



CÁC PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU THÔNG GIÓ TỰ NHIÊN TRONG CÔNG TRÌNH KIẾN TRÚC

METHODS OF RESEARCHING NATURAL
VENTILATION IN ARCHITECTURAL WORKS

/ Ths.KTS. Hoàng Minh Hùng*

Tóm tắt: Hiện nay, ngày càng có nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng thông gió tự nhiên đóng một vai trò quan trọng trong việc cải thiện chất lượng không khí trong nhà, tiện nghi nhiệt và tiêu thụ năng lượng của công trình. Nội dung bài báo nhằm đề cập một cách có hệ thống những nghiên cứu về phương pháp thông gió tự nhiên điển hình và có hiệu quả cao nhất- thông gió xuyên phòng (Cross ventilation). Việc tổng hợp này nhằm hướng tới hiểu rõ hơn về cơ chế hình thành và hoạt động của luồng thông gió xuyên phòng.

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

Abstract: Nowadays, more and more researches show that natural ventilation plays an important role in improving indoor air quality, thermal comfort and energy consumption of a building. The article aims to systematically mention researches on the typical and most effective natural ventilation method - Cross ventilation. This synthesis aims to better understand the mechanism of formation and operation of cross-room ventilation flow.

Key words: CFD model, simulation, ventilation, environment, architecture

Nhận bài ngày 22/2/2024, chỉnh sửa bài ngày 13/3/2024, chấp nhận đăng ngày 3/4/2024.

1. Giới thiệu

Ngày nay, biến đổi khí hậu cũng như hiệu ứng nhà kính là những vấn đề trở nên đáng báo động. Con người đang nỗ lực

giảm thiểu lượng phát thải khí nhà kính trong các hoạt động của mình. Trong đó, ngành Xây dựng, vốn chiếm 30- 40% tổng năng lượng tiêu thụ, cần phải áp dụng những giải pháp tiết kiệm năng lượng. Cụ thể hơn, việc áp dụng các giải pháp tiêu thụ năng lượng thụ động như thông gió tự nhiên là rất quan trọng. Tính ưu việt của thông gió tự nhiên chủ yếu thể hiện ở ba khía cạnh: Tiết kiệm năng lượng, nâng cao chất lượng không khí trong nhà và tiện nghi nhiệt.

Mặc dù số lượng những nghiên cứu về thông gió tự nhiên đã tăng lên rất nhiều trong những năm gần đây thì sự tích hợp nó vào trong thiết kế các công trình vẫn chưa được phổ biến như mong đợi. Thông gió cơ học vẫn được ưu tiên trong thiết kế, đơn giản vì nó đem lại khả năng điều khiển chính xác các thông số của môi trường trong nhà. Để có thể thiết kế một hệ thống thông gió tự nhiên trong công trình đem lại hiệu quả tối ưu, cần có sự tham gia của rất nhiều chuyên gia, cũng như tính phức tạp rất cao.

Tùy theo vị trí của những lỗ mở trong công trình, thông gió tự nhiên được chia làm 3 loại chính: Thông gió đơn diện (Single Side Ventilation- SSV), thông gió xuyên phòng (Cross Ventilation- CV), thông gió theo cao độ (Stack Ventilation- SV). Trong ba loại này, thông gió xuyên phòng (CV) có hiệu quả cao nhất và được sử dụng phổ biến nhất. Việc nghiên cứu cơ chế và hiện tượng đằng sau CV có thể giúp tăng thêm sự hiểu biết về thông gió tự nhiên và giúp cho việc tích hợp nó vào trong thiết kế các công trình trở nên dễ dàng. Mục tiêu của bài báo nhằm hướng tới việc

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

tổng hợp một cách có hệ thống các phương pháp nghiên cứu về thông gió tự nhiên đã được công bố, giúp các nhà thiết kế có một cách tiếp cận tổng quát, đồng thời tóm tắt các vấn đề nghiên cứu tiềm năng cần phải giải quyết trong tương lai.

Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu chủ yếu được sử dụng trong bài báo là phân tích và tổng hợp. Các nghiên cứu đã được đăng tải trên các tạp chí, các cơ sở dữ liệu khoa học bao gồm Web of Science, ScienceDirect, Scopus và Google Scholar được tìm kiếm và tổng hợp. Các từ khóa nghiên cứu là “cross ventilation”, “cross flow”, “cross wind- induced ventilation”, “cross natural ventilation”, đây đều là các từ khóa liên quan đến thông gió tự nhiên xuyên phòng. Sau khi tổng hợp, các dữ liệu sẽ được phân loại dựa theo phương pháp nghiên cứu và tổng hợp các vấn đề còn tồn tại, cần phải giải quyết trong tương lai. Tổng cộng, đã có 107 nghiên cứu đã được tham khảo trong bài báo này.

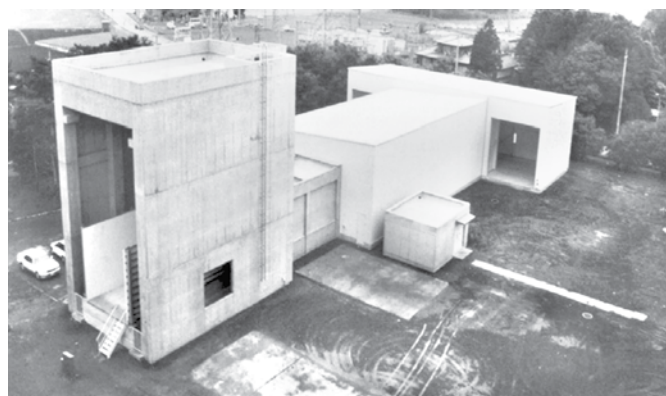
2. Các phương pháp nghiên cứu thông gió tự nhiên

Sau khi tổng hợp dữ liệu, bài báo đưa ra các phương pháp nghiên cứu thông gió tự nhiên chính, bao gồm nghiên cứu trên mô hình kích thước thực, nghiên cứu trên mô hình thu nhỏ, nghiên cứu trên mô hình CFD, nghiên cứu phân tích chuỗi và nghiên cứu phân tích dữ liệu.

2.1. Nghiên cứu trên mô hình kích thước thực

Đây là phương pháp nghiên cứu trực tiếp trên mô hình có kích thước tương đương với công trình thực sự sẽ được xây dựng. Có thể được coi là phương pháp mang lại độ chính xác cao nhất, có thể phản ánh đầy đủ các yếu tố tác động đến công trình giống như trong thực tế. Phương pháp nghiên cứu này có thể được chia thành hai loại: Nghiên cứu trên mô hình đầy đủ trong hầm gió, và nghiên cứu trên công trình thực tế.

Với phương pháp nghiên cứu trong hầm gió, hiện tại những hầm gió kích thước đủ lớn để phục vụ cho mô hình đầy đủ có số lượng rất ít trên toàn thế giới. Một ví dụ là hầm gió ở Viện Nghiên cứu Kiến trúc Nhật Bản, với kích thước 5.56 x 5.56 x 3m, đĩa quay có đường kính 8.5m. Vận tốc gió có thể điều chỉnh từ 1m/s đến 5m/s, với cường độ rối < 5%. Mặc dù phương pháp nghiên cứu này có thể mang lại khả năng điều chỉnh rất đa dạng các thông số như hướng gió, nhiệt độ ngoài trời, vận tốc gió,... nhưng nó lại không thể tạo ra được luồng gió bất ổn định, đây là yếu tố đặc trưng của thông gió tự nhiên trong thực tế.



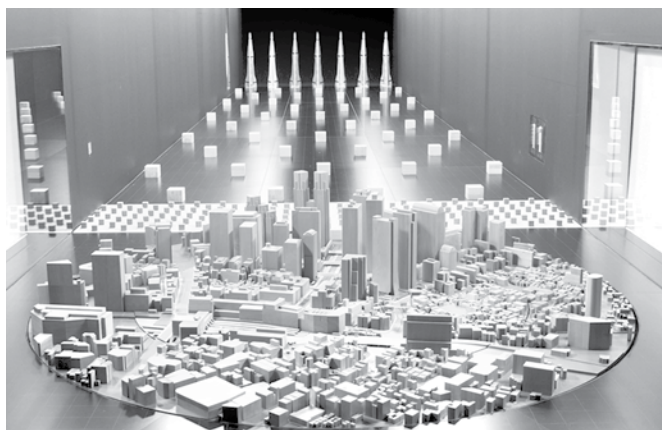
Hình 1. Mô hình hầm gió kích thước lớn là rất hiếm trên thế giới

Trong khi đó, phương pháp nghiên cứu trên công trình thực tế lại được sử dụng rộng rãi hơn. Sau khi công trình được xây dựng, nó sẽ được lắp các cảm biến, máy đo và ghi lại tất cả các thông số liên quan phục vụ nghiên cứu. Đây là phương pháp mang lại kết quả có độ chính xác cao nhất, có thể đo đạc được tất cả các thông số cần thiết và đặc biệt là có thể đo đạc trong dài hạn (từ 6 tháng đến 1 năm).

Phương pháp nghiên cứu trên mô hình đầy đủ có những nhược điểm sau: Thời gian và chi phí thiết lập rất cao; Không có tính lặp lại; Không thể áp dụng được trong giai đoạn thiết kế; Không thể áp dụng cho các thiết kế điển hình, tức là kết quả đo đạc chỉ có giá trị trên chính công trình nghiên cứu.

2.2. Nghiên cứu trên mô hình thu nhỏ

Đây là phương pháp nghiên cứu trên mô hình vật lý thu nhỏ của công trình trong không gian phòng thí nghiệm. Khi so sánh với mô hình đầy đủ, nó có những lợi thế: Có tính lặp lại; Tiết kiệm chi phí và thời gian thiết lập; Có thể áp dụng trong giai đoạn thiết kế; Có thể điều chỉnh các tham số môi trường. Một lợi thế nữa khi nghiên cứu trên mô hình thu nhỏ, đó là kết quả đo đạc của nó có thể làm dữ liệu đầu vào cho các mô hình nghiên cứu CFD hay các mô hình lý thuyết.



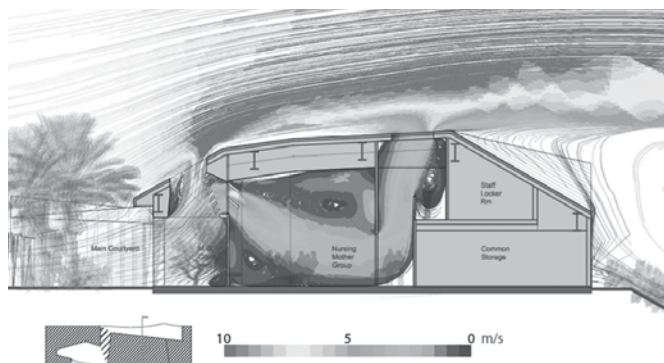
Hình 2. Hầm gió với mô hình thu nhỏ

2.3. Phương pháp mô phỏng động lực chất lưu (Computation fluid dynamics – CFD)

Đây là phương pháp sử dụng máy tính, dựa trên các phương trình của cơ học lưu chất như phương trình bảo toàn khối lượng, phương trình momen, phương trình liên tục, và các tham số khác, để mô phỏng lại chuyển động của dòng không khí đi qua công trình. CFD đang dần trở thành phương pháp phổ biến nhất nhờ những lợi ích sau: Cung cấp thông tin chi tiết của dòng không khí trên toàn bộ không gian công trình; rất thích hợp cho các nghiên cứu điển hình; không giới hạn kích thước nghiên cứu, tức là kích thước công trình có thể tùy biến từ nhỏ tới lớn, thậm chí trên quy mô đô thị.

Trong phương pháp CFD, có nhiều mô hình mô phỏng, cũng như thuật toán có thể sử dụng, tùy theo yêu cầu nghiên cứu, hoặc giới hạn về cấu hình máy tính. Ví dụ như mô hình RANS (Reynolds- Averaged Navier- Stokes), LES (Large Eddy Simulations),... Mô hình LES đem lại kết quả với độ chính xác

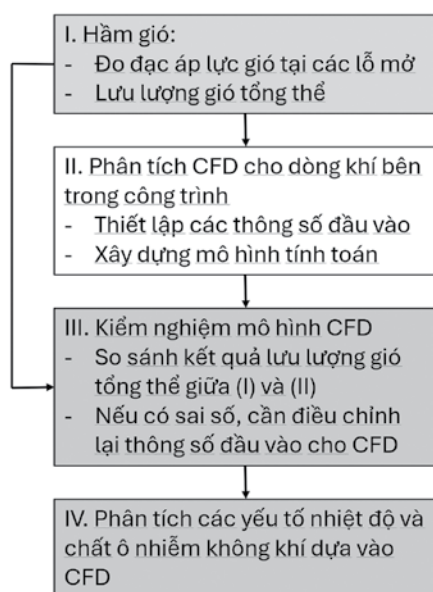
cao nhất, tuy nhiên, nó yêu cầu tài nguyên cấu hình máy tính cao gấp 80 - 100 lần so với mô hình RANS, nên trong nghiên cứu CFD hiện tại, mô hình RANS vẫn được sử dụng phổ biến.



Hình 3. Một kết quả mô phỏng sử dụng phương pháp CFD

2.4. Phương pháp phân tích chuỗi

Đây là sự kết hợp của hai phương pháp đã nêu ở trên, lần đầu tiên được đưa ra bởi Kato. Phương pháp này bắt đầu với kết quả thí nghiệm mô hình hoặc CFD đo đạc các thông số về phân bố áp suất không khí trên các mặt lỗ mở của công trình. Các thông số này được dùng để thiết lập điều kiện đầu vào cho mô phỏng dòng khí trong nhà bởi CFD. Các bước phân tích chuỗi được thể hiện theo sơ đồ sau:



Nhược điểm của phương pháp này là nó chỉ mang lại kết quả đáng tin cậy khi diện tích các lỗ mở là nhỏ (dưới 2% diện tích tường). Khi diện tích lỗ mở quá lớn (trên 10% diện tích tường), thì kết quả sẽ có sai số khá lớn.

2.5. Phương pháp phân tích dữ liệu

Đây là phương pháp mới được đưa ra trong thời gian gần đây, bằng cách sử dụng các công nghệ mới, chẳng hạn như các mô hình học máy (Machine learning – ML). Máy tính sẽ được nạp vào rất nhiều dữ liệu có sẵn, sau đó được huấn luyện để có thể đưa ra các kết quả dự đoán đáng tin cậy cho

các công trình. Phương pháp này cũng có độ chính xác rất cao, có thể áp dụng cho những công trình phức tạp với nhiều thông số tham gia.

Phạm vi ứng dụng của phương pháp này rất rộng, từ việc dự đoán năng lượng tiêu thụ trong công trình, dự đoán hành vi người sử dụng, dự đoán mức độ tiện nghi nhiệt, dự đoán chất lượng không khí trong nhà, hỗ trợ nâng cao tính chính xác cho mô hình CFD. Khác với phương pháp CFD là phương pháp mô phỏng dựa trên các công thức vật lý cụ thể, phương pháp này giống như một kiểm thử hộp đen (black box testing), tức là tập trung vào dữ liệu đầu vào và đầu ra mà không quan tâm tới cấu trúc nội bộ, hay các quy trình tính toán.

3. Tổng kết

Trong 5 phương pháp đã nêu trên, hiện tại, phương pháp nghiên cứu trên mô hình và CFD vẫn đang là 2 phương pháp được sử dụng phổ biến nhất. Tuy nhiên, với sự phát triển của công nghệ và sức mạnh máy tính trong những năm gần đây, phương pháp phân tích chuỗi và phân tích dữ liệu vẫn có tiềm năng rất lớn để phát triển và thay thế. Bảng dưới đây tổng hợp các ưu và nhược điểm của từng phương pháp.

Phương pháp	Ưu điểm	Nhược điểm
Mô hình kích thước thực trong hầm gió	- Không cần các điều kiện tương đương - Có thể điều chỉnh các thông số chung	- Không thể tạo ra dòng khí bất thường - Thời gian và chi phí cao
Nghiên cứu trên công trình thực tế	Độ chính xác rất cao, có thể đánh giá theo nhiều yếu tố tác động thực tế	- Không thể áp dụng trong giai đoạn thiết kế - Hạn chế trong việc nghiên cứu điển hình
Nghiên cứu trên mô hình thu nhỏ trong hầm gió	- Có tính lặp lại - Hiệu quả về chi phí - Có thể áp dụng trong giai đoạn thiết kế - Có thể điều chỉnh đa dạng thông số	Phải kiểm tra rất kĩ các điều kiện tương đương (Đặc biệt trong các nghiên cứu trên mô hình biến nhiệt, tức là có sự thay đổi nhiệt độ)
CFD	- Cung cấp thông tin rất chi tiết trên toàn bộ không gian nghiên cứu - Rất thích hợp cho nghiên cứu điển hình	- Cần có kiến thức trên khá nhiều lĩnh vực để làm chủ - Cần có dữ liệu đầu vào từ thí nghiệm
Phân tích chuỗi	Tốn rất ít tài nguyên tính toán	Chỉ có thể áp dụng khi diện tích lỗ mở rất nhỏ
Phân tích dữ liệu	Có thể áp dụng cho những công trình có hình dạng phức tạp với thông số đầu vào đa dạng	- Cần có dữ liệu đầu vào tin cậy và quá trình huấn luyện - Không dựa trên các định luật vật lý

Tài liệu tham khảo:

- Prediction of Natural and Cross- Ventilation Rate of nLDK- type housing unit in Apartment Building, Tanbara, 2014
- Guidebook for CFD Predictions of Urban Wind Environment, Architecture Institute of Japan, 2020
- 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
- Chained analysis of wind tunnel test and CFD on cross ventilation of large- scale market building, S. Kato, S. Murakami, T. Takahashi, T. Gyobu, 1997
- Reduced- scale experiment model and numerical investigations to buoyance- driven natural ventilation in a large space building, P.Guo, S. Wang, B. Xu, Q.Meng, Y. Wang, 2018