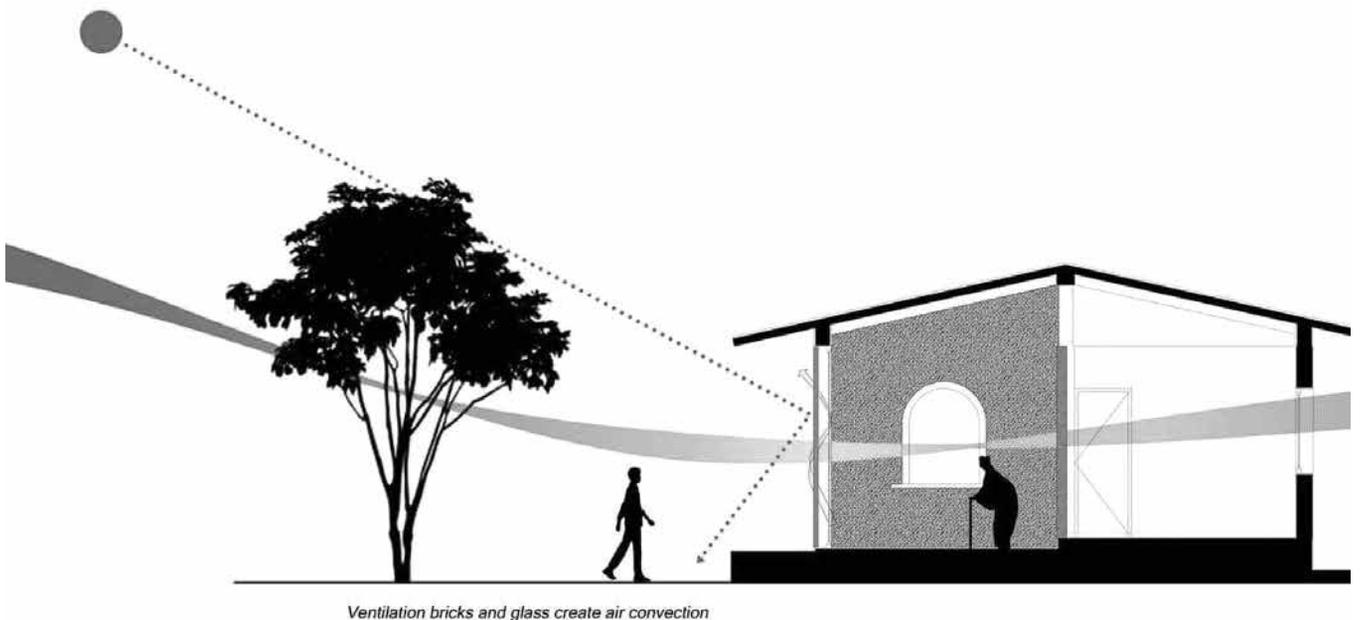
Hình 6. So sánh giữa kết quả vận tốc gió vô hướng xuyên phòng với Unit 3 và Unit 4

4. Kết luận

Thông qua sự so sánh giữa kết quả mô phỏng theo phương pháp CFD và kết quả thí nghiệm thực tế áp dụng với một mô hình kiến trúc đơn giản, phương pháp CFD đã cho thấy được độ tin cậy khá cao trong việc mô phỏng thông gió xuyên phòng. Tuy vẫn còn có một số sự sai khác trong kết quả, nhưng điều này có thể khắc phục được bằng cách thiết lập lại các điều kiện mô phỏng, cũng như nghiên cứu sử dụng các mô hình con cho phù hợp. Phương pháp CFD có thể ứng dụng trong các nghiên cứu về thông gió xuyên phòng với môi trường vi khí hậu kiến trúc.

Tài liệu tham khảo:

- [1] Tanbara, Prediction of Natural and Cross- Ventilation Rate of nLDK- type housing unit in Apartment Building, 2014.
- [2] Guidebook for CFD Predictions of Urban Wind Environment, Architecture Institute of Japan, 2020.
- [3] On the accuracy of CFD simulations of cross- ventilation flows for a generic isolated building: Comparison of RANS, LES, and experiments, T.van Hooff, Blocken, 2016.



Ventilation bricks and glass create air convection