

Phân tích ảnh hưởng của gió lên công trình theo Tiêu chuẩn Việt Nam 2737:2023 và phần mềm CFD

Analyze the effect of wind load for building using TCVN 2737:2023 and software CFD

> NGUYỄN QUỐC TRUNG

Khoa Kỹ thuật xây dựng, Trường Đại học Nguyễn Tất Thành TP.HCM

Email: nqtrung@ntt.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày việc phân tích tải trọng gió tác dụng lên công trình bằng cách kết hợp phương pháp tính toán theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 2737:2023 và phương pháp mô phỏng số Động lực học chất lưu (CFD), sử dụng phần mềm RWIND. Mục tiêu của nghiên cứu là đánh giá sự khác biệt và tính ứng dụng của hai phương pháp, đặc biệt đối với các công trình có hình dạng mặt bằng phức tạp và mặt đứng thay đổi theo chiều cao. Phương pháp CFD (Computational Fluid Dynamics) là một công cụ mô phỏng số tin cậy nhằm dự đoán sự chuyển động của các dòng khí xung quanh công trình và tác động gió lên công trình. Nghiên cứu sử dụng quy trình mô phỏng CFD để khảo sát phân bố vận tốc gió, dòng gió và áp suất trên bề mặt công trình. So sánh kết quả thu được từ mô phỏng CFD với tính toán theo TCVN 2737:2023 cho thấy có sự chênh lệch đáng kể về giá trị tải trọng gió, tùy thuộc vào hình dạng và điều kiện cụ thể của công trình.

Từ khóa: Tải trọng gió; mô phỏng khí động học; TCVN 2737:2023; CFD.

ABSTRACT

This paper presents the analysis of wind loads acting on a structure by combining the calculation method according to the Vietnamese Standard TCVN 2737:2023 and the Computational Fluid Dynamics (CFD) simulation method, utilizing software such as RWIND. The aim of this research is to evaluate the differences and applicability of the two methods, especially for structures with complex floor plans and facades changing with height. CFD analysis is acknowledged as a highly reliable numerical simulation tool used to predict the movement of air flows around the structure and the resulting wind effects. The study uses the CFD simulation process to investigate the distribution of wind velocity, air flow, and pressure on the structure's surface. Comparison of results obtained from CFD modelling and calculating according to TCVN 2737:2023, it shows that the differences about value of wind loading depend on the shape and boundary condition of building.

Keywords: Wind load; aerodynamic simulation; Vietnamese Standard 2737:2023; CFD.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tính toán tải trọng gió tác dụng lên công trình là một vấn đề luôn thu hút sự quan tâm lớn của các kỹ sư kết cấu, đặc biệt đối với các công trình có hình dáng phức tạp hoặc chiều cao lớn. Bản thân tải trọng gió có cơ chế tác dụng phức tạp do đặc tính ngẫu nhiên, thay đổi theo thời gian và không gian của nó.

Hiện nay, nhiều tiêu chuẩn thiết kế phổ biến trên thế giới và tại Việt Nam được sử dụng để xác định tải trọng gió, bao gồm Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 2737:2023 (thay thế TCVN 2737:1995), cùng với các tiêu chuẩn quốc tế như ASCE/SEI 7-16 (và các phiên bản như ASCE 7-22) của Hoa Kỳ, và EN 1991-1-4 (Eurocode 1) của châu Âu. Ngoài ra, các tiêu chuẩn khác cũng được tham khảo như AS/NZS 1170.2:2011 và ISO 4354:2009. Tuy nhiên, các tiêu chuẩn này thường

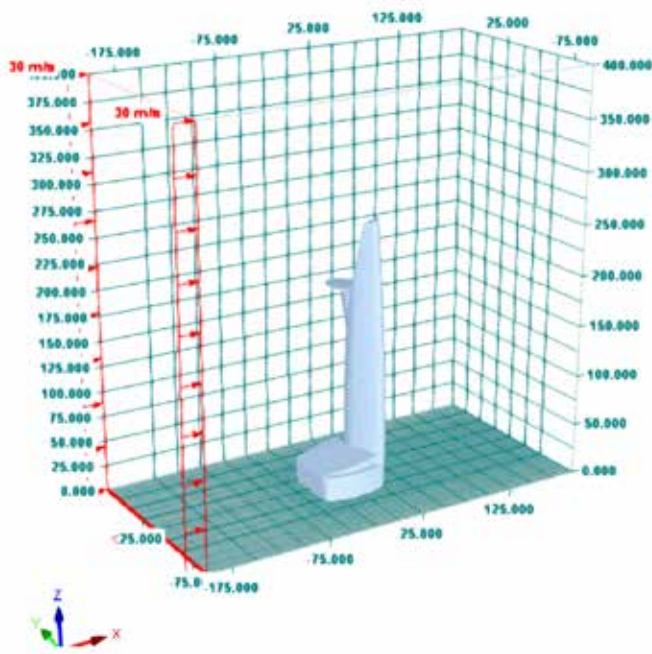
chỉ cung cấp hướng dẫn tính toán cho những tòa nhà có giới hạn nhất định về chiều cao, hình dáng công trình (như mặt bằng hình chữ nhật hoặc đối xứng) và hướng gió, và thường không đề cập rõ ràng đến các công trình có hình dáng phức tạp và chiều cao lớn. Các tiêu chuẩn thiết kế Việt Nam hiện hành (như TCVN 2737:1995) chưa đề cập rõ về thành phần lực ngang gió hay ảnh hưởng của các công trình lân cận đến kết quả phân tích gió tính.

Vì vậy, đối với các công trình nằm ngoài phạm vi xem xét của tiêu chuẩn, các phương pháp tiên tiến hơn như Mô phỏng tính toán Động lực học chất lưu (CFD) là hết sức cần thiết. CFD (Computational Fluid Dynamics) là một nhánh của cơ học chất lưu, sử dụng phương pháp số để mô tả và dự đoán sự chuyển động của chất lưu (khí, lỏng), và được công nhận là một công cụ mô phỏng số khá tin cậy

nhằm dự đoán sự chuyển động của các dòng khí xung quanh công trình và xác định được thành phần tính của tải trọng gió. Các phần mềm mô phỏng CFD phổ biến được sử dụng trong lĩnh vực xây dựng bao gồm: Ansys Fluent [1-8], Autodesk CFD [9], OpenFOAM [10-17], và RWIND. Trong đó, phần mềm RWIND được chú ý trong việc phân tích tương tác giữa dòng chuyển động không khí (gió) với công trình. Phần mềm hỗ trợ người dùng khai báo các hướng gió, vận tốc gió trung bình cố định.

Các nghiên cứu so sánh đặc điểm tính toán tải trọng gió giữa TCVN 2737:2023, ASCE 7-16, và EN 1991-1-4 cho thấy có sự chênh lệch đáng kể về kết quả tính toán tải trọng và nội lực của kết cấu, do sự khác biệt trong việc xác định vận tốc gió cơ sở, phân nhóm địa hình, profile vận tốc gió, và cách tính hệ số hiệu ứng gió giật. Sự chênh lệch này khẳng định tầm quan trọng của việc kiểm chứng và lựa chọn phương pháp tính toán phù hợp.

Trong nghiên cứu này, phân tích ảnh hưởng của gió lên công trình dựa trên phần mềm RWIND. Thông số gió được lấy dựa trên bản đồ gió với áp lực gió cơ sở dựa trên tiêu chuẩn tải trọng TCVN 2737:2023. Các kết quả khảo sát bao gồm áp lực gió lên bề mặt công trình, hệ số khí động và vận tốc gió bao quanh tòa nhà.



Hình 1. Mô hình tòa nhà Bitexco với hầm gió kích thước 400x200x400 m

2. MÔ HÌNH TRÊN PHẦN MỀM RWIND

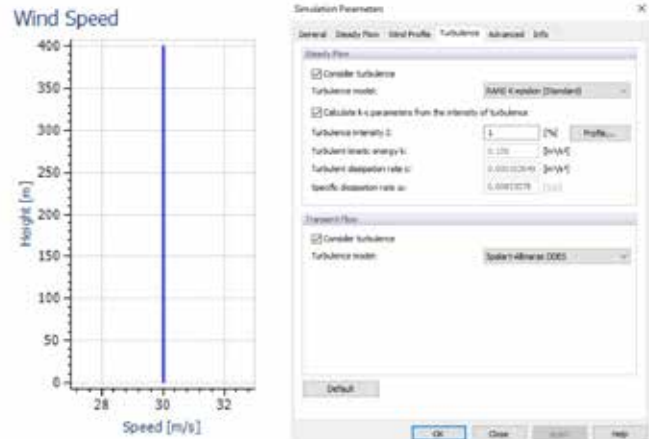
2.1. Mô tả dự án

Tòa nhà Bitexco tọa lạc tại số 2 Hải Triều, phường Sài Gòn, TP.HCM. Công trình có tổng diện tích sàn 119,000 m², diện tích sàn 6,100 m², bao gồm 68 tầng và 3 tầng hầm. Đây là công trình thuộc top 4 công trình cao nhất Việt Nam.

Mô hình tòa nhà Bitexco được thể hiện trong Hình 1 mô phỏng theo kích thước thực tế của công trình với chiều cao 262.5 m và kích thước khung phân tích gió $D_x=400$ m, $D_y=200$ m, và $D_z=400$ m.

2.2. Thông số đầu vào phần mềm

Các thông số đầu vào của mô hình phân tích CFD được thể hiện trong Hình 2. Tốc độ gió giả định $v=30$ m/s với địa hình thông thoáng.

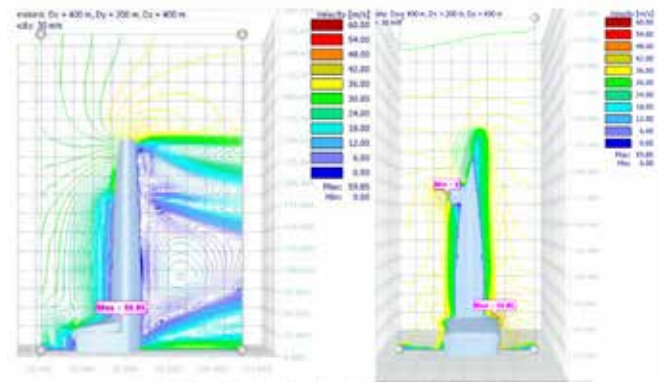


(a) Thông số gió theo cao độ (b) Thông số dòng chảy trong mô hình CFD

Hình 2. Các điều kiện đầu vào mô hình phân tích CFD trong phần mềm RWIND

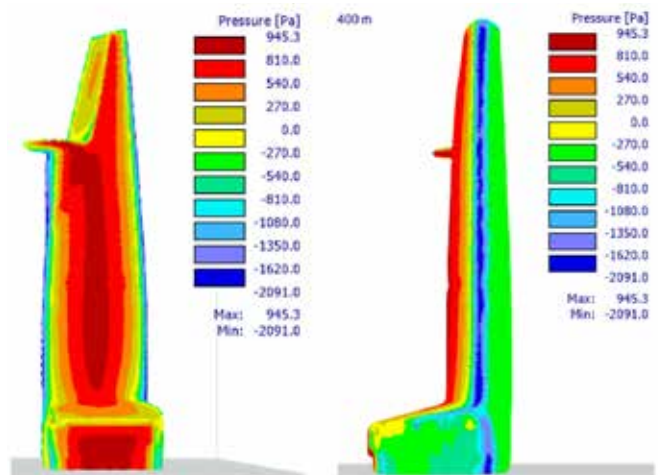
Việc xác định các thông số đầu vào cho mô hình áp dụng theo Hình 2 trong phần mềm RWIND được giả định dựa theo thông số gió tại TP.HCM.

2.3. Kết quả phân tích bằng mô hình 3D



Hình 3. Trường vận tốc gió bao quanh công trình

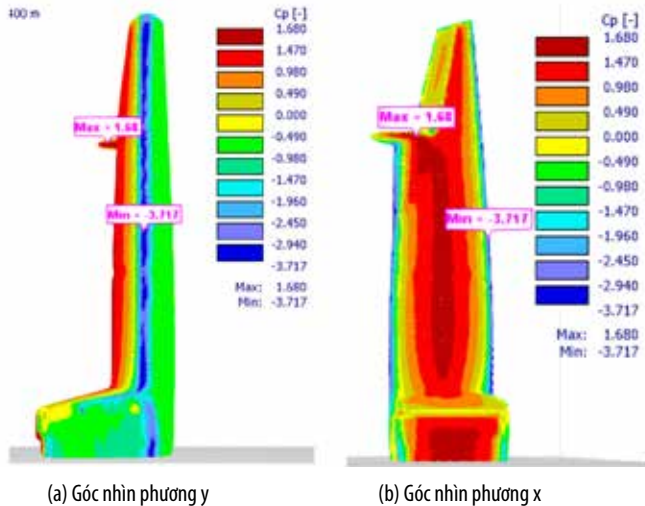
Hình 3 thể hiện trường vận tốc gió bao quanh công trình với hai góc nhìn vuông góc. Vận tốc gió lớn nhất đạt được khi thổi qua công trình là 59.85 m/s ở mép công trình tại vị trí tiếp giáp của phần đế và phần thân. Đặc biệt vùng xoáy suất hiện phía đuôi công trình.



(a) Góc nhìn phương x

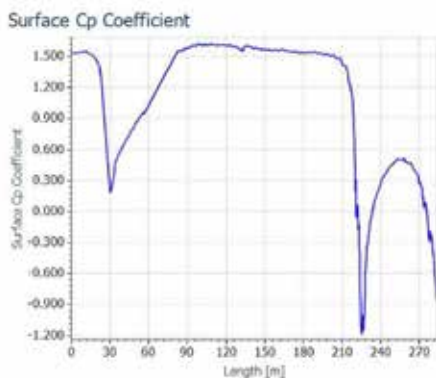
(b) Góc nhìn phương y

Hình 4. Trường áp suất tác dụng lên công trình



(a) Góc nhìn phương y (b) Góc nhìn phương x
Hình 5. Hệ số khí động tác dụng lên công trình

Trường áp suất tác dụng lên công trình được thể hiện qua Hình 4, áp lực đẩy ở phía đón gió lớn nhất và áp lực âm phía khuất gió. Lực hút lớn nhất tập trung ở mép công trình và vòng góc với hướng gió. Hệ số động học của công trình được thể hiện qua Hình 5 với hệ số dương ở mặt đón gió và hệ số âm ở mặt khuất gió. Đặc biệt hệ số tại mép công trình gấp hai lần độ lớn của phần đón gió. Hệ số Cp lớn nhất tại khu vực sảnh đón trực thăng và hệ số hút lớn nhất tại dọc hai mép công trình. Hệ số khí động dọc theo trục hướng tác dụng theo cao độ công trình được thể hiện ở Hình 6. Điều này có thể so sánh với tiêu chuẩn TCVN 2737:2023 là 1.3 ± 0.2 cho công trình vát góc tại khu vực trung tâm.



Hình 6. Hệ số khí động tác dụng theo cao độ công trình

3. KẾT LUẬN

Mô phỏng bài toán phân tích tác động của gió lên công trình nhà cao tầng sử dụng phần mềm RWIND với công trình tòa nhà Bitexco ở TP.HCM. Áp lực gió lên công trình với hệ số động học trên toàn công trình đã được khảo sát. Bên cạnh đó, vận tốc gió xung quanh công trình với vận tốc gió trung bình đầu vào 30 m/s được áp dụng. Mô hình hầm gió được khảo sát với kích thước 400x200x400 m. Hiện tượng lốc xoáy xuất hiện ở vùng khuất gió được khảo sát. Áp lực hút lớn nhất tập trung dọc theo hai mép công trình với độ lớn gấp hai lần áp lực đẩy của gió.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Nguyễn Tất Thành, TP.HCM trong khuôn khổ đề tài mã số 2025.01.189/HĐ-NCKH.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bouyer, J., Inard, C., & Musy, M. (2011). Microclimatic coupling as a solution to improve building energy simulation in an urban context. *Energy and buildings*, 43(7), 1549-1559.
- [2]. Yi, Y. K., & Feng, N. (2013, September). Dynamic integration between building energy simulation (BES) and computational fluid dynamics (CFD) simulation for building exterior surface. In *Building Simulation* (Vol. 6, No. 3, pp. 297-308). Berlin/Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- [3]. Toparlak, Y., Blocken, B., Maiheu, B., & Van Heijst, G. J. F. (2018). Impact of urban microclimate on summertime building cooling demand: A parametric analysis for Antwerp, Belgium. *Applied Energy*, 228, 852-872.
- [4]. Zhang, R., Mirzaei, P. A., & Jones, B. (2018). Development of a dynamic external CFD and BES coupling framework for application of urban neighbourhoods energy modelling. *Building and Environment*, 146, 37-49.
- [5]. Shirzadi, M., Naghashzadegan, M., & Mirzaei, P. A. (2019). Developing a framework for improvement of building thermal performance modeling under urban microclimate interactions. *Sustainable cities and society*, 44, 27-39.
- [6]. Shen, P., & Wang, Z. (2020). How neighborhood form influences building energy use in winter design condition: Case study of Chicago using CFD coupled simulation. *Journal of Cleaner Production*, 261, 121094.
- [7]. Aghamolaei, R., Fallahpour, M., & Mirzaei, P. A. (2021). Tempo-spatial thermal comfort analysis of urban heat island with coupling of CFD and building energy simulation. *Energy and Buildings*, 251, 111317.
- [8]. Zhang, R., & Mirzaei, P. A. (2021). Virtual dynamic coupling of computational fluid dynamics-building energy simulation-artificial intelligence: Case study of urban neighbourhood effect on buildings' energy demand. *Building and Environment*, 195, 107728.
- [9]. Javanroodi, K., & Nik, V. M. (2019). Impacts of microclimate conditions on the energy performance of buildings in urban areas. *Buildings*, 9(8), 189.
- [10]. Allegrini, J., Dorer, V., & Carmeliet, J. (2015). Coupled CFD, radiation and building energy model for studying heat fluxes in an urban environment with generic building configurations. *Sustainable Cities and Society*, 19, 385-394.
- [11]. Allegrini, J., Dorer, V., & Carmeliet, J. (2015). Influence of morphologies on the microclimate in urban neighbourhoods. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 144, 108-117.
- [12]. Gracik, S., Heidarinejad, M., Liu, J., & Srebric, J. (2015). Effect of urban neighborhoods on the performance of building cooling systems. *Building and Environment*, 90, 15-29.
- [13]. Allegrini, J., & Carmeliet, J. (2018). Simulations of local heat islands in Zürich with coupled CFD and building energy models. *Urban climate*, 24, 340-359.
- [14]. Liu, J., Heidarinejad, M., Nikkho, S. K., Mattise, N. W., & Srebric, J. (2019). Quantifying impacts of urban microclimate on a building energy consumption-a case study. *Sustainability*, 11(18), 4921.
- [15]. Hadavi, M., & Pasharshahi, H. (2021). Impacts of urban buildings on microclimate and cooling systems efficiency: Coupled CFD and BES simulations. *Sustainable Cities and Society*, 67, 102740.
- [16]. Hadavi, M., & Pasharshahi, H. (2021). Investigating effects of urban configuration and density on urban climate and building systems energy consumption. *Journal of Building Engineering*, 44, 102710.
- [17]. Wong, N. H., He, Y., Nguyen, N. S., Raghavan, S. V., Martin, M., Hii, D. J. C., ... & Deng, J. (2021). An integrated multiscale urban microclimate model for the urban thermal environment. *Urban Climate*, 35, 100730.