

Đánh giá hiệu quả hệ tương tác khung-tường cắt cho nhà cao tầng dưới tải trọng gió bằng ETABS

Sok Heang^{1,2*}, Nguyễn Hoàng Tùng^{1,2}

¹ Viện sau Đại Học, Trường Đại Học Văn Lang, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

² Khoa Xây dựng, Trường Đại Học Văn Lang, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

TỪ KHOÁ

Tải gió
TCVN 2737-2023
Hệ khung vách sàn phẳng
Hệ khung sàn phẳng
Công trình nhà cao tầng
Etabs

TÓM TẮT

Tính hiệu quả của tường chịu tải ngang trong các công trình cao tầng đã được công nhận từ lâu, trong khi hệ sàn phẳng cũng phổ biến và được ứng dụng rộng rãi trong kết cấu bê tông cốt thép của các tòa nhà văn phòng và chung cư. Sàn phẳng đem lại mặt sàn liền mạch, giảm chiều cao sàn, thuận tiện cho bố trí kiến trúc và hệ thống cơ điện, giảm lượng bê tông và thép, đồng thời tăng tính linh hoạt trong sử dụng. Nghiên cứu này đánh giá hai hệ kết cấu khung sàn phẳng và khung vách sàn phẳng trong kháng tải trọng ngang do gió trên công trình cao 45 tầng tại Việt Nam bằng phần mềm ETABS. Kết quả cho thấy lực cắt tập trung ở các tầng thấp của vách và giảm dần theo cao, trong khi lực cắt của khung tăng theo tầng, phản ánh vai trò chính của vách và vai trò hỗ trợ của khung. Hệ khung vách sàn phẳng làm giảm chuyển vị đỉnh và độ trôi tầng, phân bố độ trôi đều theo chiều cao, hạn chế tầng mềm và đảm bảo ổn định tổng thể. Cơ chế phối hợp giữa vách cứng và khung là vách chịu phần lớn tải ngang, tăng cường độ cứng, trong khi khung phân phối và cân bằng nội lực, bảo đảm tương thích giữa các cấu kiện. Phương án kết cấu này mang lại hiệu quả cho các công trình cao 40–50 tầng thuộc vùng gió thấp và trung bình, vừa đảm bảo an toàn, ổn định, đồng thời phù hợp với điều kiện khí hậu và yêu cầu sử dụng.

KEYWORDS

Wind load
TCVN2737-2023
Shear Wall- Flat slab frame systems
Flat slab frame systems
Hise rise-building
Etabs

ABSTRACT

The effectiveness of shear walls in resisting lateral loads in high-rise buildings has long been recognized, while flat slab systems are also widely used in reinforced concrete structures of office and residential buildings. Flat slabs provide a continuous floor surface, reduce floor-to-floor height, facilitate architectural and MEP layout, reduce concrete and steel quantities, and increase flexibility in usage. This study effective evaluation of two structural systems flat slab frames and flat slab frames with shear walls in resisting wind-induced lateral loads on a 45-story building in Vietnam using ETABS software. The results show that shear forces are concentrated at the lower levels of the walls and decrease with height, whereas frame shear forces increase with height, reflecting the primary role of the walls and the supporting role of the frame. The frame-shear wall system reduces roof displacement and inter-story drift, distributes drift uniformly along the height, mitigates soft story effects, and ensures overall stability. The interaction mechanism between the shear walls and the frame involves the walls carrying the majority of lateral loads, enhancing stiffness, while the frame distributes and balances internal forces, ensuring compatibility between structural components. This structural solution is effective for 40–50-story buildings in low- and medium-wind regions, ensuring safety and stability, while also being compatible with local climate conditions and functional requirements.

1. Giới thiệu

Việc thiết kế công trình cao tầng tại Việt Nam thường đối mặt với những yêu cầu kỹ thuật phức tạp. Tải trọng gió là yếu tố cốt lõi chỉ phối tính ổn định và độ an toàn của công trình. Khi chiều cao tầng, tải trọng gió tác động mạnh hơn, gây chuyển vị đỉnh đáng kể và ảnh hưởng đến cảm giác thoải mái của người sử dụng. Các công trình cao tầng phải thỏa mãn trạng thái giới hạn về cường độ, trong đó các

cấu kiện và bộ phận kết cấu phải đảm bảo chịu tải gió cực đại và duy trì tính toàn vẹn kết cấu. Một mục tiêu hiệu năng cơ bản đối với các công trình cao tầng chịu tải gió là hệ kết cấu ngang phải duy trì một biên độ an toàn tối thiểu chống lại sự mất ổn định tổng thể, dưới mọi tổ hợp tải cực đại áp dụng được [1]. Việc lựa chọn hệ kết cấu phù hợp là quyết định. Hệ sàn có hai cơ chế kháng tải ngang phân phối tải theo độ cứng của bộ phận kết cấu nhờ độ cứng trong mặt phẳng, và kìm hãm chuyển vị cùng xoay của cột nhờ độ cứng ngoài mặt phẳng,

*Liên hệ tác giả: heangsok276@gmail.com

Nhận ngày 10/06/2025, sửa xong ngày 27/06/2025, chấp nhận đăng ngày 30/07/2025

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.04.2025.1029>

như thể các cột được nối bởi một dầm nông rộng [2]. Hệ khung – tường cắt được xem là giải pháp tối ưu, kết hợp lợi ích của khung bê tông và tường cắt, tăng khả năng kháng tải trọng ngang. Trong đó, theo, hệ kết cấu này là giải pháp hiệu quả và kinh tế, đặc biệt phù hợp cho các công trình trên 40 tầng [3]. Với khả năng chịu lực cao, hệ kết cấu này mang lại sự ổn định và độ cứng cần thiết cho các công trình cao tầng ở Việt Nam, đặc biệt thích hợp trong bối cảnh khí hậu và tải trọng gió của TP. Hồ Chí Minh. Tại Việt Nam thường lựa chọn hệ khung – tường cắt do tính kinh tế và thi công thuận lợi.

Khung thuần túy chủ yếu chịu chuyển vị ngang do biến dạng cắt (shear mode, linear sway), trong khi vách thuần túy chủ yếu biến dạng theo dạng uốn kiểu công-xôn (bending mode, parabolic sway). Khi khung và vách kết hợp, chúng tương tác để bảo đảm sự tương thích về chuyển vị ngang, trong đó vách với đặc trưng biến dạng kiểu công-xôn thường có độ cứng lớn tại các tầng dưới, dẫn đến chuyển vị lệch tầng nhỏ (chỉ bằng khoảng một nửa so với các tầng gần đỉnh công trình), còn ở các tầng trên chuyển vị của vách tăng nhanh. Ngược lại, khung cứng – do biến dạng cắt chiếm ưu thế – có chuyển vị tầng phụ thuộc vào lực cắt tại từng tầng, thường lớn hơn vách ở các tầng dưới nhưng nhỏ hơn ở các tầng trên; tuy nhiên, chuyển vị lệch tầng của khung lại phân bố khá đồng đều theo chiều cao. Khi hai hệ này được liên kết thông qua hệ thống sàn, ứng suất cắt không đều giữa khung và vách sẽ được phân phối, tạo thành một hệ kết cấu hiệu quả hơn, giúp tăng độ cứng tổng thể khung–vách, giảm chuyển vị của vách ở tầng trên và hạn chế chuyển vị của khung ở tầng dưới. Tuy nhiên, sự kết hợp giữa dạng biến dạng cắt (shear mode) của khung và dạng biến dạng uốn (bending mode) của vách, nếu khung có cột bố trí gần nhau và tiết diện dầm cao, khung sẽ biến dạng tương tự vách (dạng uốn chiếm ưu thế), còn nếu vách có nhiều lỗ cửa lớn thì vách lại làm việc như khung (dạng cắt chiếm ưu thế). Do đó, tương tác giữa vách và khung ảnh hưởng bởi tỷ lệ phân bố độ cứng tương đối của hai hệ cũng như dạng biến dạng của các hệ. Các mô hình tương tác kinh điển thường giả định (i) trong tính toán, vách và khung thường giả thiết độ cứng không đổi theo chiều cao công trình, (ii) nếu độ cứng thay đổi thì tỷ lệ độ cứng tương đối giữa chúng vẫn không đổi theo chiều cao. Trong thực tế, do yêu cầu kiến trúc, các điều kiện lý tưởng này hiếm khi được thỏa mãn hoàn toàn, nên việc phân tích bằng máy tính trở nên cần thiết để đánh giá chính xác tương tác phức tạp này [4, 5]. Tường chịu cắt có dạng biến dạng uốn với lõm xuống dưới và độ dốc ở trên cùng, khung chịu cắt biến dạng theo dạng cắt với lõm hướng lên trên và độ dốc lớn nhất tại gốc, khi kết nối tường và khung bằng liên kết đầu chốt và nhận lực ngang, biến dạng của hệ hợp thành thể hiện dạng uốn ở phần dưới và dạng cắt ở phần trên [6]. Tương tự khi kết hợp với khung MRF, sẽ hình thành hệ thống tương tác khung–dàn (hoặc tường) chịu cắt, trong đó hình dạng biến dạng của khung gần như tuyến tính kết hợp với chế độ trôi công-xôn parabol của dàn/tường tạo ra hình dạng chung nhờ mặt sàn cứng. Phần trên của dàn chịu cắt được khống chế bởi khung, trong khi phần dưới, dàn hoặc tường chịu cắt khống chế khung, làm tăng độ cứng ngang của tòa nhà [7]. Tác giả tiến hành khảo sát sự tương tác giữa

tường chịu cắt và khung bê tông cốt thép (BTCT) thông qua mô hình hóa 2D đối với các công trình cao 20, 30 và 35 tầng có tường chịu cắt. Kết quả phân tích cho thấy tường chịu cắt và khung BTCT phối hợp trong việc kháng tải trọng ngang tại các tầng thấp và trung gian; trong khi đó, ở 2–3 tầng trên cùng, tải trọng ngang gần như hoàn toàn do khung BTCT tiếp nhận, còn sự đóng góp của tường chịu cắt là không đáng kể [8]. Trong nghiên cứu phân tích và tối ưu hóa tường chịu cắt cho nhà cao tầng bằng ETABS, tác giả đã mô hình hóa công trình 45 tầng và cho thấy việc tối ưu hóa kích thước tường chịu cắt giúp công trình ổn định hơn, giảm chuyển vị và độ lệch tầng, đồng thời bố trí tường đối xứng mang lại hiệu quả kháng tải trọng tốt hơn so với bố trí bất đối xứng [9]. Nghiên cứu tương tác giữa sàn phẳng và tường chịu cắt trong công trình nhiều tầng chịu tải trọng động đất, tác giả kết luận rằng việc bổ sung và bố trí hợp lý tường chịu cắt trong hệ sàn phẳng giúp gia tăng độ cứng ngang, giảm chuyển vị và nâng cao hiệu quả kháng chấn của công trình nhiều tầng [10]. So sánh hệ khung chịu mômen và hệ kết cấu kép khung – tường chịu cắt bằng ETABS 2016, tác giả cho thấy việc bổ sung tường chịu cắt trong hệ khung bê tông cốt thép giúp gia tăng đáng kể độ cứng ngang, giảm chuyển vị và nâng cao khả năng kháng chấn của công trình. Hiệu quả này phụ thuộc vào chiều cao công trình cũng như số lượng và vị trí bố trí tường chịu cắt, trong đó cách bố trí hợp lý cho phép phân bố lực cắt tốt hơn và đảm bảo ổn định tổng thể [11].

Mô hình phân tích phải phản ánh những khía cạnh quan trọng trong hành vi của kết cấu thực tế, với độ chính xác, kinh tế và chi tiết đủ cho mục đích thực tiễn. Hầu hết là mô hình ‘nút-đơn vị’ nối các nút cứng bằng phần tử biến dạng. Việc chọn phần tử thích hợp, gán thuộc tính và chỉ tiêu đánh giá khả năng đáp ứng đều đòi hỏi kỹ năng và khả năng đánh giá. Một mô hình trông giống kết cấu thực tế không nhất thiết hành xử giống kết cấu đó [12]. Việc mô phỏng chính xác ứng xử của hệ khung - tường cắt dưới tác động của gió là rất cần thiết, đặc biệt trong điều kiện khí hậu đặc thù tại Việt Nam – nơi có địa hình đa dạng và ảnh hưởng lớn của bão, gió mùa. Các phần mềm phân tích kết cấu hiện đại như ETABS cho phép xây dựng mô hình kết cấu chi tiết và đánh giá nội lực, chuyển vị chính xác.

Việc thực hiện việc sử dụng ETABS để khảo sát hiệu quả làm việc của hệ khung – tường cắt trong nhà cao tầng chịu tải trọng gió là một hướng tiếp cận hiện đại, kết hợp hài hòa giữa nghiên cứu khoa học và ứng dụng thực tế. Đề tài hướng đến việc lượng hóa hiệu quả của hệ khung – tường cắt trong công trình cao tầng chịu tác động gió, thông qua mô phỏng trên phần mềm ETABS. Trọng tâm nghiên cứu là phân tích, đối chiếu khả năng kháng gió của hệ khung – tường cắt với hệ khung thuần, từ đó đánh giá mức độ cải thiện độ cứng và ổn định tổng thể công trình. Đề tài tập thiết lập mô hình kết cấu đại diện cho một công trình nhà cao tầng điển hình cao 45 tầng để phục vụ công tác mô phỏng trên phần mềm ETABS, với hai cấu hình kết cấu chính: hệ khung bê tông cốt thép thuần và hệ kết cấu kết hợp khung - tường cắt. Các thông số kỹ thuật chủ yếu gồm chuyển vị ngang đỉnh, độ trôi tầng và độ lật công trình sẽ được phân tích, đối chiếu giữa hai mô hình. Ngoài ra, đối với hệ khung – vách vách, phân tích sự phân bố

lực giữa khung và vách cũng được đánh giá để xác định hiệu quả làm việc tương tác.

Tòa cao tầng kết cấu bê tông cốt thép gồm 45 tầng nổi và 2 tầng hầm làm mô hình khảo sát. Công trình dạng chữ nhật điển hình làm văn phòng hoặc căn hộ để phân tích và so sánh, không xét đến yếu tố kiến trúc hay nội thất cụ thể. Khung bê tông cốt thép với dầm biên và cột liên tục, tường cắt bê tông cốt thép có kích thước, cùng với sàn phẳng bê tông có mũ cột được mô hình hóa như một tấm cứng theo mặt phẳng. Hai cấu hình kết cấu được đưa vào nghiên cứu là hệ khung thuần (không có tường cắt) và hệ khung - tường cắt.

Về tải trọng, Tải trọng gió được tính toán và áp dụng theo tiêu chuẩn TCVN 2737:2023 [13] với giả định công trình đặt tại Thành phố Hồ Chí Minh và tải trọng gió cơ bản cụ thể dựa vào [14], và vật liệu sử dụng theo TCVN 5574-2018 [15]. Các loại tải trọng khác như động đất, nhiệt độ, thi công, tải trọng đặc biệt không được xét đến.

2. Phương pháp phân tích

Nhà cao tầng làm việc dựa trên nguyên lý phân phối nội lực giữa các phần tử chịu lực chính. Hệ khung chịu lực gồm các cột và dầm, hoạt động chủ yếu thông qua khả năng chịu uốn và mô men. Hệ tường cắt là những vách cứng có khả năng chống lại lực cắt ngang và moment. Khi kết hợp hai hệ này, hệ tương tác khung - tường cắt có thể tận dụng ưu thế về độ cứng và khả năng chịu lực để giảm thiểu biến dạng và dao động ngang cho công trình cao tầng.

Trong bài nghiên cứu này, phương pháp phân tích được áp dụng bao gồm phân tích tĩnh tuyến tính để đánh giá ứng xử cơ bản. Cơ sở lý thuyết của các phương pháp phân tích này dựa trên lý thuyết đàn hồi tuyến tính, mô hình phần tử hữu hạn và các giả thiết về vật liệu đồng nhất, tuyến tính đàn hồi.

ETABS được lựa chọn làm nền tảng chính cho quá trình mô hình hóa và đánh giá kết cấu. Phần mềm này cho phép tạo các phần tử khung (frame), tường (shell hoặc wall), định nghĩa đặc tính vật liệu, tiết diện, liên kết, điều kiện biên và các tải trọng. Độ chính xác của mô hình đóng vai trò quyết định trong việc phản ánh đúng đặc

ứng xử làm việc của công trình. Hiện nay Etabs V22 có thể tính toán tự động tải gió theo TCVN 2737-2023 [16]. Tính toán tải gió tự động theo Etabs lớn hơn so với tính bằng phương pháp thủ công [17]. Đối với công trình nhà cao tầng chịu tác động mạnh của tải trọng ngang như gió, việc mô hình hóa và phân tích kết cấu đòi hỏi độ chính xác và tính nhất quán cao. Phần mềm ETABS với khả năng tính toán tải trọng gió tự động và phân tích hệ kết cấu một cách toàn diện, qua đó nâng cao độ tin cậy và hiệu quả của kết quả thu được.

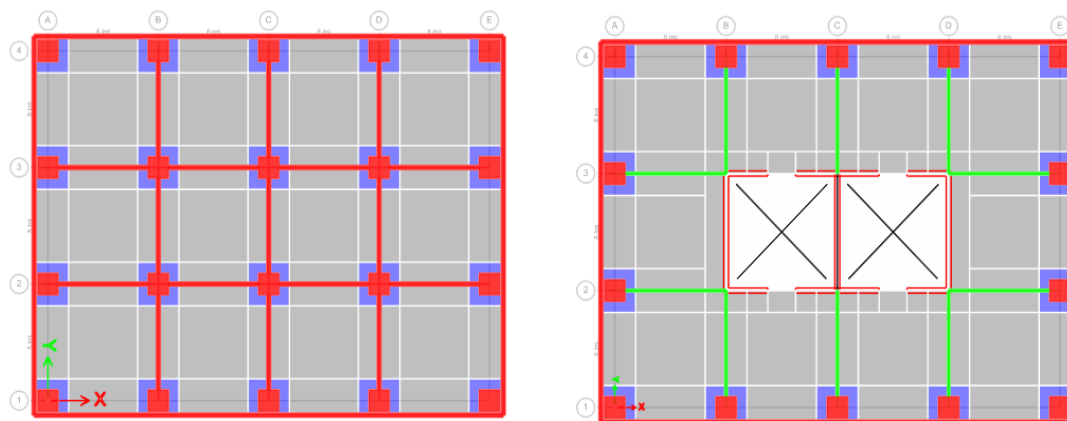
3. Phân tích ứng xử của hệ kết cấu của công trình

3.1. Mô phỏng công trình

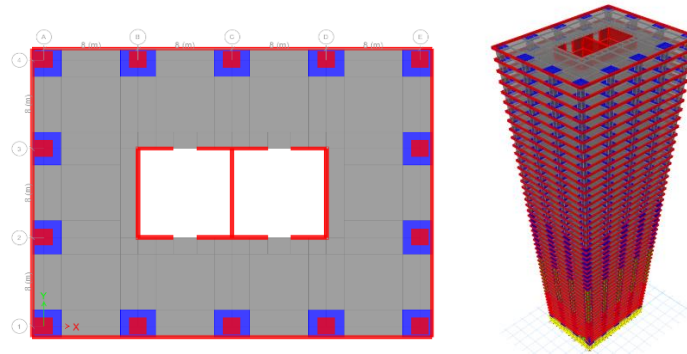
Một nghiên cứu điển hình sử dụng mô hình nhà cao 45 tầng do tác giả phát triển để phân với hai trường hợp: (1) khung sàn phẳng chu vi và lõi cứng trung tâm (Hình 1) và (2) khung sàn phẳng không vách (Hình 2). Các kích thước kết cấu được giả định như trong Bảng 1.

Bảng 1. Thông số đầu vào các cấu kiện kết cấu.

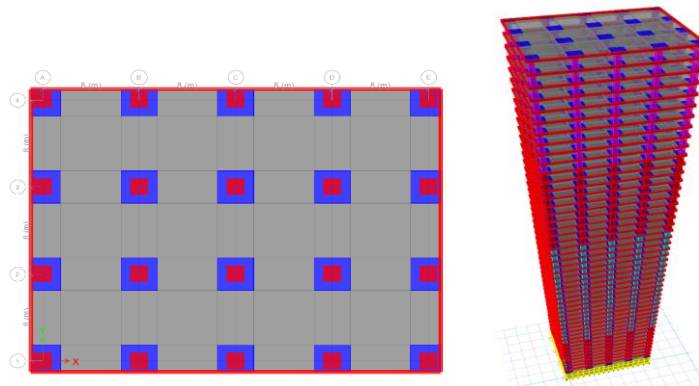
Hệ kết cấu	Khung sàn phẳng - vách	Khung sàn phẳng
Lưới cột	8 m × 8 m	8 m × 8 m
Chiều cao tầng	3,3 m	3,3 m
Chiều cao tầng hầm	3,0 m	3,0 m
Dầm	300 × 550	300 × 550
Sàn dày	220	220
Mũ cột (kể cả sàn) dày	400	400
Cột tầng 1 đến tầng 10	1500 × 1500	1500 × 1500
Cột tầng 11 đến tầng 20	1400 × 1400	1400 × 1400
Cột tầng 21 đến tầng 30	1300 × 1300	1300 × 1300
Cột tầng 31 đến tầng 40	1200 × 1200	1200 × 1200
Cột tầng 41 đến tầng 45	1100 × 1100	1100 × 1100
Vách dày	350	-



Hình 1. Cấu trúc mặt bằng công trình từ tầng hầm đến 5 của hai hệ.



Hình 2. Toà nhà khung-vách 45 tầng: mặt bằng và mô hình 3D ETABS.

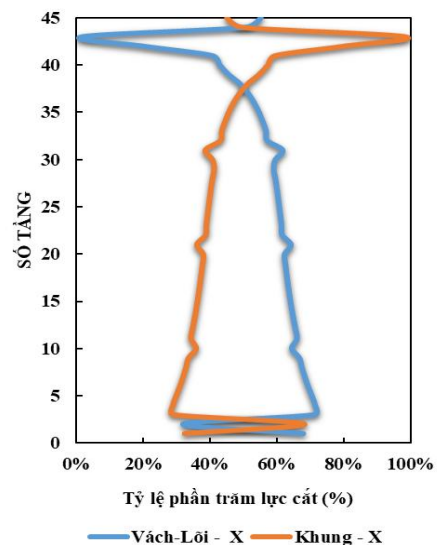


Hình 3. Toà nhà khung sàn phẳng 45 tầng: mặt bằng và mô hình 3D ETABS.

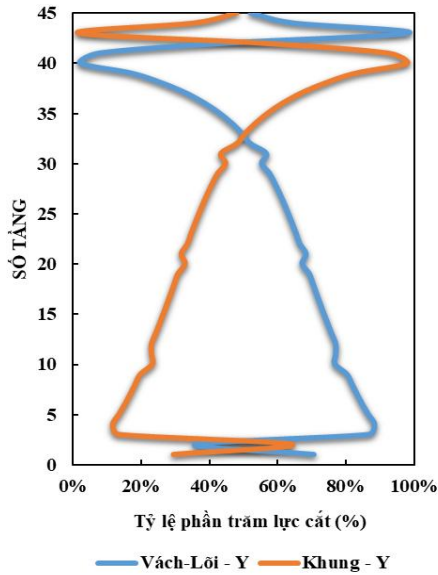
3.2. Kết quả phân bố lực cắt vào khung và vách

Hình 4 và Hình 5 Lực cắt mà vách – lõi chịu chủ yếu tập trung tại các tầng thấp và giảm dần lên các tầng trên, trong khi lực cắt do khung chịu có xu hướng tăng dần theo chiều cao công trình. Phân bố lực cắt nhìn chung ổn định từ tầng đáy đến gần tầng mái, chỉ xuất hiện những biến thiên cục bộ tại một số khu vực do sự thay đổi độ cứng của các cấu kiện. Sự khác biệt này phản ánh rõ cơ chế phối hợp giữa các thành phần kết cấu, trong đó vách – lõi đóng vai trò chủ đạo trong việc kháng lực ngang, còn hệ khung đóng vai trò hỗ trợ, góp phần phân phối nội lực đồng thời tăng khả năng biến dạng dẻo tổng thể. Ngoài ra, mức độ chịu lực của từng thành phần còn phụ thuộc trực tiếp vào độ cứng của chúng, từ đó ảnh hưởng đến toàn bộ phân bố lực cắt trong công trình. Cụ thể phương X, tại các tầng trên cùng (từ tầng 39 đến 43), gần như toàn bộ tải trọng ngang do khung bê tông cốt thép tiếp nhận, trong khi vách lõi chỉ đóng góp một phần nhỏ (khoảng 20–30 %). Riêng tại tầng 44 và 45, tỷ lệ lực cắt được phân bố khá cân bằng giữa khung và vách. Ở khu vực giữa công trình (từ tầng 28 đến 38), sự phân bố lực cắt có xu hướng ổn định hơn, với vách lõi tiếp nhận khoảng 50–60 % và khung chịu 40–50 %. Tại các tầng thấp (từ tầng 1 đến 27), vách lõi đóng vai trò chủ đạo khi tiếp nhận hơn 60–70 % lực cắt, trong khi khung chỉ tham gia khoảng 29–40 %. Đối với phương Y, xu hướng phân bố lực cắt thể hiện rõ sự khác biệt. Từ tầng 1 đến tầng 32, vách lõi vẫn giữ vai trò chủ đạo khi chịu 36–88 %

lực cắt, trong khi khung chỉ đảm nhận 12–64 %. Tuy nhiên, từ tầng 33 đến tầng 42, khung bắt đầu chiếm ưu thế với tỷ lệ tiếp nhận tải trọng ngang tăng dần, đạt khoảng 51–98 %. Ở khu vực đỉnh công trình (tầng 43 đến 45), khung tiếp tục là thành phần chính trong việc kháng tải trọng ngang, còn vách chỉ đóng góp ở mức nhỏ hơn.



Hình 4. Lực cắt phân bố vào vách và khung theo phương X.

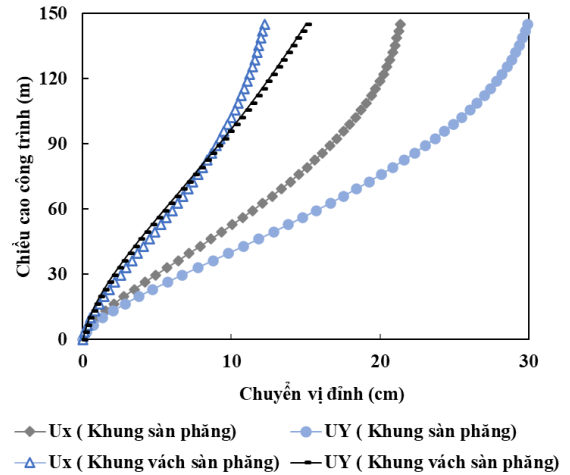


Hình 5. Lực cắt phân bố vào vách và khung theo phương X.

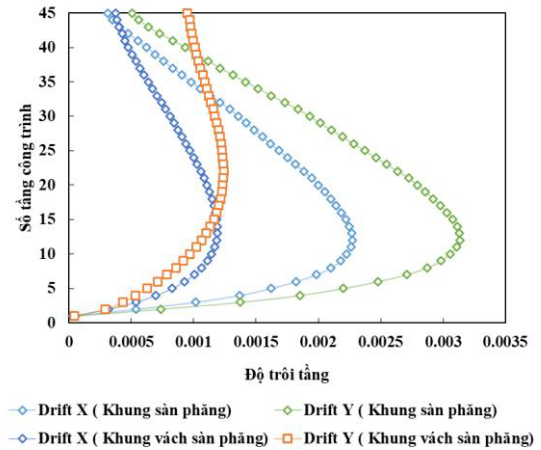
3.3. Kết quả và nhận xét chuyển vị đỉnh và độ trôi tầng công trình của hai hệ kết cấu

Hình 6 Kết quả cho thấy, công trình sử dụng khung vách sàn phẳng có chuyển vị đỉnh nhỏ hơn rõ rệt so với công trình chỉ dùng khung sàn phẳng. Cụ thể, theo phương Y – chuyển vị đỉnh giảm từ gần 29,93 cm xuống còn khoảng 15,043 cm khi bổ sung vách cứng. Tương tự, theo phương X, chuyển vị đỉnh cũng giảm từ khoảng 21,35 cm xuống còn 12,23 cm. Điều này chứng tỏ hệ kết cấu có vách giúp tăng độ cứng và giảm biến dạng tổng thể của công trình. Việc bổ sung vách cứng vào hệ khung sàn phẳng là giải pháp hiệu quả để giảm chuyển vị đỉnh, tăng độ cứng ngang kết cấu và đảm bảo khả năng kháng tải trọng ngang, Kết quả cho thấy chuyển vị của cả hai phương của hệ có vách thu được đều phù hợp với các ngưỡng kiểm soát được quy định trong tiêu chuẩn hiện hành và hệ khung sàn phẳng không đảm bảo an toàn theo tiêu chuẩn.

Tương tự, biểu đồ Hình 7 cho thấy hệ kết cấu khung vách sàn phẳng giúp giảm đáng kể độ trôi tầng so với hệ khung sàn phẳng. Cụ thể, trong hệ khung sàn phẳng, độ trôi tầng theo phương Y đạt giá trị lớn nhất khoảng 0,003133, trong khi hệ có vách chỉ còn khoảng 0,00124 – tức giảm gần một nửa. Tương tự ở phương X, độ trôi tầng tối đa cũng giảm rõ rệt từ 0,002273 xuống khoảng 0,00119 khi thêm vách cứng. Ngoài ra, đường cong của hệ khung vách sàn phẳng có dạng dốc đều, không bị võng rõ ở giữa công trình như hệ khung sàn phẳng. Điều này cho thấy vách cứng không chỉ giúp giảm biến dạng tổng thể mà còn phân phối độ cứng đều hơn theo chiều cao công trình, từ đó nâng cao độ ổn định và an toàn khi chịu tải trọng ngang lớn. Kết quả cho thấy độ trôi tầng của cả hai phương của hệ có vách đều thỏa các yêu cầu kiểm soát được quy định trong tiêu chuẩn và hệ khung sàn phẳng không đảm bảo an toàn theo tiêu chuẩn.



Hình 6. Chuyển vị đỉnh của hai hệ kết cấu.



Hình 7. Độ trôi tầng của hai hệ kết cấu.

3.4. Kết quả và nhận xét độ lật của công trình

Theo Bảng 2 tổng mômen gây lật lần lượt là 422395,81 kN.m và 552363,79 kN.m, trong khi tổng mômen chống lật của hệ khung vách sàn phẳng đạt 8331568,677 kN.m và tổng mômen chống lật của hệ khung sàn phẳng đạt tới 8965593,02 kN.m. Như vậy, khả năng chống lật của công trình vượt xa so với mômen gây lật trong cả hai trường hợp, cho kết quả "OK", thể hiện rằng công trình đảm bảo ổn định tổng thể về mặt chống lật.

Bảng 1. Thể hiện kết quả kiểm độ lật của công trình.

Tổng Momen gây lật	422395,81	552363,79
Tổng Momen chống lật khung vách sàn phẳng	8331568,677	OK
Tổng Momen chống lật khung sàn phẳng	8965593,02	OK

4. Kết luận

Độ cứng của sàn phẳng ảnh hưởng đáng kể tác động trực tiếp tới chuyển vị ngang của công trình. Kết quả nghiên cứu cho thấy hệ khung – vách – sàn phẳng mang lại hiệu quả vượt trội trong việc nâng cao khả năng kháng tải trọng ngang so với hệ khung – sàn phẳng thuần túy. Phân bố lực cắt trong hệ khung – vách – sàn phẳng thể hiện rõ vai trò chủ đạo của vách – lõi trong việc chịu lực ngang, với lực cắt tập trung mạnh ở các tầng thấp và giảm dần lên các tầng trên, trong khi lực cắt của khung có xu hướng tăng dần theo chiều cao công trình, góp phần phân phối nội lực và tăng khả năng biến dạng dẻo tổng thể. Kết quả phân tích cho thấy hệ khung – vách cứng có sự phối hợp hiệu quả trong việc tiếp nhận tải trọng ngang. Ở các tầng thấp và tầng trung gian, khung và vách hỗ trợ lẫn nhau, trong đó vách cứng đảm nhận tỷ lệ lớn tải ngang, giúp tăng cường độ cứng và giảm chuyển vị ngang, trong khi khung đóng vai trò phân phối và cân bằng nội lực. Cơ chế làm việc đồng thời này góp phần nâng cao tính ổn định tổng thể của công trình, việc bổ sung vách cứng giúp giảm đáng kể chuyển vị đỉnh, khoảng 40–50 % so với hệ khung – sàn phẳng, đồng thời giảm gần một nửa độ trôi tầng và phân bố đều hơn theo chiều cao, hạn chế hiện tượng tầng mềm và nâng cao độ ổn định tổng thể. Sự chống lật của hai hệ đảm bảo ổn định tổng thể của công trình. Hệ khung vách sàn phẳng còn cải thiện rõ rệt độ ổn định hình học, giảm rung động và dịch chuyển tầng ở các tầng cao, đảm bảo độ bền lâu dài và phù hợp với yêu cầu thiết kế cũng như điều kiện khí hậu tại thành phố Hồ Chí Minh. Nhìn chung, hệ này được đánh giá là phương án kết cấu khả thi và hiệu quả cho công trình cao tầng đến 50 tầng, thậm chí có thể nâng chiều cao hiệu quả lên 70 tầng nếu bố trí hợp lý.

Dù đã đạt được những kết quả nhất định, nghiên cứu này vẫn có những giới hạn bao gồm tải trọng động đất đại diện cho các vùng có gia tốc nền yếu và trung bình, điều này cần thiết để đánh giá tổng quát về khả năng chịu chấn động. Thứ hai, nghiên cứu chưa xét đến suy giảm độ cứng của kết cấu, yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến phản ứng thực tế của công trình dưới tải trọng ngang. Do đó, các nghiên cứu tiếp theo nên mở rộng bằng cách kết hợp các tính huống tải động đất khác nhau và mô phỏng giảm độ cứng để phản ánh sát thực tế, việc khắc phục những hạn chế này sẽ giúp rút ra các kết luận đáng tin cậy và toàn diện hơn về hiệu quả kháng lực ngang của hệ khung vách sàn phẳng.

Tài liệu tham khảo

- [1]. T. C. f. t. Design and P. o. T. B. f. Wind, "Design and performance of tall buildings for wind," 2020: American Society of Civil Engineers.
- [2]. B. S. Taranath, *Wind and earthquake resistant buildings: Structural analysis and design*. CRC press, 2004.
- [3]. M. Günel and H. Ilgin, *Tall buildings: structural systems and aerodynamic form*. Routledge, 2014.
- [4]. B. S. Taranath, *Reinforced concrete design of tall buildings*. CRC press, 2009.
- [5]. N. H. Tùng, *Giáo trình kết cấu nhà cao tầng*. Hà Nội: Nhà xuất bản Xây Dựng, 2025 (Xuất bản sớm).
- [6]. G. Mostofa, "Behaviour of shear wall-frame structures under lateral load," 2003.
- [7]. M. M. Ali and K. S. Moon, "Structural developments in tall buildings: current trends and future prospects," *Architectural science review*, vol. 50, no. 3, pp. 205-223, 2007.
- [8]. D. Patel and J. A. Amin, "Evaluation of Shear Wall-RC Frame Interaction of High-rise Buildings using 2-D Model Approach," *Journal of Materials and Engineering Structures «JMES»*, vol. 2, no. 3, pp. 111-119, 2015.
- [9]. C. Balakrishna and S. Saishanker, "Shear wall analysis and optimised design for high rise buildings using ETABS," *International Journal of Health Sciences*, no. II, pp. 11018-11028, 2022.
- [10]. S. Jamle, "Flat Slab Shear Wall Interaction for Multistoried Building Analysis When Structure Length is greater than width under seismic Forces", vol. 05, pp. 32-53, 03/01 2017, doi: 10.6084/m9.figshare.11656509.
- [11]. A. Abou Lteaf, *Comparative study of moment resisting frame system and dual shear wall-frame system using ETABS 2016*. 2019.
- [12]. G. H. Powell, *Modeling for structural analysis: behavior and basics*. Computers and Structures Berkeley, CA, 2010.
- [13]. *Tải trọng và tác động*, TCVN 2737:2023, Hà Nội, 2023.
- [14]. *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về số liệu điều kiện tự nhiên dùng trong xây dựng*, QCXD 02:2022/BXD, Hà Nội, 2022.
- [15]. *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép – Tiêu chuẩn thiết kế*, TCVN 5574:2018, Hà Nội, 2018.
- [16]. C. C. a. s. Inc, *Lateral Loads Manual*. Berkeley, California, USA: Computers and Structures, Inc, 2024.
- [17]. S. Heang, K. T. Thanh, and N. H. Tùng, "Đánh giá tính toán tải trọng gió theo EUROCODE 1, TCVN 2737: 2023 và ASCE 7-22," *Tạp chí Vật liệu và Xây dựng-Bộ Xây dựng*, vol. 15, no. 02, 2025.