

Nghiên cứu tham số xác định hệ số khí động do gió của các công trình có dạng mặt đứng giật cấp

Lê Xuân Quang¹, Lê Đăng Dũng², Nguyễn Quang Sĩ^{3*}

¹ Học viên cao học khóa 31.2, Trường Đại học Giao thông Vận tải

² Khoa Kỹ Thuật Xây Dựng, Trường Đại học Giao thông Vận tải

³ Phân hiệu tại Thành phố Hồ Chí Minh, Trường Đại học Giao thông Vận tải

TỪ KHOÁ

Hệ số khí động

Nhà giật cấp

Mô phỏng động lực học chất lưu

Ansys Fluent

TÓM TẮT

Hình dạng công trình là một trong những yếu tố quan trọng, có sự ảnh hưởng lớn đến giá trị và cách thức tác động của tải trọng gió lên công trình nhà. Hình dạng hình học được đặc trưng bởi hệ số khí động phản ánh vào các công thức tính toán giá trị tải trọng gió tác động lên công trình. Công trình nhà có nhiều hình dạng phức tạp, do đó, các Tiêu chuẩn về tải trọng hiện nay chưa thể đề cập đến được hết các dạng này. Trong nghiên cứu này, một mô hình mô phỏng động lực học chất lưu của tương tác giữa gió với công trình nhà nhiều tầng được thiết lập và kiểm chứng với kết quả thí nghiệm. Mô hình này sẽ được sử dụng để nghiên cứu tham số về công trình nhà có mặt đứng dạng giật cấp. Các mức độ khác nhau về bề rộng và chiều cao của phần giật cấp được khảo sát cho thấy sự ảnh hưởng của việc giật cấp đến hệ số khí động của công trình nhà.

KEYWORDS

Aerodynamic coefficients

Set-back building

Computational Fluid Dynamics (CFD)

Ansys Fluent

ABSTRACT

Building morphology is a pivotal factor that significantly dictates the magnitude and distribution of wind-induced loads on structures. Geometric configurations are characterized by aerodynamic coefficients, which serve as fundamental parameters in calculating design wind pressures. Given the increasing complexity of modern architectural forms, contemporary loading codes often fail to provide comprehensive guidelines for all non-regular shapes. This research establishes a Computational Fluid Dynamics (CFD) model to simulate wind-structure interaction for multi-story buildings, which is subsequently validated against experimental data. The validated model is employed to conduct a parametric study on set-back buildings. Various configurations of set-back widths and heights were analyzed, demonstrating the profound influence of these geometric discontinuities on the building's aerodynamic coefficients.

1. Đặt vấn đề

Việt Nam có bờ biển kéo dài, nhiều địa phương giáp vùng biển chịu nhiều ảnh hưởng của gió bão hằng năm. Tác động của gió được coi là một dạng tải trọng có ảnh hưởng lớn đến công trình xây dựng nói chung và công trình nhà nói riêng. Gió là hiện tượng của tự nhiên, và tác động do gió là yếu tố có tính ngẫu nhiên. Việc xác định được sự tác động của gió dưới dạng tải trọng là một thành tựu của khoa học kỹ thuật đóng góp rất lớn vào việc xây dựng được các công trình nhà nhiều tầng như hiện nay. Các Tiêu chuẩn về tải trọng gió trên thế giới được xây dựng rất công phu. Nhiều nghiên cứu tập trung vào khảo cứu và so sánh giữa các tiêu chuẩn này [1]. Nhìn chung, có bốn yếu tố chính ảnh hưởng đến giá trị của tải trọng gió [2], gồm: (i) Khí hậu gió, đặc trưng là vận tốc gió cơ sở hoặc khu vực, các hệ số hướng gió. Hầu hết, các tiêu chuẩn tác động gió đều chọn độ cao tham chiếu là 10 mét trên mặt đất bằng, địa hình nông thôn trống trải, đây cũng chính là chuẩn để đo gió, được tổ chức khí tượng thế giới quy định; (ii) Các hệ số điều chỉnh

đối với các hiệu ứng của độ cao và dạng địa hình, đôi khi đối với sự thay đổi dạng địa hình, hướng gió, dốc đồi núi và khuất gió; (iii) Các hệ số hình dạng (các hệ số áp lực và lực), còn gọi là hệ số khí động, đối với công trình có hình dạng khác nhau; (iv) Các hiệu ứng cộng hưởng động của gió đối với các công trình mềm.

Có thể thấy rằng, yếu tố hình dạng công trình là một trong những yếu tố quan trọng, có sự ảnh hưởng lớn đến giá trị và cách thức tác động của tải trọng gió lên công trình nhà. Năm 2023, tiêu chuẩn tải trọng và tác động TCVN 2737:2023 [3] đã được thay thế cho tiêu chuẩn TCVN 2737:1995 [4]. Một trong những nội dung được cập nhật trong tiêu chuẩn mới được ban hành là hệ số khí động tương ứng với các dạng nhà có mặt bằng phức tạp mà chưa được nhắc đến trong tiêu chuẩn trước đây. Hệ số khí động được hiểu là một đại lượng không thứ nguyên, phản ánh tác động của gió lên bề mặt hoặc công trình kiến trúc, vật thể cản gió. Hệ số giúp việc tính toán chuyển đổi từ vận tốc gió sang lực cản gió tác dụng lên kết cấu. Hệ số khí động là một trong các tham số được nghiên cứu nhiều trong tải trọng gió.

*Liên hệ tác giả: sinq_ph@utc.edu.vn

Nhận ngày 09/03/2026, sửa xong ngày 25/03/2026, chấp nhận đăng ngày 26/03/2026

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.03.2026.1269>

Trong các công trình siêu cao tầng, tải trọng ngang do gió trở thành yếu tố quyết định đến việc thiết kế. Khi chiều cao tầng lên, mô men lật và sự dao động yêu cầu các giải pháp kết cấu phức tạp hơn, ảnh hưởng trực tiếp đến hình dáng mặt đứng. Sự kết hợp giữa kiến trúc và kết cấu không chỉ nhằm mục đích thẩm mỹ mà còn để tối ưu hóa hiệu suất khí động học. Các hình dáng không đối xứng (non-orthogonal) như dạng xoắn (twisted), giật cấp (stepped) hay thuôn nhọn (tapered) giúp "làm nhiễu" dòng gió, giảm thiểu sự hình thành các xoáy gió có tính chu kỳ – nguyên nhân chính gây ra dao động nguy hiểm và sự khó chịu cho người sử dụng ở các tầng cao [5].

Bên cạnh các công trình cao tầng cho đến siêu cao tầng cần phải xử lý hình học để đạt được lợi ích về tác động và phản ứng của công trình chịu tác động của gió, có một số dạng nhà nhiều tầng do công năng sử dụng, quy định về chỉ giới và mật độ xây dựng nên có sự giật cấp trên chiều cao công trình nhà. Diễn hình của dạng này thường là công trình có khối thấp và khối để. Hoặc phần mái thu nhỏ để tạo thành khu vực tầng tum, tầng kỹ thuật, bể nước mái. Dạng công trình này có sự giật cấp 1 lần. Một số công trình khác do nhu cầu về hình dáng kiến trúc, cảnh quan cũng như thông gió và chiếu sáng nên cũng có hình dạng giật cấp, các công trình kiểu này thường giật nhiều cấp. Các nghiên cứu thực nghiệm và mô phỏng số đã chỉ ra rằng hình dạng giật cấp mang lại hiệu quả vượt trội trong việc giảm tải trọng gió ở cả phương dọc gió (along-wind) và phương ngang gió (across-wind).

Lực theo phương ngang so với hướng gió: Tải trọng gió ngang thường nguy hiểm hơn đối với nhà cao tầng do hiện tượng cộng hưởng xoáy. Lực nâng dao động (fluctuating lift force) trên các tòa nhà giật cấp thấp hơn đáng kể so với các tòa nhà dạng vát côn (tapered). Các biện pháp giật cấp có tác động đáng kể đến mật độ phổ công suất (PSD) của hệ số mô men lật phương ngang gió, với mức giảm tối đa có thể đạt tới 93 %. Khi chiều dài đoạn giật cấp tăng lên, phổ năng lượng phát triển từ dải hẹp (narrowband) sang dải rộng (broadband), làm suy yếu cường độ tách xoáy. Mức giảm tối đa đạt tới 53,2 % so với mô hình gốc dạng hình hộp chữ nhật. Lực theo phương dọc hướng gió: Đối với phương dọc gió, mô men lật tại chân công trình giảm chậm khi chiều dài phần giật cấp tăng lên. Mức giảm tối đa của mô men lật theo phương dọc gió có thể đạt khoảng 40,4% so với mô hình chuẩn, thấp hơn so với mức giảm 53,2 % ở phương ngang gió. Nguyên nhân của sự giảm lực cản trung bình (mean drag force) chủ yếu xuất phát từ sự phân bố áp lực ở mặt khuất gió; dòng chảy đi xuống (downdraft) bị ức chế do kích thước bề rộng tăng dần về phía đáy, trong khi dòng chảy đi lên được gia tốc do bề rộng giảm dần về phía đỉnh [6].

Đỉnh áp lực dương (positive peak pressure) thường xuất hiện gần các cạnh của phần giật cấp và vùng đón gió trực diện (stagnation region). Sự hiện diện của các bậc giật cấp có thể phá vỡ sự tách xoáy và triệt tiêu các hiệu ứng cục bộ [7].

Mô hình giật cấp xung quanh chu vi có thể giảm hệ số mô men xoắn tới 89 % so với mô hình vuông thông thường. Tuy nhiên, các mô hình giật cấp không đối xứng có thể chịu tác động khí động học khác biệt đáng kể giữa các góc đón gió. Tại phần mái của đoạn giật cấp, áp lực hút

có thể giảm đáng kể. Lực hút tại mái của mô hình giật cấp hai phía thấp hơn 95,84 % so với mô hình giật cấp một phía tại góc gió 90° [8].

Nghiên cứu về tải trọng gió ở Việt Nam bao gồm cả thực nghiệm trong hầm gió và mô phỏng số động lực học chất lưu đã được thực hiện [9]. Nhiều cơ sở giáo dục và viện khoa học có hệ thống thí nghiệm hầm gió nên việc nghiên cứu thực nghiệm đã được thực hiện khá tốt. Điển hình là các nghiên cứu được thực hiện ở Viện Khoa học công nghệ Xây dựng [10], [11] về việc xác định hệ số khí động cho công trình có hình dạng đặc biệt. Các kết quả này được đề xuất để có thể sử dụng cho tiêu chuẩn thiết kế. Nguyễn Lệ Thủy [12] cũng đã tiến hành nhiều nghiên cứu về tải trọng gió. Mặc dù, nghiên cứu này là tải trọng gió tác dụng lên biển quảng cáo, không liên quan đến công trình nhà. Tuy nhiên, nghiên cứu của Nguyễn Lệ Thủy được thực hiện chi tiết từ thí nghiệm, lý thuyết và mô phỏng cho cả việc xác định tải trọng gió, đến chi tiết các yếu tố ảnh hưởng đến hệ số khí động. Có yếu tố về kích thước pano và khoảng cách từ pano đến mặt đất cũng ảnh hưởng đến tải trọng gió. Điều này khá liên quan đến việc hình dạng công trình nhà có thay đổi theo chiều cao, hoặc dạng công trình nhà có lỗ mở. Mặc dù vậy, số lượng nghiên cứu tải trọng gió ở Việt Nam là còn hạn chế. Bản tiêu chuẩn TCVN 2737:2023 mới được phát hành để tiệm cận với tiêu chuẩn thế giới, tuy nhiên, tiêu chuẩn vẫn chưa thể bao được hết các trường hợp thực tế của công trình xây dựng.

Qua các nghiên cứu đã được công bố cho thấy, việc giật cấp kích thước công trình có làm ảnh hưởng đến tác động của tải trọng gió. Tuy nhiên, các nghiên cứu hiện tại thường cho công trình nhà siêu cao tầng, việc giật cấp được thực hiện liên quan đến thiết kế khí động học cho tòa nhà. Trong khi đó, một số nhà nhiều tầng có sự giật cấp do yêu cầu về công năng kiến trúc hoặc giới hạn chỉ giới và tỷ lệ diện tích xây dựng thì chưa có nghiên cứu nhắc đến. Trong các tiêu chuẩn tính toán cũng chưa có nói rõ đến dạng công trình này. Vì vậy, các nội dung của nghiên cứu này sẽ trình bày việc sử dụng phương pháp mô phỏng động lực học chất lưu để xem xét đến tác động của tải trọng gió lên công trình nhà nhiều tầng có dạng giật cấp như trên.

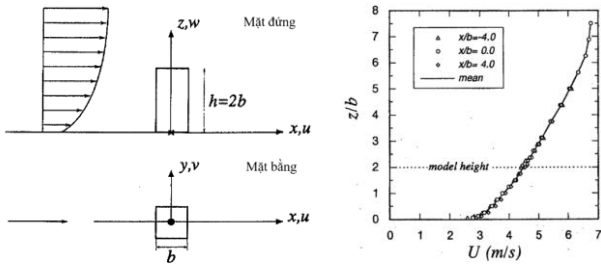
Bố cục của bài báo bao gồm: phần 1 đặt vấn đề, phần 2 trình bày tóm tắt kết quả thí nghiệm đối chứng cùng với kiểm chứng mô hình mô phỏng, nghiên cứu tham số được thể hiện trong phần 3 và cuối cùng phần 4 là phần kết luận.

2. Mô hình mô phỏng số

2.1. Nghiên cứu thực nghiệm được sử dụng để đối chứng

Một nghiên cứu thực nghiệm trong hầm gió của Meng (1998) [13] đã được thực hiện. Thí nghiệm này mô tả dòng gió trong khu vực đô thị, tác dụng lên công trình nhà dạng hình hộp chữ nhật. Mô hình nhà có kích thước mặt bằng dạng vuông, cạnh 80 x 80 mm và cao 160 mm. Đây là một trong những thí nghiệm được sử dụng làm chuẩn xác thực trong hướng dẫn của Viện Kiến trúc Nhật Bản (AIJ). Hình 1 thể hiện kích thước mô hình và tham số đầu vào của hầm gió trong thí nghiệm của Meng [13]. Nếu xét tỷ lệ hình học thu nhỏ là 1/500 thì mô hình này tương đương với công trình nhà có mặt bằng kích thước 40x40 mét, chiều cao

nhà 80 mét. Đây là một kích thước tương đương với công trình nhà có khoảng 5 nhịp mỗi phương và cao khoảng 25 tầng.



Hình 1. Kích thước mô hình và tham số đầu vào của hàm gió [13].

2.2. Nghiên cứu mô phỏng được sử dụng để làm đối chứng

Kết quả trong nghiên cứu thực nghiệm của Meng [13] cũng đã được Liu (2016) [14], sử dụng làm đối chứng trong nghiên cứu mô phỏng số. Theo đó, Liu đã mô phỏng lại thí nghiệm của Meng và xem xét sự ảnh hưởng của các mô hình dòng rối khác nhau được sử dụng trong bài toán mô phỏng động lực học chất lưu đến kết quả mô hình. Hình 2 thể hiện Không gian mô hình và lưới phần tử trong mô hình của Liu. Bốn dạng mô hình dòng rối đã được Liu xem xét. Hàm vận tốc gió ở đầu vào được sử dụng là hàm số mũ, được xác định theo công thức:

$$u = u_h \left(z/z_h \right)^{0.27} \quad (1)$$

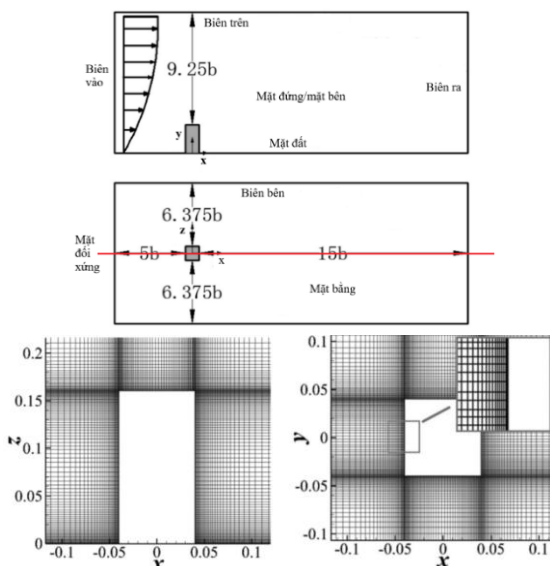
Trong đó:

u_h (m/s) là vận tốc tại cao độ đỉnh công trình có giá trị bằng 4,491 m/s lấy theo kết quả thực nghiệm.

z (m) là cao độ tại điểm đang xét (độ cao so với mặt đất tự nhiên).

z_h (m) là cao độ tham chiếu.

Theo báo cáo, kết quả thu được từ mô hình của Liu như vùng rối, vận tốc gió có giá trị rất sát với kết quả thí nghiệm.



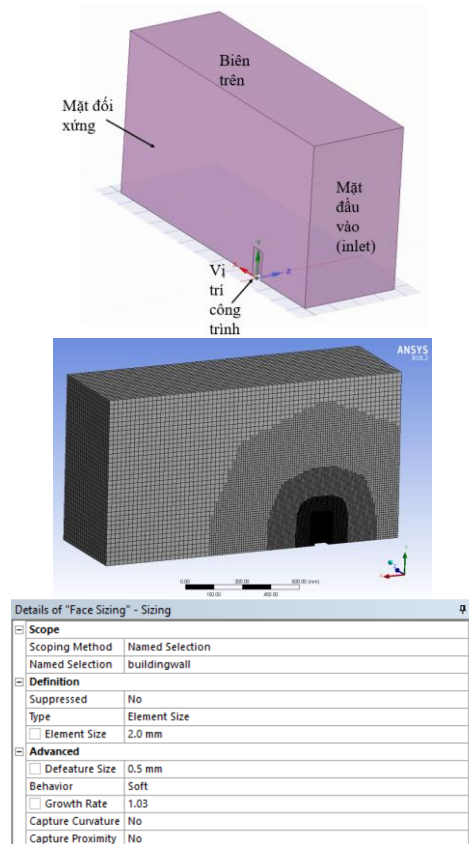
Hình 2. Không gian mô hình và lưới phần tử trong mô hình của Liu [14].

2.3. Nghiên cứu mô phỏng được thực hiện trong nghiên cứu này

2.3.1. Thiết lập mô hình

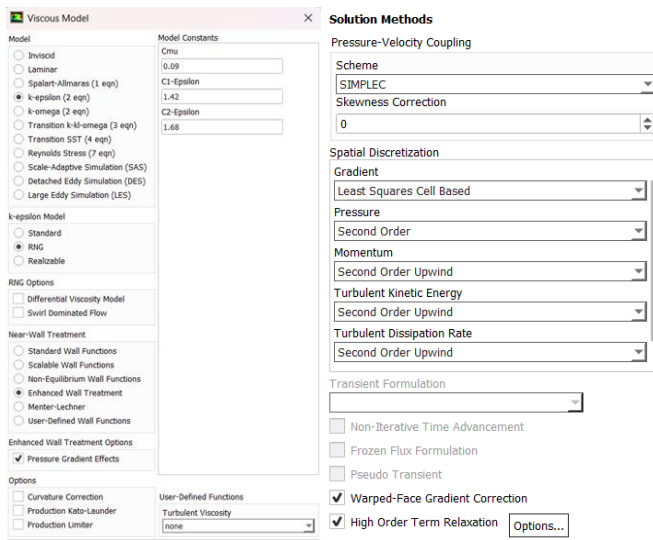
Để có được mô hình có độ tin cậy cao nhằm phát triển cho nghiên cứu tham số, một mô hình mô phỏng được xây dựng dựa trên mô hình thí nghiệm của Meng và mô hình mô phỏng của Liu. Kết quả mô phỏng của nghiên cứu này sẽ được so sánh với kết quả trong các nghiên cứu của Meng và Liu để đánh giá chất lượng của mô hình. Từ đó, các mô hình nghiên cứu tham số sẽ được phát triển.

Dạng hình học của công trình được nghiên cứu của Meng có dạng đối xứng, do đó, để tiết kiệm tài nguyên tính toán, mô hình đối xứng được sử dụng. Trên mặt đối xứng, thành phần vận tốc theo phương pháp tuyến của mặt đối xứng được khống chế. Cụ thể trong mô hình này, mặt đối xứng song song với mặt xOy, nên phương pháp tuyến theo trục z, do đó, khống chế $U_z = 0$. Hình 3 thể hiện vùng mô hình và vùng biên không gian cũng như chia lưới phần tử. Kích thước phần tử ở khu vực bề mặt công trình được chọn là 2 mm. Để thu được giá trị hệ số khí động ở bề mặt công trình cũng như các nhiễu loạn ở khu vực xung quanh công trình thì tốc độ tăng kích thước phần tử được chọn là 1,03 để số lượng phần tử của mô hình vừa phù hợp với năng lực của máy tính cá nhân vừa đảm bảo được mức độ hội tụ và kết quả tốt so với kết quả thí nghiệm. Giá trị tốc độ tăng lưới mặc định của Ansys Fluent là 1,2 và được khuyến cáo không nên lớn hơn 1,5 do sẽ gây ra bước nhảy đột ngột trong tính toán [6].



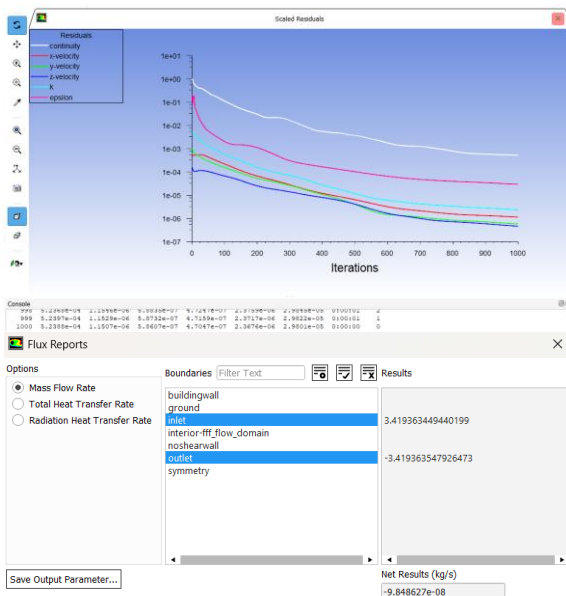
Hình 3. Không gian mô hình và thông tin phần tử trong nghiên cứu này.

Mô hình mô tả dòng rối k- ϵ dạng RNG-2 được sử dụng, hệ số C_{mu} được lấy 0,09. Mô hình dòng rối k- ϵ dạng RNG-2 không yêu cầu quá khắt khe về mức độ mịn của lưới phần tử mà vẫn đảm bảo được kết quả phân tích mô hình tĩnh khá tốt. Hàm của gió ở đầu vào gồm biểu đồ vận tốc gió theo chiều cao, hệ số k và hệ số ϵ được sử dụng theo khuyến cáo của Liu. Các khuyến cáo này được Liu thiết lập dựa trên kết quả thực nghiệm của Meng. Hình 4 thể hiện thông tin mô hình dòng rối k- ϵ dạng RNG-2 và lời giải dựa trên áp suất (Pressure-Based Solver) được lựa chọn. Trong đó, dạng thuật toán SIMPLEC (Semi-Implicit Method for Pressure Linked Equations-Consistent) và độ chính xác cao bậc 2 được lựa chọn.



Hình 4. Thông tin mô hình dòng rối và lời giải được lựa chọn.

2.3.2. Đánh giá và kiểm chứng mô hình

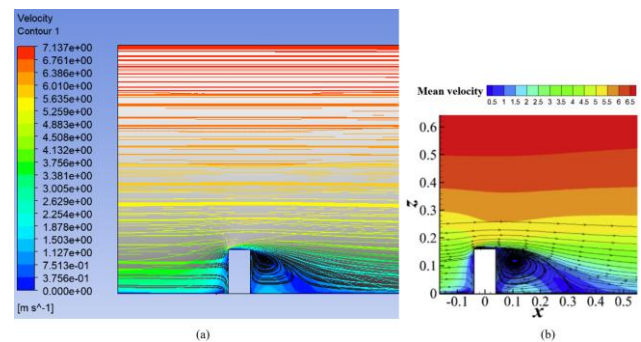


Hình 5. Các tham số đánh giá mức độ hội tụ của mô hình.

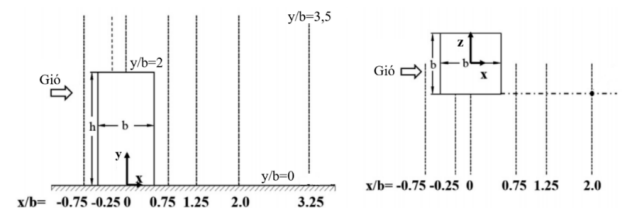
Mức độ hội tụ của mô hình được đánh giá thông qua hiệu của khối lượng dòng khí vào với dòng khí ra và giá trị của các tham số vận tốc, k- ϵ , thể hiện giá trị của các tham số này sau khi mô hình thực hiện qua 1000 bước tính lặp. Kết quả cho thấy độ hội tụ của mô hình rất tốt. Tất cả các tham số về vận tốc đều có sai số nhỏ hơn 10^{-6} , các tham số còn lại đều có giá trị dưới 10^{-3} . Dòng khí ở cửa vào và ở cửa ra chênh lệch cực kỳ nhỏ có thể coi như bảo toàn, chỉ khoảng $9,85 \times 10^{-8}$. Tiêu chuẩn hội tụ của mô hình được đảm bảo với sai số của các tham số vận tốc đạt ngưỡng 10^{-6} .

Hình 6 thể hiện biểu đồ dòng và dải phân bố vận tốc của gió theo phương đứng. Hình 6a là biểu đồ từ mô hình mô phỏng của nghiên cứu này,

Hình 6b là biểu đồ theo công bố của Liu [14]. Có thấy được sự tương đồng về giá trị vận tốc phân bố theo độ cao của hai mô hình. Vùng nhiễu động và xoáy khí phía trước cũng như sau công trình của hai mô hình cũng tương đồng. Không những thế, chiều dài vùng nhiễu động ở mô hình trong nghiên cứu này có kết quả tương đồng với thí nghiệm hơn so với mô hình của Liu, tương ứng là 3 và 3,5.



Hình 6. Dải vận tốc gió của mô hình trong nghiên cứu (a) và mô hình của Liu (b).

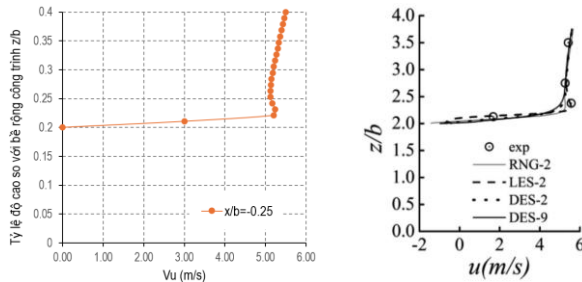


Hình 7. Vị trí được trích xuất vận tốc để so sánh với các kết quả nghiên cứu.

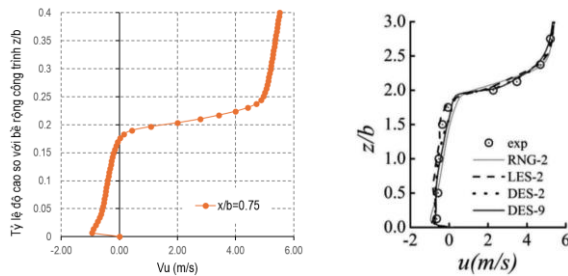
Bên cạnh hình dạng tổng thể của dòng gió và vận tốc gió, giá trị của vận tốc ở một số khu vực trong mô hình cũng sẽ được trích xuất để so sánh với kết quả thực nghiệm thực hiện bởi Meng và kết quả mô hình của Liu. Các vị trí trích xuất vận tốc nằm ở mặt phẳng đối xứng của nhà (mặt phẳng trung tâm của nhà), dọc theo mặt phẳng này, các trục tại vị trí cách tâm của nhà một đoạn tương ứng -0,25, 0,75, 2 và 3,25 sẽ được biểu diễn. Các vị trí này được thể hiện trên Hình 7.

Vị trí x/b bằng -0,25 là ngay đỉnh của nhà, và vị trí x/b bằng 0,75 là ngay phía sau mặt khuất gió của nhà. Theo kết quả thu được từ mô

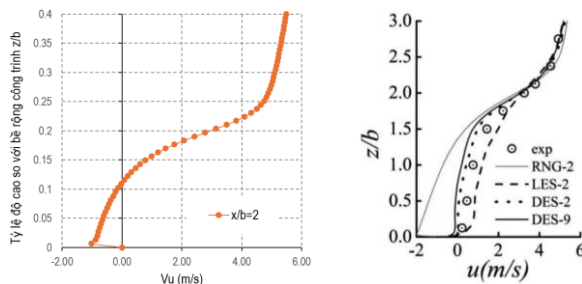
hình, giá trị vận tốc gió ở các vị trí -0,25 và 0,75 có kết quả sát với các kết quả thí nghiệm và tương tự với kết quả mô phỏng của Liu. Ở các vị trí x/b bằng 2 và x/b bằng 3,25 thì kết quả mô phỏng của mô hình trong nghiên cứu có giá trị sát với thực nghiệm hơn so với mô hình của Liu.



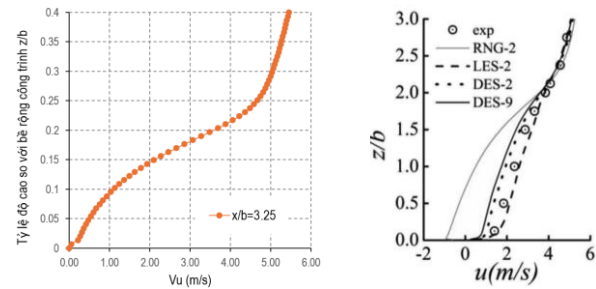
Hình 8. So sánh vận tốc ở vị trí cách tâm nhà một khoảng x/b bằng -0,25.



Hình 9. So sánh vận tốc ở vị trí cách tâm nhà một khoảng x/b bằng 0,75.



Hình 10. So sánh vận tốc ở vị trí cách tâm nhà một khoảng x/b bằng 2.



Hình 11. So sánh vận tốc ở vị trí cách tâm nhà một khoảng x/b bằng 3,25.

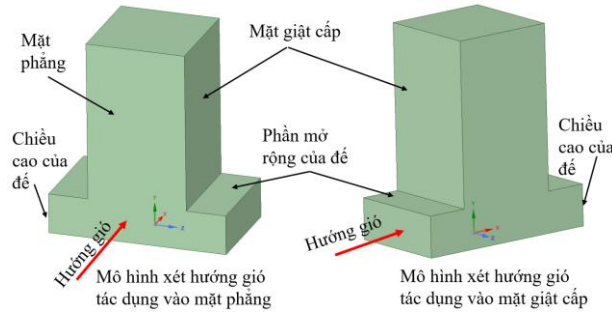
3. Nghiên cứu tham số

3.1. Tham số được khảo sát

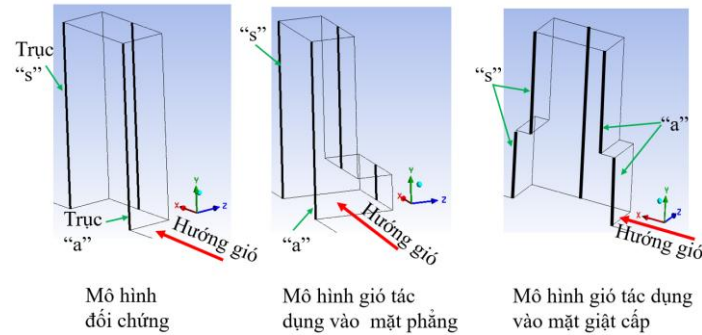
Hình 12 thể hiện hình dạng không gian của công trình được xét đến trong nghiên cứu này. Hình dạng mô tả thực tế của một số công trình có các tầng dưới (phần đế) rộng hơn so với các tầng trên hoặc sự giắt cấp ở phần mái của tầng tum, tầng kỹ thuật. Mô hình sử dụng trong nghiên cứu này được phát triển từ mô hình đã kiểm chứng ở mục 2.3. Các tham số cho phần đế mở rộng sẽ được xét với hai mức độ là 40 % và 80 %, tương ứng với phần đế mở rộng so với các tầng phía trên là 16 hoặc 32 mét (tức, mỗi bên thêm 1 hoặc 2 nhịp). Xét ở tỷ lệ mô hình, chiều dài mỗi nhịp là 8 mét. Giá trị được mô hình thu nhỏ tỷ lệ 1/500, nên chiều dài nhịp trong mô hình là 16 mm. Theo chiều cao, chiều cao phần đế được xem xét tương ứng tăng dần với các giá trị từ 20, 40, 60, 80 % so với chiều cao của toàn bộ nhà (160 mm trong mô hình). Bảng 1 thể hiện các tham số được xem xét đến trong nghiên cứu tham số. Hình dạng công trình chỉ đối xứng qua 1 phương, do đó, mặt đón gió có sự khác nhau. Các trường hợp mặt đón gió là mặt phẳng và mặt giắt cấp cũng sẽ được xem xét. Tên của các mô hình có cấu trúc dạng HRxCy và LRxCy. Ký tự H thể hiện gió tác dụng vào mặt phẳng, ký tự L thể hiện gió tác dụng vào mặt giắt cấp. Các giá trị sau ký tự R (x) thể hiện tỷ lệ tăng lên của bề rộng khi có phần đế so với bề rộng không có phần đế; giá trị sau ký tự C (y) thể hiện tỷ lệ chiều cao của phần đế so với chiều cao của nhà. Hình 13 thể hiện các vị trí sẽ được trích xuất giá trị hệ số khí động tương ứng với các hướng gió tác động vào công trình.

Bảng 1. Thông tin về các tham số của mô hình.

Tham số về giá trị mở rộng của phần đế	Tham số về hướng tác dụng của gió	Tham số chiều cao của đế	Ký hiệu mô hình
Đế mở rộng 40 % so với bề rộng ban đầu của nhà	Gió tác dụng vào mặt phẳng	Chiều cao của phần đế so với chiều cao công trình từ 20-80 %	HR40Cy, giá trị của y là 20, 40, 60, 80 thể hiện mức cao độ giắt cấp
	Gió tác dụng vào mặt giắt cấp	Chiều cao của phần đế so với chiều cao công trình từ 20-80 %	LR40Cy, giá trị của y là 20, 40, 60, 80 thể hiện mức cao độ giắt cấp
Đế mở rộng 80 % so với bề rộng ban đầu của nhà	Gió tác dụng vào mặt phẳng	Chiều cao của phần đế so với chiều cao công trình từ 20-80 %	HR80Cy, giá trị của y là 20, 40, 60, 80 thể hiện mức cao độ giắt cấp
	Gió tác dụng vào mặt giắt cấp	Chiều cao của phần đế so với chiều cao công trình từ 20-80 %	LR80Cy, giá trị của y là 20, 40, 60, 80 thể hiện mức cao độ giắt cấp



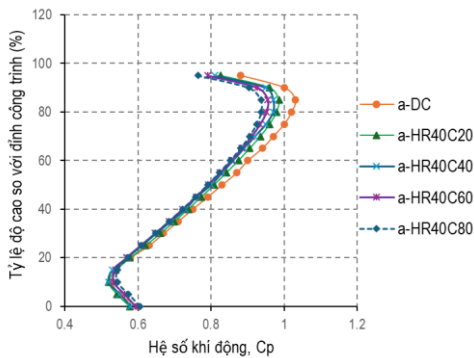
Hình 12. Hình dạng của công trình giạt cấp được nghiên cứu trong và các thông tin về thuật ngữ được sử dụng.



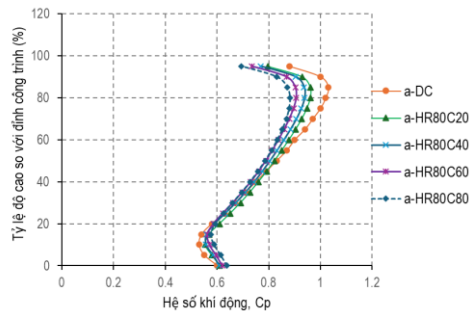
Hình 13. Các vị trí trích xuất biểu đồ hệ số khí động tương ứng với các hướng gió tác động vào công trình.

3.2. Kết quả mô phỏng trường hợp gió tác dụng vào mặt phẳng

3.2.1. Ảnh hưởng của giạt cấp lên tác động của gió vào mặt phẳng đón gió



a) Giá trị hệ số khí động ở mặt đón gió của các mô hình HR40Cy



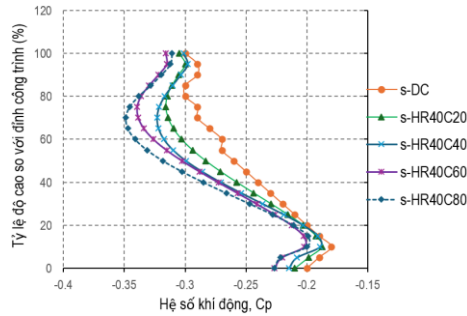
b) Giá trị hệ số khí động ở mặt đón gió của các mô hình HR80Cy

Hình 14. Giá trị hệ số khí động ở mặt đón gió của các mô hình HRxCy.

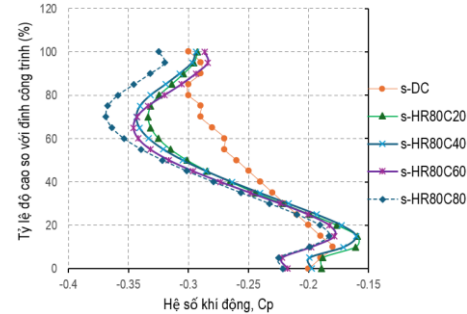
Hình 14 và Bảng 2 thể hiện giá trị hệ số khí động ở mặt đón gió của các mô hình HRxCy. Có thể thấy vùng hệ số khí động lớn nhất nằm ở phần phía trên 2/3 chiều cao của nhà. Biểu đồ này khá phù hợp với kiểu phân bố của hệ số khí động đo được theo các nghiên cứu thực nghiệm và mô phỏng trước đây. Xu hướng áp lực tăng dần từ dưới lên. Vị trí sát mặt đất có xoáy nên biểu đồ có sự giảm đến khoảng 10 % chiều cao nhà. Sau đó tăng gần như tuyến tính. Vị trí cực đại của áp lực ở khoảng ở độ cao 90 % của công trình nhà, khoảng giá trị từ 0,94 đến 1,03. Khi phần “đế” (mức vị trí giạt cấp) có độ cao càng lớn thì hệ số áp lực trung bình của các mô hình giảm đi. Hệ số khí động trung bình của các mô hình đều nhỏ hơn 0,7. Khi chiều cao phần đế tăng lên, hệ số khí động ở mặt đón gió có xu hướng giảm từ 2 % đến 4 % so với công trình không giạt cấp.

3.2.2. Ảnh hưởng của giạt cấp lên tác động của gió vào mặt phẳng khuất gió

Giá trị hệ số khí động ở mặt khuất gió của các mô hình HRxCy được thể hiện ở Hình 15 và Bảng 3. Ở mặt phía khuất gió, hệ số khí động có sự thay đổi mạnh hơn so với mặt đón gió. Thêm vào đó, hệ số khí động có xu hướng tăng lên khi công trình có chiều cao phần đế tăng lên. Vị trí có hệ số khí động lớn nhất nằm ở chiều cao khoảng 70 % cao độ của nhà. Giá trị hệ số khí động ở mặt sau nhà khá nhỏ, giá trị trung bình của toàn chiều cao nhà là khoảng -0,25 đến -0,29. Khi phần đế có chiều cao lớn thì hệ số khí động ở mặt khuất gió tăng lên từ 5 % đến 15 %.

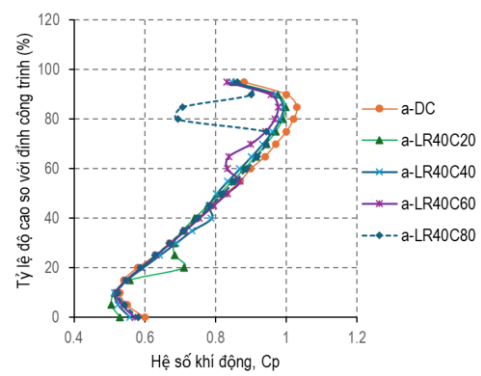


a) Giá trị hệ số khí động ở mặt khuất gió của các mô hình HR40Cy

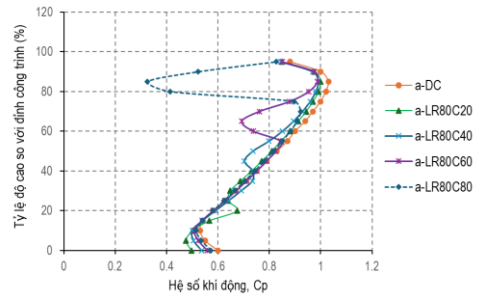


b) Giá trị hệ số khí động ở mặt khuất gió của các mô hình HR80Cy

Hình 15. Giá trị hệ số khí động ở mặt khuất gió của các mô hình HRxCy.



a) Giá trị hệ số khí động ở mặt đón gió của các mô hình LR40Cy



b) Giá trị hệ số khí động ở mặt đón gió của các mô hình LR80Cy

Hình 16. Giá trị hệ số khí động ở mặt đón gió của các mô hình LRxCy.

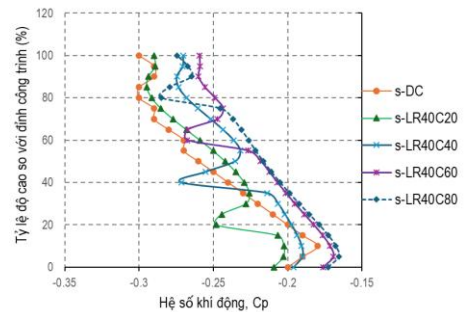
3.3. Kết quả mô phỏng trường hợp gió tác dụng vào mặt giạt cấp

3.3.1. Ảnh hưởng của giạt cấp đến tác động của gió vào mặt đón gió dạng giạt cấp

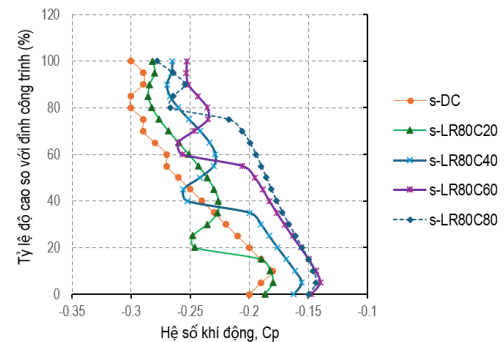
Giá trị hệ số khí động ở mặt đón gió của các mô hình LRxCy được thể hiện ở Hình 16 và Bảng 4. Nhìn chung, trường hợp gió tác dụng vào mặt giạt cấp phức tạp hơn khi gió tác dụng vào mặt phẳng. Hệ số khí động trung bình trên toàn bộ mặt đón gió ở trường hợp gió tác dụng vào mặt giạt cấp có giá trị nhỏ hơn so với trường hợp gió tác dụng vào mặt phẳng. Điều này có nguyên nhân bởi các xoáy xuất hiện ngay phía sau vị trí giạt cấp. Gió tại bề mặt thẳng đứng phía trên vị trí giạt cấp không còn là dạng gió vùng dừng, do đó, giá trị áp lực của gió lên các bề mặt ở vùng này giảm xuống.

Từ các biểu đồ ở Hình 16 có thể thấy khi có giạt cấp ở vùng cao độ trên 50 % chiều cao của nhà thì hệ số khí động ở mặt giạt vào nhỏ lại. Tuy nhiên, khi chiều cao phần giạt cấp nằm dưới 50 % của công trình, thì phần mặt lồi ra có xu hướng hệ số khí động tăng lên. Xét về tổng thể, phần đế có ảnh hưởng đến hệ số khí động, tuy nhiên, sự thay đổi là không lớn. Vị trí giạt cấp có độ cao càng lớn thì hệ số khí động càng giảm. Bên cạnh đó, khi có phần giạt cấp, hệ số khí động sẽ nhỏ hơn so với mô hình đối chứng. Giá trị hệ số khí động ở mặt đón gió nằm trong khoảng từ 0,74 đến 0,78.

3.3.2. Ảnh hưởng của giạt cấp đến tác động của gió vào mặt khuất gió dạng giạt cấp



a) Giá trị hệ số khí động ở mặt khuất gió của các mô hình LR40Cy



b) Giá trị hệ số khí động ở mặt khuất gió của các mô hình LR80Cy

Hình 17. Giá trị hệ số khí động ở mặt khuất gió của các mô hình LRxCy.

Giá trị hệ số khí động ở mặt khuất gió của các mô hình có gió tác dụng vào mặt giặt cấp, LRxCy, được thể hiện ở Hình 17 và Bảng 5. Ở mặt phía khuất gió, hệ số khí động có sự thay đổi mạnh hơn so với mặt đón gió. Tại các vị trí giặt cấp, hệ số khí động cũng có bước nhảy rất rõ. Hệ số khí động có xu hướng giảm khi vị trí giặt cấp tăng lên so với

chiều cao nhà. Giá trị hệ số khí động ở mặt sau nhà khá nhỏ, giá trị trung bình của toàn chiều cao nhà là khoảng -0,2 đến -0,25. Việc có thêm phần đế làm cho hệ số này tăng lên từ 6 % đến 15 % tương ứng với chiều cao phần đế mở rộng 40 % đến 80 % và chiều cao thay đổi từ 20 % đến 80 %.

Bảng 2. Một số giá trị đặc trưng mặt đón gió của các mô hình HRxCy.

Tên mô hình	Đối chứng (DC)	HR40C20	HR40C40	HR40C60	HR40C80
Hệ số khí động trung bình	0,79	0,766	0,757	0,752	0,749
Tỷ lệ hệ số khí động của mô hình có đế so với mô hình đối chứng		0,97	0,958	0,953	0,949
Tên mô hình	Đối chứng (DC)	HR80C20	HR80C40	HR80C60	HR80C80
Hệ số khí động trung bình	0,79	0,776	0,759	0,745	0,739
Tỷ lệ hệ số khí động của mô hình có đế so với mô hình đối chứng		0,983	0,962	0,944	0,937

Bảng 3. Một số giá trị đặc trưng mặt khuất gió của các mô hình HRxCy.

Tên mô hình	Đối chứng (DC)	HR40C20	HR40C40	HR40C60	HR40C80
Hệ số khí động trung bình	-0,25	-0,265	-0,271	-0,282	-0,287
Tỷ lệ hệ số khí động của mô hình có đế so với mô hình đối chứng		1,06	1,09	1,13	1,15
Tên mô hình	Đối chứng (DC)	HR80C20	HR80C40	HR80C60	HR80C80
Hệ số khí động trung bình	-0,25	-0,265	-0,268	-0,273	-0,29
Tỷ lệ hệ số khí động của mô hình có đế so với mô hình đối chứng		1,05	1,07	1,09	1,16

Bảng 4. Một số giá trị đặc trưng mặt đón gió của các mô hình LRxCy.

Tên mô hình	Đối chứng (DC)	LR40C20	LR40C40	LR40C60	LR40C80
Hệ số khí động trung bình	0,79	0,78	0,77	0,76	0,74
Tỷ lệ hệ số khí động của mô hình có đế so với mô hình đối chứng		0,987	0,978	0,968	0,94
Tên mô hình	Đối chứng (DC)	LR80C20	LR80C40	LR80C60	LR80C80
Hệ số khí động trung bình	0,79	0,768	0,756	0,739	0,681
Tỷ lệ hệ số khí động của mô hình có đế so với mô hình đối chứng		0,973	0,958	0,935	0,863

Bảng 5. Một số giá trị đặc trưng mặt khuất gió của các mô hình LRxCy

Tên mô hình	Đối chứng (DC)	LR40C20	LR40C40	LR40C60	LR40C80
Hệ số khí động trung bình	-0,25	-0,251	-0,234	-0,22	-0,219
Tỷ lệ hệ số khí động của mô hình có đế so với mô hình đối chứng		1	0,939	0,883	0,876
Tên mô hình	Đối chứng (DC)	LR80C20	LR80C40	LR80C60	LR80C80
Hệ số khí động trung bình	-0,25	-0,243	-0,222	-0,202	-0,193
Tỷ lệ hệ số khí động của mô hình có đế so với mô hình đối chứng		0,971	0,888	0,81	0,785

4. Kết luận và kiến nghị

Bài báo trình bày nghiên cứu xác định hệ số khí động của công trình nhà nhiều tầng có dạng giật cấp. Mô hình mô phỏng động lực học chất lưu của tương tác giữa gió với công trình nhà nhiều tầng được kiểm chứng với kết quả thí nghiệm cho thấy khả năng dự đoán của mô phỏng là rất tốt. Tham số về bề rộng và chiều cao của phần giật cấp trong công trình nhà có mặt đứng dạng giật cấp một lần theo một phương đã được khảo sát, một số kết luận có thể rút ra như sau:

- Kích thước phần đế (bề rộng và chiều cao) càng lớn sẽ gây ảnh hưởng càng nhiều đến giá trị của hệ số khí động.
- Đối với mặt đón gió, việc có phần giật cấp làm giảm áp lực trực diện của gió lên bề mặt công trình, do hiệu ứng tách dòng của khu vực giật cấp.
- Hệ số khí động khi mặt đón gió là phẳng có giá trị lớn hơn so với khi mặt đón gió giật cấp. Trong mọi trường hợp được khảo sát, hệ số khí động ở mặt đón gió có giá trị trung bình nhỏ hơn 0,8 theo như các quy định của tiêu chuẩn về tải trọng gió hiện hành.
- Khi mặt khuất gió là mặt phẳng, kích thước phần giật cấp tăng lên sẽ làm cho hệ số khí động tăng lên, mức tăng của hệ số khí động từ 5 % đến 16 % tương ứng với mức tăng của các mô hình được khảo sát.
- Ngược lại, khi mặt khuất gió là mặt giật cấp, kích thước mặt giật cấp tăng lên sẽ làm cho hệ số khí động giảm xuống. Mức giảm có thể lên đến gần 30 % phụ thuộc vào kích thước của phần giật cấp.
- Trong mọi trường hợp được khảo sát, hệ số khí động trung bình của mặt khuất gió là khá nhỏ, chỉ khoảng từ -0,2 đến -0,3.

Tài liệu tham khảo

[1]. Sok Heang, Khúc Thiên Thanh, Nguyễn Hoàng Tùng (2025). “Đánh giá tính toán tải trọng gió theo Eurocode 1, TCVN 2737 và ASCE 7-22”, Tạp chí Vật liệu và Xây dựng, Tập 15 số 02 năm 2025.

[2]. Nguyễn Lê Ninh (2022), “Gió bão tính toán tác động và cơ sở thiết kế phòng chống cho nhà”, 2022, Nhà xuất bản Xây dựng.

[3]. Tiêu chuẩn quốc gia, TCVN 2737:2023 (2023), “Tải trọng và tác động”, Bộ Khoa học và công nghệ.

[4]. Tiêu chuẩn quốc gia, TCVN 2737:1995 (1995), “Tải trọng và tác động”, Bộ Khoa học và công nghệ.

[5]. Nguyễn Như Hoàng (2023), “Thiết kế hình khối nhà siêu cao tầng theo nguyên lý khí động học”, Tạp chí Kiến trúc, số 01-2023.

[6]. Yongchul Kim, Jun Kanda (2010), “Characteristics of aerodynamic forces and pressures on square plan buildings with height variations”, J. Wind Eng. Ind. Aerodyn. 98, pp. 449–465.

[7]. Rajasekarababu Kompala Baskar et al., (2023), “Peak wind pressure coefficient on a setback building”, 5th International Conference on Innovative Design, Analysis & Development Practices in Aerospace & Automotive Engineering.

[8]. A. K. Bairagi and S. K. Dalui (2023), “Wind-Induced Aerodynamic Effects on Multiple Side Setback Tall Buildings Using CFD Simulation”, in Proceedings of SECON 23, Lecture Notes in Civil Engineering 381, pp. 427-438.

[9]. Nguyễn Văn Thông, Nguyễn Quốc Ý, Nguyễn Hữu Thành, Ngô hữu Cường (2019), “Phân tích thành phần tĩnh của tải trọng gió cho nhà bằng mô phỏng CFD”, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng NUCE, 13 (iv) 11-24.

[10]. Vũ Thành Trung, Đỗ Văn Mạnh, Nguyễn Ngọc Huy (2019), “Xác định hệ số khí động của các dạng nhà cao tầng với tiết diện ngang hình chữ H, T, U, L theo điều kiện Việt Nam”, Tạp chí khoa học Công nghệ xây dựng – số 04/2019.

[11]. Vũ Thành Trung, Đỗ Văn Mạnh, Nguyễn Ngọc Huy, Phan Đăng Dũng (2023), “Xác định tải trọng gió bằng thí nghiệm ống thổi khí động cho công tác thiết kế công trình xây dựng tại việt nam determination of wind load using wind tunnel test for building design in vietnam”, Hội nghị khoa học quốc tế Kỷ niệm 60 năm thành lập Viện KHCN Xây dựng.

[12]. Nguyễn Lê Thủy (2023). “Nghiên cứu xác định tải trọng gió lên kết cấu pano tấm lớn trong điều kiện Việt Nam”, Luận án Tiến sĩ, Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng.

[13]. Y. Meng, K. Hibi (1998), “Turbulent measurements of the flow field around a high-rise building”, J. Wind Eng. 76, pp. 55-64.

[14]. Jianlin Liu, Jianlei Niu (2016), “CFD simulation of the wind environment around an isolated high-rise building: An evaluation of SRANS, LES and DES models”, Building and Environment 96, pp. 91-106.