

# NGHIÊN CỨU ỨNG XỬ CỦA NHÀ NHIỀU TẦNG CÓ KẾT CẤU DẦM CHUYỂN CHỊU TẢI TRỌNG GIÓ SỬ DỤNG PHẦN MỀM ETABS

Nguyễn Ngọc Linh<sup>a,\*</sup>, Ngô Việt Anh<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Khoa Xây dựng Dân dụng & Công nghiệp, Trường Đại học Xây dựng,  
55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam*

<sup>b</sup>*Công ty Cổ phần Kiến trúc Đô thị Hà Nội – UAC, 25 Bùi Ngọc Dương, Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam*

*Nhận ngày 17/06/2019, Sửa xong 01/07/2019, Chấp nhận đăng 03/07/2019*

## Tóm tắt

Cùng với sự phát triển của công nghệ xây dựng, các tòa nhà hiện đại ngày nay càng trở nên cao hơn, đáp ứng nhiều công năng, vật liệu sử dụng nhẹ và cường độ cao hơn. Kết quả của sự phát triển đó dẫn đến các tòa nhà cao tầng và siêu cao tầng nhạy cảm với các tác động động học của tải trọng gió và động đất. Để đáp ứng được các yêu cầu phức tạp về kết cấu, các hệ kết cấu đặc biệt như: hệ kết cấu dầm chuyển, hệ kết cấu tầng cứng (outrigger) ngày càng được sử dụng rộng rãi trong nhà nhiều tầng. Các hệ kết cấu này có sự làm việc và ảnh hưởng đến các kết cấu lân cận cũng như toàn bộ công trình, khác biệt so với các kết cấu thông thường. Vì vậy trong bài báo này, tác giả tiến hành nghiên cứu ứng xử của nhà nhiều tầng có kết cấu dầm chuyển chịu tải trọng gió bằng phần mềm ETABS. Số liệu được sử dụng để nghiên cứu ứng xử của kết cấu được dựa trên kết quả tính toán của hai mô hình có cách mô tả phần tử dầm chuyển trong phần mềm ETABS khác nhau là mô hình 1 – mô hình hóa bằng phần tử thanh và mô hình 2 – mô hình hóa bằng phần tử tấm. Từ các số liệu phân tích cho thấy có sự khác biệt khá lớn trong việc sử dụng hai mô hình nêu trên để phân tích ứng xử của công trình nhà nhiều tầng chịu tải trọng gió.

*Từ khoá:* nhà nhiều tầng; tải trọng gió; dầm chuyển; tầng cứng; outrigger; phân tích kết cấu; phần mềm ETABS.

A STUDY ON THE BEHAVIOUR OF TALL BUILDINGS WITH THE TRANSFERRING BEAM SYSTEM  
SUBJECTED TO THE WIND LOAD USING ETABS

## Abstract

Along with the development of construction technology, modern buildings are being higher and higher, having more functions, being used lighter and high strength materials. The result of that development led to high-rise and super-high-rise buildings sensitive to the kinetic stimulus effects of wind loads and earthquakes. In order to meet the complex structural requirements, special structural systems such as the transfer beam and the outrigger structures are increasingly applied in those buildings. These structures behave and affect the neighboring structures as well as the whole building more differently than conventional structures do. Therefore, in this paper, the author conducts a study on the behavior of multi-storey buildings using the transferring beam system under the wind load by ETABS software. The results were obtained from two models with the difference in the modelling of transferring beams analysed by ETABS software: model 1 - modeling with bar elements and models 2 - modeling by plate element. The data showed that the behaviors of multi-storey buildings under the wind load are significantly different when using two above mentioned models.

*Keywords:* multi-story buildings; wind load; transferring beam; transferring floor; outrigger; structural analysis; ETABS software.

[https://doi.org/10.31814/stce.nuce2019-13\(3V\)-04](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2019-13(3V)-04) © 2019 Trường Đại học Xây dựng (NUCE)

\*Tác giả chính. Địa chỉ e-mail: [linhnn@nuce.edu.vn](mailto:linhnn@nuce.edu.vn) (Linh, N. N.)

## 1. Mở đầu

Trong những năm gần đây, với sự phát triển của nền kinh tế tốc độ đô thị hóa ngày càng cao. Để đáp ứng được việc tăng dân số, người dân đều đổ dồn về các đô thị, các thành phố lớn để sinh sống, học tập và làm việc, nên các công trình nhiều tầng được xây dựng nhiều tại các thành phố lớn. Bên cạnh đó, các tập đoàn kinh tế lớn trên thế giới thường muốn khẳng định tiềm lực kinh tế, tài chính thông qua việc đầu tư xây dựng những tòa nhà có quy mô lớn, cao tầng, siêu cao tầng như: tháp Bujji Khalifa ở Dubai, tòa nhà Tapei 101 ở Đài Loan và một số công trình khác. Việt Nam với sự phát triển về kinh tế cũng như trình độ khoa học kỹ thuật ngày càng cao, cũng đã có nhiều các công trình nhà cao tầng điển hình như tòa nhà: Landmark 81 (81 tầng, cao 461 m), Keangnam Hanoi Landmark Tower (70 tầng, cao 330 m), Bitexco Tower (68 tầng, cao 262 m). Các hệ kết cấu đặc biệt như: hệ kết cấu dầm chuyển, hệ kết cấu tầng cứng (outrigger) ngày càng được sử dụng rộng rãi trong nhà nhiều tầng. Để giải quyết được vấn đề đặt ra trong bố trí công năng nhà nhiều tầng cần các không gian sử dụng linh hoạt như các không gian trung tâm thương mại, phòng họp ... đòi hỏi không gian lớn ở phía dưới; trong khi đó không gian nhà ở, văn phòng lại cần không gian hẹp hơn ở phía trên. Giải pháp sử dụng kết cấu “dầm chuyển” để điều chỉnh tiết diện và vị trí các vách cứng hay cột trong nhà nhiều tầng là một trong các giải pháp hữu hiệu để giải quyết vấn đề nêu trên.

Trong trường hợp các tầng bên dưới của nhà nhiều tầng, các cột cần phải bố trí thưa để tạo được các không gian rộng, còn ở các tầng trên thì cột được bố trí dày để giảm kích thước dầm hoặc sử dụng kết cấu tường chịu lực. Các dầm giữa các tầng có sự thay đổi như vậy cần có độ cứng lớn để truyền các tải trọng thẳng đứng từ các cột hoặc các tường chịu lực bên trên xuống các cột tầng dưới. Các dầm này được gọi là các dầm chuyển. Một số công trình có hệ thống dầm chuyển đã được xây dựng trên thế giới như: tòa nhà “Trump International Hotel and Tower”- Chicago - Mỹ (92 tầng) hệ thống dầm chuyển được thiết kế đặt tại tầng 16 để tạo không gian cho khu vực công viên tại tầng dưới. Tòa nhà “Diwang International Commerce Center”- Nam Ninh - Trung Quốc (56 tầng), dầm chuyển được thiết kế tại tầng 6 và tầng 38 dùng để đỡ hệ tường chịu lực và khung của các tầng phía trên. Tại Việt Nam, hiện nay cũng đã có nhiều các công trình nhà nhiều tầng sử dụng hệ thống dầm chuyển như: tòa nhà “D’Capitale”- Trần Duy Hưng - Hà Nội (42 tầng), hệ thống dầm chuyển nằm ở tầng 6 tòa C6 của dự án với kích thước dầm chuyển lớn nhất được ghi nhận cao 3 m, rộng 6,65 m đỡ hệ kết cấu cột vách khối tháp phía trên. Công trình tòa nhà “Dolphin Plaza”- Mỹ Đình- Hà Nội (28 tầng), hệ thống dầm chuyển ứng lực trước có chiều cao 3 m vượt nhịp lớn nhất là 28,4 m đặt ở sàn tầng 4 đỡ 25 tầng phía trên.

Trong phân tích ứng xử của nhà nhiều tầng, việc sử dụng kết cấu dầm chuyển có ảnh hưởng lớn đến sự làm việc của công trình nhất là khi công trình chịu tải trọng ngang. Tại Việt Nam đã có một số nghiên cứu của các tác giả về hệ kết cấu dầm chuyển như: “Nghiên cứu phân tích thiết kế kết cấu dầm chuyển trong nhà nhiều tầng” của Hiếu và cs. [1]; “Tính toán và thiết kế kết cấu dầm chuyển bê tông cốt thép” của Tuấn và cs. [2]; “Phổ phản ứng chuyển vị trong phân tích nhà cao tầng chịu động đất ở Việt Nam bằng phương pháp tính phi tuyến” của Hải và cs. [3], “Khảo sát hiệu quả phân tích dầm chuyển ứng lực trước đồng thời với khung bê tông cốt thép” của Hưng và cs. [4]; “Tính kết cấu theo phương pháp phần tử hữu hạn” của Cầu [5]. Tuy nhiên còn khá hạn chế các nghiên cứu về sự làm việc chung của dầm chuyển trong toàn bộ hệ kết cấu công trình, do vậy đây vẫn là một vấn đề cần được nghiên cứu làm rõ. Trong bài báo này, tác giả sẽ tiến hành nghiên cứu ứng xử của nhà nhiều tầng có kết cấu dầm chuyển chịu tải trọng gió sử dụng phần mềm ETABS.

## 2. Vai trò và đặc điểm của hệ kết cấu dầm chuyển trong nhà nhiều tầng

Dầm chuyển bê tông cốt thép (BTCT) là một loại dầm thường có độ cứng và tiết diện hình học tương đối lớn (tỉ lệ giữa nhịp thông thủy và chiều cao dầm  $l_n/h \leq 4$ ), có tác dụng thay đổi trạng thái làm việc của hệ kết cấu từ hệ dầm cột chịu lực sang hệ dầm vách chịu lực hoặc hệ dầm cột khung nhưng với số lượng cột phía trên dầm nhiều hơn số lượng cột phía dưới dầm.

Vì dầm chuyển là dạng kết cấu có kích thước lớn hơn rất nhiều so với dầm thông thường nên sự làm việc của dầm chuyển cũng sẽ khác so với dầm thông thường do có ứng xử là sự kết hợp của biến dạng uốn và cắt. Do đó việc tính toán và thiết kế dầm chuyển sẽ khác so với tính toán và thiết kế dầm thường. Do bước cột bị thay đổi đột ngột cùng với sự xuất hiện của dầm chuyển với độ cứng lớn làm cho hệ kết cấu trở nên phức tạp. Một số phương pháp tính toán dầm chuyển được sử dụng hiện nay là tính toán dựa trên tiêu chuẩn ACI – 2012 [6] và tính toán theo phương pháp giàn ảo.

Do dầm chuyển phải nhận tải trọng rất lớn từ cột hay vách cứng ở phía trên truyền xuống dầm nên dạng phá hoại do lực cắt thường hay xảy ra với dầm chuyển, nên cần phải đặc biệt quan tâm đến tính toán chịu cắt khi thiết kế loại dầm này. Sự truyền lực cắt của tải trọng truyền xuống gối tựa diễn ra ở phần dưới của dầm. Nhưng lực cắt theo phương đứng gần với gối tựa nên được xem như các ứng suất trực tiếp tại khu vực đó để chịu các ứng suất kéo chính. Các ứng suất kéo chính hầu như nằm ngang khi tải đặt ở mặt trên của dầm, nhưng tải trọng đặt ở mặt dưới dầm thì giá trị của ứng suất kéo chính tăng lên đáng kể và theo góc  $45^\circ$  so với phương ngang.

Khi phân tích đàn hồi với loại dầm này, trạng thái cần xét được tính đến trước khi dầm hình thành vết nứt. Sự hình thành vết nứt này xuất hiện khi tải trọng đạt từ một phần ba đến một nửa tải trọng tới hạn. Các kết quả phân tích đàn hồi là chính yếu vì chúng thể hiện sự phân bố các ứng suất mà gây ra vết nứt do đó cần đưa ra các chỉ dẫn về hướng cho vết nứt và dòng lực sau khi đã xuất hiện vết nứt. Trong trường hợp dầm đơn nhịp đỡ tải trọng tập trung, các ứng suất nén chính tác dụng gần như song song với các đường nối tải trọng và các trụ đỡ; ứng suất kéo chính lớn nhất tác dụng song song với đáy dầm; ứng suất uốn ở đáy là không đổi trên phần lớn nhịp [7]. Khi dầm đơn nhịp chịu tải trọng phân bố đều từ trên xuống, các đường ứng suất kéo chính có hình lượn sóng theo phương song song với đáy dầm, trong khi đó ứng suất nén chính luôn vuông góc với đường ứng suất kéo chính. Nếu tải trọng có hướng tác dụng từ mặt dưới của dầm, quỹ đạo chịu nén của dầm sẽ có dạng vòm.

Việc sử dụng kết cấu dầm chuyển có ảnh hưởng lớn đến sự làm việc của công trình nhất là khi công trình chịu tải trọng ngang. Khi chịu tác động của tải trọng ngang, các cột ở vị trí ngay phía dưới các dầm chuyển chịu các mô men rất lớn và thường bị phá hủy ở vị trí này. Để khắc phục, cần tăng độ cứng của cột phía dưới dầm chuyển hoặc cấu tạo các liên kết giữa cột phía dưới với dầm chuyển theo liên kết khớp nhằm chịu được các biến dạng xoay lớn. Chuyển vị ngang tương đối giữa các tầng lân cận với tầng có bố trí dầm chuyển có sự biến thiên khác với các vị trí tầng khác, vì vậy yếu tố này cũng cần được lưu ý xem xét khi thiết kế để tránh ảnh hưởng đến cấu tạo của kết cấu chịu lực cũng như bao che công trình.

## 3. Mô hình khảo sát ứng xử nhà nhiều tầng có dầm chuyển

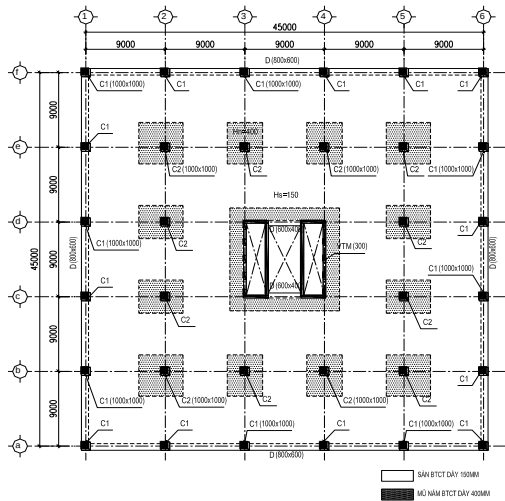
### 3.1. Lựa chọn mô hình khảo sát

Để khảo sát sự ảnh hưởng của dầm chuyển đến sự làm việc của hệ kết cấu nhà nhiều tầng, nghiên cứu đưa ra công trình giả định sau:

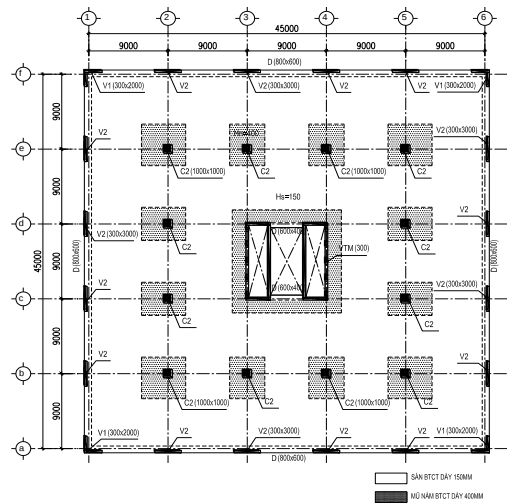
- Vị trí công trình: đường Xuân Thủy, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội.

- Quy mô công trình với 30 tầng nổi với 4 tầng thương mại dịch vụ và 26 tầng văn phòng cho thuê. Công trình cao 110 m trong đó các tầng từ tầng 1 đến tầng 3 có chiều cao 4,5 m; tầng 4 cao 5,5 m; các tầng từ tầng 5 đến mái có chiều cao 3,5 m.

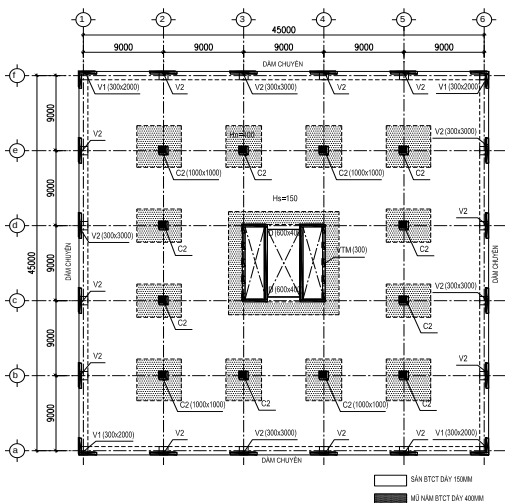
- Công trình sử dụng hệ kết cấu khung – vách chịu lực kết hợp hệ sàn không dầm. Khối thương mại dịch vụ từ tầng 1 đến tầng 4 sử dụng hệ kết cấu cột bê tông cốt thép (BTCT) chịu lực tiết diện  $100 \times 100$  cm, từ tầng 5 đến mái hệ cột biên được chuyển thành vách BTCT dày 30 cm chạy ẩn trong tường. Dầm chuyển tiết diện  $100 \times 150$  cm nằm tại vị trí tầng 5 với cao độ +19,00 m đỡ hệ vách cứng không liên tục. Sàn các tầng sử dụng hệ kết cấu sàn phẳng dày 15 cm, mũ nấm đầu cột dày 40 cm và dầm biên tiết diện  $80 \times 60$  cm. Mặt bằng công trình và mô hình hệ kết cấu xem trong Hình 1 đến Hình 4.



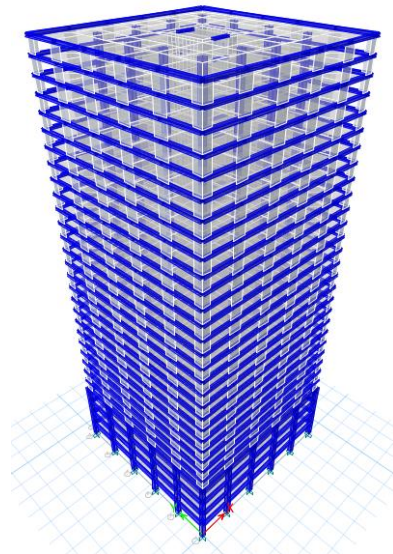
Hình 1. Mặt bằng kết cấu tầng 1 đến tầng 4



Hình 2. Mặt bằng kết cấu tầng 6 đến mái



Hình 3. Mặt bằng kết cấu tầng 5 bố trí dầm chuyển



Hình 4. Mô hình phân tích

- Vật liệu sử dụng: chi tiết trong Bảng 1.

Bảng 1. Thông số vật liệu bê tông

| Loại cấu kiện                        | Loại BT | Cường độ tính toán | Ghi chú            |
|--------------------------------------|---------|--------------------|--------------------|
| Cột, vách, lõi thang máy, dầm chuyển | B45     | 25 MPa             | TCVN 5574:2018 [8] |
| Dầm, sàn                             | B35     | 19,5 MPa           | TCVN 5574:2018 [8] |

### 3.2. Mô hình hóa công trình

Nhà nhiều tầng có nhiều loại hệ kết cấu và sơ đồ tính toán khác nhau. Dựa theo các sơ đồ tính toán, có thể sử dụng nhiều phương pháp khác nhau để xác định nội lực, chuyển vị của từng cấu kiện kết cấu chịu lực và của toàn hệ. Một số các phương pháp tính toán cho nhà nhiều tầng được sử dụng hiện nay như: Phương pháp cơ học kết cấu, phương pháp biến phân, sai phân hữu hạn, phương pháp phần tử hữu hạn. Trong các phương pháp này, phương pháp phần tử hữu hạn là phương pháp có độ tin cậy cao, dễ dàng thiết lập phần mềm hỗ trợ tính toán dựa trên cơ sở của các ma trận. Đối với nhà nhiều tầng, số lượng các phần tử là rất lớn. Do đó việc tính toán thông qua phần mềm sẽ giúp giảm được thời gian tính toán, mức độ chính xác cao hơn. Một trong những phần mềm hỗ trợ tính toán dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn được sử dụng phổ biến là phần mềm ETABS của hãng CSI.

Các cấu kiện trong nhà nhiều tầng có hệ thống dầm chuyển bao gồm: hệ dầm thường, hệ cột, hệ sàn, hệ vách và dầm chuyển. Đối với phần mềm ETABS cho phép người sử dụng mô hình hóa các cấu kiện thành các phần tử dưới 2 dạng: phần tử dạng thanh và phần tử dạng tấm.

Phần tử thanh (beam element) là phần tử có kích thước chiều dài lớn hơn nhiều so với hai kích thước còn lại. Loại phần tử này có 6 bậc tự do tại 2 đầu liên kết của phần tử. Tọa độ địa phương của thanh có ý nghĩa quan trọng trong việc xác định tiết diện, tải trọng và nội lực của phần tử.

Khi mô hình hóa sàn và vách bằng loại phần tử tấm cần định nghĩa tính chất chịu lực của tấm. Có 3 loại tấm như sau:

+ Membrane element: Phần tử dạng màng, chỉ có thể chịu kéo, nén trong mặt phẳng, mômen theo phương pháp tuyến có thể bỏ qua;

+ Plate element: Phần tử dạng tấm, chỉ chịu uốn và chịu cắt;

+ Shell element: Phần tử dạng tấm vỏ, vừa có thể chịu uốn, cắt, vừa chịu kéo, nén trong mặt phẳng. Phần tử này là kết hợp của hai phần tử Membrane element và Plate element.

Ngoài ra phần mềm còn cho phép kể đến hiệu ứng biến dạng cắt trong phần tử Plate hoặc Shell. Để kể đến hiệu ứng này cần lựa chọn loại bản “Thick – Plate” khi định nghĩa phần tử tấm.

- Các cấu kiện như dầm và cột là những cấu kiện có dạng phần tử thanh sẽ được mô hình hóa thành phần tử Frame trong phần mềm.

- Các cấu kiện sàn và vách là những cấu kiện có dạng phần tử tấm sẽ được mô hình hóa thành phần tử Slab hoặc Wall trong phần mềm.

- Cấu kiện dầm chuyển có tiết diện và trạng thái làm việc khác với dầm thường nên việc mô hình hóa cấu kiện này là phần tử tấm hay phần tử thanh cần được xem xét kỹ càng. Trong bài báo này, tác giả sẽ mô hình hóa kết cấu dầm chuyển theo hai trường hợp để có thể phân tích đánh giá giữa hai phương pháp mô hình hóa kết cấu dầm chuyển này là:

+ Mô hình 1 - kết cấu dầm chuyển mô hình là phần tử dạng tấm.

+ Mô hình 2 - kết cấu dầm chuyển mô hình là phần tử dạng thanh.

### 3.3. Tải trọng tác dụng

#### a. Tải trọng đứng

- Tĩnh tải: Tĩnh tải bao gồm trọng lượng các vật liệu cấu tạo nên công trình được quy định theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 2737 – 1995 [9]. Tĩnh tải được quy đổi thành tải trọng phân bố trên  $m^2$  sàn được tính toán và khai báo theo phương trọng lực lên phần tử slab trong mô hình phần mềm ETABS tương ứng với từng loại công năng sàn theo bố trí mặt bằng kiến trúc.

- Hoạt tải: Hoạt tải bao gồm trọng lượng của con người, các đồ vật, vật liệu, thiết bị ... đặt tạm thời hoặc dài hạn lên các cấu kiện công trình được quy định theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 2737 – 1995 [9]. Hoạt tải sàn phân bố trên  $m^2$  được tính toán và khai báo theo phương trọng lực lên phần tử slab trong mô hình phần mềm ETABS tương ứng với từng loại công năng sàn theo bố trí mặt bằng kiến trúc.

#### b. Tải trọng ngang

- Trong phạm vi của bài báo, tác giả chỉ kể đến thành phần tải trọng gió tác dụng lên công trình.

- Tải trọng gió: Tải trọng gió được tính theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 2737 – 1995 [9], công trình được xây dựng tại khu vực: quận Cầu Giấy – thành phố Hà Nội có vùng gió là II-B.

Tải trọng gió tiêu chuẩn:  $W_0 = 95 \text{ kG/m}^2$ . Thành phần tĩnh của tải trọng gió được gán vào tâm hình học của công trình. Trong khi đó thành phần động của tải trọng gió được gán vào tâm khối lượng của sàn tại từng tầng.

## 4. Kết quả và đánh giá

### 4.1. Chuyển vị ngang và chuyển vị ngang tương đối giữa các tầng

Sau khi phân tích, kết quả thành phần chuyển vị ngang của tâm cứng và chuyển vị ngang tương đối giữa các tầng được đưa vào Bảng 2 và 3. Trong đó:

-  $U_x$  là chuyển vị ngang tuyệt đối theo phương  $X$  do tải trọng gió theo phương  $X$  gây ra.

-  $U_y$  là chuyển vị ngang tuyệt đối theo phương  $Y$  do tải trọng gió theo phương  $Y$  gây ra.

- Từ kết quả chuyển vị tuyệt đối của tâm cứng các tầng tính ra được chuyển vị lệch tương đối giữa các tầng như sau:

$$\Delta U_x = \frac{\Delta U_{x_i} - \Delta U_{x_{i-1}}}{H_{i-1}}; \quad \Delta U_y = \frac{\Delta U_{y_i} - \Delta U_{y_{i-1}}}{H_{i-1}}$$

trong đó  $\Delta U_{x_i}, \Delta U_{y_i}$  là chuyển vị ngang tuyệt đối theo phương  $X, Y$  do tải trọng gió gây ra tại tầng thứ  $i$ ;  $\Delta U_{x_{i-1}}, \Delta U_{y_{i-1}}$  là chuyển vị ngang tuyệt đối theo phương  $X, Y$  do tải trọng gió gây ra tại tầng ngay phía dưới tầng thứ  $i$ ;  $H_{i-1}$  là chiều cao tầng ngay dưới tầng thứ  $i$ .

Từ kết quả của Bảng 2, Bảng 3 và Hình 5 ta đưa ra một số nhận xét sau:

- Chuyển vị ngang của tâm cứng công trình trong mô hình 1 và mô hình 2 có giá trị tương tự nhau. Giá trị chuyển vị ngang của tâm cứng công trình tại các tầng trong mô hình 2 đều lớn hơn mô hình 1 nhưng không đáng kể và lớn hơn nhiều nhất là 1,65% tại giá trị chuyển vị theo phương  $X$  tầng 7.

- Chuyển vị ngang tương đối giữa các tầng của công trình trong mô hình 1 và mô hình 2 cũng có giá trị không quá chênh lệch nhau. Riêng tại phạm vi các tầng lân cận với tầng có bố trí dầm chuyển (tầng 5, tầng 6) có sự biến thiên khác biệt so với các tầng khác. Giá trị chuyển vị ngang tương đối giữa các tầng của công trình trong mô hình 2 lớn hơn mô hình 1 nhiều nhất là 3,4% tại vị trí chuyển vị ngang tương đối theo phương  $X$  tầng 6.

- Chuyển vị ngang tương đối giữa các tầng có sự biến thiên đột ngột tại vị trí tầng 5 có bố trí dầm chuyển và tầng 6 ngay phía trên tầng có bố trí dầm chuyển. Giá trị này tăng nhanh từ tầng 2 đến tầng 4 sau đó giảm từ tầng 5 đến tầng 6 và sau đó trở lại chu kỳ biến thiên ổn định tại các tầng phía trên.

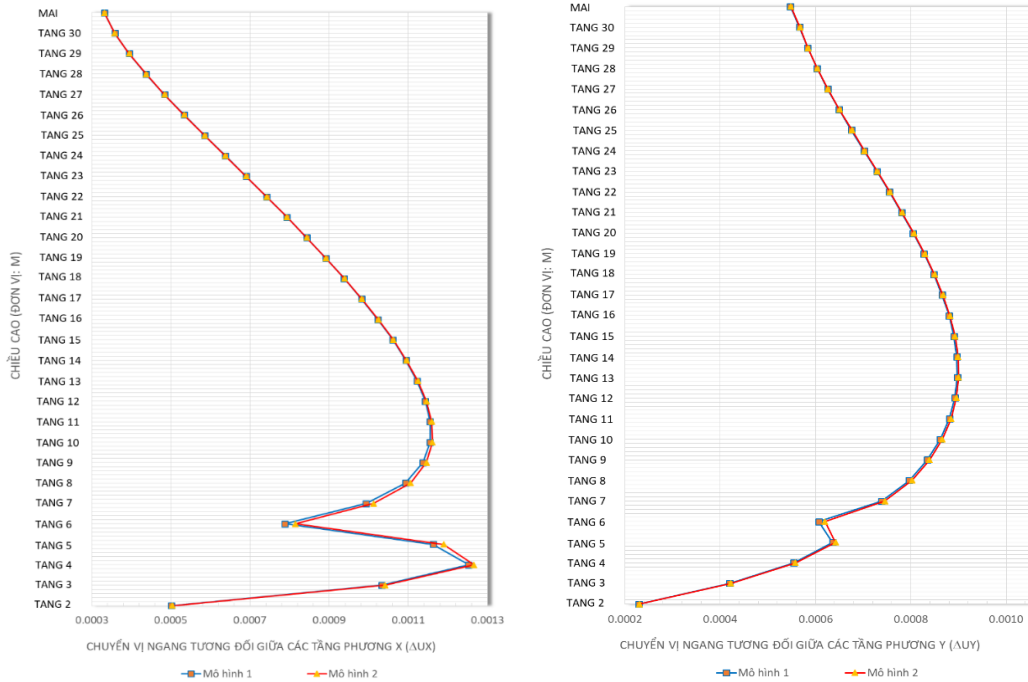
- Chuyển vị ngang tương đối giữa các tầng theo phương  $X$  có sự biến thiên rõ ràng hơn so với phương  $Y$ . Do độ cứng của công trình theo phương  $X$  yếu hơn theo phương  $Y$  nên khi có bố trí dầm chuyển làm thay đổi độ cứng tầng bố trí dầm chuyển nên sự biến thiên này cũng rõ ràng hơn.

Bảng 2. Bảng chuyển vị ngang các tầng của tâm cứng công trình

| Tầng | Mô hình 1  |            | Mô hình 2  |            | Tầng | Mô hình 1  |            | Mô hình 2  |            |
|------|------------|------------|------------|------------|------|------------|------------|------------|------------|
|      | $U_x$ (mm) | $U_y$ (mm) | $U_x$ (mm) | $U_y$ (mm) |      | $U_x$ (mm) | $U_y$ (mm) | $U_x$ (mm) | $U_y$ (mm) |
| Mái  | 114,950    | 89,489     | 115,644    | 89,868     | 16   | 73,819     | 47,557     | 74,511     | 47,868     |
| 30   | 113,553    | 87,382     | 114,246    | 87,758     | 15   | 69,445     | 43,988     | 70,134     | 44,291     |
| 29   | 112,032    | 85,193     | 112,725    | 85,566     | 14   | 64,911     | 40,373     | 65,595     | 40,666     |
| 28   | 110,355    | 82,930     | 111,048    | 83,301     | 13   | 60,235     | 36,730     | 60,911     | 37,012     |
| 27   | 108,495    | 80,580     | 109,188    | 80,948     | 12   | 55,439     | 33,082     | 56,105     | 33,351     |
| 26   | 106,433    | 78,132     | 107,127    | 78,496     | 11   | 50,554     | 29,452     | 51,206     | 29,708     |
| 25   | 104,158    | 75,576     | 104,852    | 75,936     | 10   | 45,618     | 25,871     | 46,250     | 26,110     |
| 24   | 101,662    | 72,906     | 102,356    | 73,263     | 9    | 40,682     | 22,370     | 41,288     | 22,591     |
| 23   | 98,941     | 70,121     | 99,636     | 70,474     | 8    | 35,823     | 18,988     | 36,391     | 19,189     |
| 22   | 95,996     | 67,217     | 96,691     | 67,566     | 7    | 31,157     | 15,770     | 31,672     | 15,947     |
| 21   | 92,827     | 64,198     | 93,523     | 64,542     | 6    | 26,920     | 12,811     | 27,354     | 12,956     |
| 20   | 89,438     | 61,066     | 90,135     | 61,405     | 5    | 23,566     | 10,426     | 23,874     | 10,518     |
| 19   | 85,836     | 57,827     | 86,532     | 58,161     | 4    | 15,667     | 6,331      | 15,811     | 6,375      |
| 18   | 82,025     | 54,489     | 82,721     | 54,816     | 3    | 8,642      | 3,339      | 8,709      | 3,360      |
| 17   | 78,016     | 51,062     | 78,710     | 51,381     | 2    | 2,824      | 1,095      | 2,843      | 1,101      |

Bảng 3. Bảng chuyển vị ngang tương đối giữa các tầng

| Tầng | Mô hình 1    |              | Mô hình 2    |              | Tầng | Mô hình 1    |              | Mô hình 2    |              |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|      | $\Delta U_x$ | $\Delta U_y$ | $\Delta U_x$ | $\Delta U_y$ |      | $\Delta U_x$ | $\Delta U_y$ | $\Delta U_x$ | $\Delta U_y$ |
| Mái  | 0,000332     | 0,000497     | 0,000332     | 0,000498     | 16   | 0,001023     | 0,000830     | 0,001024     | 0,000832     |
| 30   | 0,000358     | 0,000517     | 0,000358     | 0,000517     | 15   | 0,001061     | 0,000840     | 0,001062     | 0,000843     |
| 29   | 0,000395     | 0,000533     | 0,000395     | 0,000534     | 14   | 0,001094     | 0,000846     | 0,001095     | 0,000849     |
| 28   | 0,000437     | 0,000553     | 0,000437     | 0,000554     | 13   | 0,001121     | 0,000847     | 0,001124     | 0,000850     |
| 27   | 0,000484     | 0,000575     | 0,000484     | 0,000576     | 12   | 0,001143     | 0,000842     | 0,001146     | 0,000845     |
| 26   | 0,000534     | 0,000599     | 0,000533     | 0,000600     | 11   | 0,001155     | 0,000831     | 0,001159     | 0,000834     |
| 25   | 0,000585     | 0,000625     | 0,000585     | 0,000626     | 10   | 0,001155     | 0,000812     | 0,001161     | 0,000816     |
| 24   | 0,000637     | 0,000652     | 0,000637     | 0,000653     | 9    | 0,001137     | 0,000784     | 0,001146     | 0,000789     |
| 23   | 0,000690     | 0,000679     | 0,000690     | 0,000679     | 8    | 0,001093     | 0,000747     | 0,001105     | 0,000752     |
| 22   | 0,000742     | 0,000705     | 0,000742     | 0,000706     | 7    | 0,000993     | 0,000688     | 0,001012     | 0,000695     |
| 21   | 0,000793     | 0,000731     | 0,000793     | 0,000732     | 6    | 0,000788     | 0,000557     | 0,000815     | 0,000570     |
| 20   | 0,000843     | 0,000755     | 0,000843     | 0,000756     | 5    | 0,001163     | 0,000586     | 0,001189     | 0,000592     |
| 19   | 0,000891     | 0,000778     | 0,000891     | 0,000779     | 4    | 0,001253     | 0,000504     | 0,001266     | 0,000508     |
| 18   | 0,000938     | 0,000798     | 0,000938     | 0,000800     | 3    | 0,001033     | 0,000369     | 0,001041     | 0,000372     |
| 17   | 0,000982     | 0,000815     | 0,000983     | 0,000817     | 2    | 0,000501     | 0,000180     | 0,000504     | 0,000181     |



Hình 5. Chuyển vị ngang tương đối giữa các tầng theo phương  $X$  và phương  $Y$

#### 4.2. Nội lực cột, vách vị trí liên kết với dầm chuyển

Sau khi phân tích, kết quả thành phần nội lực của cột – vách tại vị trí nút biên và nút giữa của tầng lân cận với tầng bố trí dầm chuyển được đưa vào Bảng 4 và 5. Trong đó:

- Cột đỡ phía dưới dầm chuyển tại nút biên và nút giữa lần lượt là cột vị trí giao trục 1-F, 3-F tại tầng 4.
- Vách gối lên trên dầm chuyển tại nút biên và nút giữa lần lượt là vách vị trí giao trục 1-F, 3-F tại tầng 5.
- $N$ ,  $V_2$ ,  $V_3$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  tương ứng là các thành phần nội lực: lực dọc, lực cắt, mô men theo hai phương của cột – vách đang xét.

Từ kết quả của Bảng 4 và 5, ta đưa ra một số nhận xét sau:

- Trong mô hình 1 và mô hình 2 phần tử vách gối lên trên dầm chuyển vị trí nút biên và nút giữa đều có các thành phần nội lực chênh lệch nhau không quá lớn. Đối với vách ở nút biên sự chênh lệch lớn nhất ở thành phần lực cắt  $V_3$  tại chân vách, giá trị này trong mô hình 1 lớn hơn trong mô hình 2 là 15%. Đối với vách ở nút giữa sự chênh lệch lớn nhất lại ở thành phần mô men  $M_2$  tại chân vách, giá trị này trong mô hình 1 lớn hơn trong mô hình 2 là 18,9%.
- Đối với phần tử cột đỡ phía dưới dầm chuyển, các thành phần nội lực lực dọc ( $N$ ), lực cắt ( $V_2$ ,  $V_3$ ) trong mô hình 1 và mô hình 2 đều không có sự chênh lệch quá lớn. Giá trị của các thành phần này trong mô hình 2 lớn hơn trong mô hình 1 tại nút biên và nút giữa lần lượt là thành phần  $V_2$  với 5% và thành phần  $V_3$  với 12%.
- Đối với thành phần mô men ( $M_2$ ,  $M_3$ ) của cột ở nút biên và nút giữa đều có sự chênh lệch rất lớn giữa hai mô hình 1 và mô hình 2. Tại nút biên mô hình 1 có giá trị mô men lớn hơn mô hình 2 nhiều nhất tại giá trị  $M_3$  ở chân cột và lớn hơn gấp gần 6 lần. Tại nút giữa mô hình 1 có giá trị mô men lớn hơn mô hình 2 nhiều nhất tại giá trị  $M_2$  ở đỉnh cột và lớn hơn gấp khoảng 3 lần.

Bảng 4. Bảng nội lực cột - vách biên tại tầng lân cận với dầm chuyển

| Mô hình<br>tính toán | Cột vách                                       | Vị trí    | Nội lực  |           |           |             |             |
|----------------------|------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|-------------|-------------|
|                      |                                                |           | $N$ (T)  | $V_2$ (T) | $V_3$ (T) | $M_2$ (T.m) | $M_3$ (T.m) |
| Mô hình 1            | Cột đỡ phía dưới dầm chuyển (Cột 1-F tầng 4)   | Đỉnh cột  | -1850,59 | 60,93     | 48,15     | -185,17     | -247,92     |
|                      |                                                | Chân cột  | -1864,61 | 60,93     | 48,15     | 79,67       | 87,21       |
|                      | Vách gối lên trên dầm chuyển (Vách 1-F tầng 5) | Đỉnh vách | -620,46  | 193,20    | 9,68      | -6,85       | -55,05      |
|                      |                                                | Chân vách | -581,38  | 188,43    | 16,37     | 20,73       | 561,43      |
| Mô hình 2            | Cột đỡ phía dưới dầm chuyển (Cột 1-F tầng 4)   | Đỉnh cột  | -1854,73 | 64,01     | 49,89     | -117,47     | -164,07     |
|                      |                                                | Chân cột  | -1864,93 | 64,01     | 49,89     | 25,48       | 15,00       |
|                      | Vách gối lên trên dầm chuyển (Vách 1-F tầng 5) | Đỉnh vách | -622,02  | 212,04    | 10,57     | -7,21       | -55,03      |
|                      |                                                | Chân vách | -588,16  | 210,57    | 13,91     | 19,27       | 622,23      |

Bảng 5. Bảng nội lực cột - vách biên tại tầng lân cận với dầm chuyển

| Mô hình<br>tính toán | Cột vách                                       | Vị trí    | Nội lực  |           |           |             |             |
|----------------------|------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|-------------|-------------|
|                      |                                                |           | $N$ (T)  | $V_2$ (T) | $V_3$ (T) | $M_2$ (T.m) | $M_3$ (T.m) |
| Mô hình 1            | Cột đỡ phía dưới dầm chuyển (Cột 3-F tầng 5)   | Đỉnh cột  | -1686,10 | 39,48     | 14,07     | -79,57      | -154,28     |
|                      |                                                | Chân cột  | -1700,00 | 39,48     | 14,07     | 25,96       | -59,58      |
|                      | Vách gối lên trên dầm chuyển (Vách 3-F tầng 5) | Đỉnh vách | -1479,63 | 185,86    | 12,57     | -23,67      | 73,88       |
|                      |                                                | Chân vách | -1487,66 | 185,86    | 12,57     | 19,71       | 724,08      |
| Mô hình 2            | Cột đỡ phía dưới dầm chuyển (Cột 3-F tầng 5)   | Đỉnh cột  | -1687,78 | 41,30     | 15,89     | -23,90      | -99,63      |
|                      |                                                | Chân cột  | -1697,96 | 41,30     | 15,89     | 21,42       | -62,70      |
|                      | Vách gối lên trên dầm chuyển (Vách 3-F tầng 5) | Đỉnh vách | -1479,19 | 180,11    | 11,27     | -22,92      | 63,78       |
|                      |                                                | Chân vách | -1487,22 | 180,11    | 11,27     | 15,99       | 693,74      |

#### 4.3. Nội lực dầm chuyển

Sau khi phân tích, kết quả thành phần nội lực của dầm chuyển tại tầng 5 vị trí trục F được đưa vào Bảng 6. Trong đó:

- $M_+$ ,  $M_-$  lần lượt là thành phần nội lực mô men dương và mô men âm của dầm chuyển.
- $V$  là giá trị tuyệt đối lớn nhất của thành phần lực cắt.

Từ kết quả của Bảng 6, ta đưa ra một số nhận xét sau:

- Các giá trị nội lực của dầm chuyển trong hai mô hình 1 và mô hình 2 có sự khác nhau rõ rệt ở tất cả các thành phần nội lực: mô men, lực cắt, lực dọc.

- Thành phần lực dọc trong dầm chuyển có giá trị tương đối bé so với các thành phần mô men, lực cắt và không ảnh hưởng nhiều đến tính toán cũng như khả năng chịu lực của dầm chuyển.

- Trong mô hình 1 giá trị các thành phần mô men dương  $M+$  và lực cắt  $V$  đều có giá trị lớn hơn trong mô hình 2. Giá trị của  $M+$  trong mô hình 1 lớn hơn khoảng 2 lần giá trị trong mô hình 2, trong khi đó giá trị  $V$  lớn hơn khoảng 3,2 lần mô hình 2.

- Giá trị của các thành phần mô men âm  $M-$  của mô hình 2 có giá trị lớn hơn trong mô hình 1. Giá trị của  $M-$  trong mô hình 2 lớn hơn trong mô hình 1 là khoảng 1,5 lần.

Bảng 6. Bảng nội lực dầm chuyển

| Mô hình tính toán | Nội lực |      |         |       |         |      |       |       |
|-------------------|---------|------|---------|-------|---------|------|-------|-------|
|                   | $M+$    |      | $M-$    |       | $V$     |      | $N$   |       |
|                   | (T.m)   | %    | (T.m)   | %     | (T)     | %    | (T)   | %     |
| Mô hình 1         | 979,00  | 100  | -244,17 | 100   | 1384,49 | 100  | 8,23  | 100   |
| Mô hình 2         | 461,12  | 47,1 | -383,52 | 157,1 | 428,54  | 44,1 | 28,50 | 619,6 |

## 5. Kết luận

Trong bài báo này đã trình bày nguyên tắc phân tích ứng xử của nhà nhiều tầng có bố trí kết cấu dầm chuyển bằng cách sử dụng phần mềm ETABS với hai phương pháp mô hình hóa kết cấu dầm chuyển, bao gồm mô hình 1 - bằng phần tử tấm và mô hình 2 - bằng phần tử thanh. Từ các kết quả của bài báo, nhận thấy:

- Chuyển vị ngang của tâm cứng công trình và chuyển vị ngang tương đối giữa các tầng trong mô hình 1 và mô hình 2 có giá trị chênh lệch nhau khá bé. Việc mô hình hóa dầm chuyển không ảnh hưởng nhiều đến các thành phần chuyển vị này.

- Chuyển vị ngang tương đối giữa các tầng có sự biến thiên bất thường tại các tầng tiếp giáp với tầng có bố trí dầm chuyển. Cần lưu ý đến các giá trị chuyển vị ngang tương đối này khi tính toán thiết kế kết cấu chịu lực cũng như bao che tại các tầng này để tránh gây ra phá hoại cục bộ tại các vị trí này.

- Các giá trị nội lực trong phần tử vách gối lên trên dầm chuyển trong mô hình 1 và mô hình 2 có giá trị chênh lệch nhau không quá lớn. Khi tính toán thiết kế nếu sử dụng mô hình 1 cho các giá trị nội lực lớn hơn trong mô hình 2 sẽ thiên về an toàn cho khả năng chịu lực của kết cấu hơn.

- Phần tử cột đỡ phía dưới dầm chuyển có thành phần mô men trong mô hình 1 lớn hơn rất nhiều trong mô hình 2. Các giá trị thành phần nội lực dọc và lực cắt lại không có sự chênh lệch nhau lớn.

- Phần tử dầm chuyển trong mô hình 1 và mô hình 2 có sự khác biệt rất lớn trong các thành phần nội lực đặc biệt là thành phần lực cắt và mô men. Mô hình 1 có thành phần mô men tại giữa nhịp và lực cắt lớn hơn mô hình 2. Trong khi đó mô hình 1 lại có thành phần mô men tại gối và lực dọc nhỏ hơn mô hình 2.

- Đối với kết cấu dầm chuyển, thông thường biến dạng do lực cắt gây ra trong dầm chuyển là lớn hơn nhiều so với biến dạng uốn và đóng vai trò nhiều hơn trong tổng biến dạng chính vì vậy khi mô hình dầm chuyển theo mô hình 1 - bằng phần tử tấm sẽ cho nội lực của dầm chuyển sát hơn với thực tế làm việc hơn.

## Tài liệu tham khảo

- [1] Hiếu, N. T., Giao, N. T. N., Thành, N. T. (2009). *Nghiên cứu phân tích thiết kế kết cấu dầm chuyển trong nhà nhiều tầng*. Hội nghị nghiên cứu khoa học lần VIII, Trường đại học Tôn Đức Thắng.

- [2] Tuấn, P. X., Trường, N. T. (2012). *Tính toán và thiết kế kết cấu dầm chuyển bê tông cốt thép*. Hội nghị nghiên cứu khoa học, Trường đại học Lạc Hồng.
- [3] Hải, N. H., Hà, N. H., Thương, V. X. (2014). *Phổ phản ứng chuyển vị trong phân tích nhà cao tầng chịu động đất ở Việt Nam bằng phương pháp tĩnh phi tuyến*. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng - Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng*, 4:3–9.
- [4] Hưng, Đ. V., Khánh, N. Đ., Thắng, N. T. (2018). *Khảo sát hiệu quả phân tích dầm chuyển ứng lực trước đồng thời với khung bê tông cốt thép*. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng - ĐHXD*, 12(7):45–55.
- [5] Cầu, V. N. (2005). *Tính kết cấu theo phương pháp phần tử hữu hạn*. NXB Xây Dựng, Hà Nội.
- [6] ACI 318-12. *Building code requirements for structural concrete and commentary & PCA notes on 318-12*. Reported by ACI Committee 318.
- [7] Phong, N. T., Cường, L. T., Đạm, T. K., Ninh, N. L. (2006). *Kết cấu bê tông cốt thép: Phần kết cấu nhà cửa*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [8] TCVN 5574:2018. *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép – Tiêu chuẩn thiết kế*. Tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam, NXB Xây Dựng, Hà Nội.
- [9] TCVN 2737:1995. *Tải trọng và tác động – Tiêu chuẩn thiết kế*. Tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam, NXB Xây Dựng, Hà Nội.