

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ CỨNG TƯỜNG XÂY ĐẾN ĐẶC TRƯNG ĐỘNG LỰC HỌC VÀ PHẢN ỨNG CÔNG TRÌNH CHỊU TẢI TRỌNG TĨNH VÀ ĐỘNG

Study on the effect of construction wall strengths on the dynamic character and Structural response to static and dynamic loads

Nguyễn Hữu Lập¹

¹Trường Đại học Kinh tế Công nghiệp Long An, Long An, Việt Nam
nguyennhuulap83@gmail.com

Tóm tắt — Nghiên cứu ảnh hưởng của độ cứng tường xây đến đặc trưng động lực học trong hai trường hợp: (1) Không xét tới độ cứng của tường xây trong tính toán và (2) xét tới độ cứng của tường xây trong tính toán, cho thấy: Chu kỳ dao động của trường hợp không xét độ cứng tường xây lớn hơn trường hợp có kể đến độ cứng tường xây tương đối lớn. Về phần nội lực kết cấu, trường hợp có xét đến độ cứng tường xây, tường tiếp nhận một phần tải trọng gây ra bởi động đất do đó nội lực trong dầm và vách bê tông cốt thép giảm đi so với khi không xét đến độ cứng tường.

Abstract — Studying the influence of masonry wall stiffness on dynamic characteristics in two cases: (1) not considering the stiffness of the masonry wall in the calculation and (2) considering the stiffness of the masonry wall in the calculation, showing that: The oscillation period of the case without considering the masonry wall stiffness is larger than that of the case with the masonry wall stiffness included. As for the internal structural force, in the case of considering the masonry wall stiffness, the wall receives a part loads caused by earthquakes, so the internal forces in the beams and reinforced concrete walls are reduced compared to when the stiffness of the walls is not taken into account.

Từ khóa — Động lực học, phản ứng công trình, tường xây, static and dynamic loads.

1. Đặt vấn đề

Mặc dù hệ tường xây, vách ngăn có vai trò rất quan trọng trong kiến trúc công trình và được sử dụng nhiều loại vật liệu có tính chất cơ lý khác nhau như: Gạch lỗ, gạch đặc, gạch bê tông, gạch khí chưng áp, kính,... Tuy nhiên, trong tính toán thiết kế công trình cao tầng, hệ tường xây, vách ngăn chỉ được xem là kết cấu bao che, là tải trọng đối với hệ kết cấu chịu lực chính. Điều này chưa phản ánh đúng bản chất của sự làm việc chung giữa hệ kết cấu khung chịu lực và hệ tường xây/vách ngăn. Hệ tường xây, vách ngăn mang một tỷ trọng khối lượng lớn so với tổng khối lượng công trình. Đồng thời độ cứng của hệ tường xây, vách ngăn cũng góp phần đáng kể đến các đặc trưng động lực học của công trình và phản ứng của công trình khi chịu tác động của tải trọng tĩnh và động.

Vì vậy, mục tiêu chính của đề tài nghiên cứu này là nghiên cứu ảnh hưởng của độ cứng tường xây đến đặc trưng động lực học và phản ứng của công trình chịu tải trọng tĩnh và động để làm sáng tỏ mức độ ảnh hưởng của độ cứng hệ tường xây/vách ngăn đến các đặc trưng động lực học của công trình và phản ứng của công trình khi chịu tác động của tải trọng tĩnh và động.

2. Cơ sở lý thuyết

2.1. Các yêu cầu khi thiết kế và xây dựng tường nhà

Yêu cầu về cường độ chịu lực: Yêu cầu về cường độ chịu lực của tường tương đương với chiều dài tường cần đảm bảo chịu được tác động của lực.

Trọng lượng bản thân của tường, trọng lượng của sàn và mái truyền từ trên xuống chân tường (TCVN 5573:2011).

Yêu cầu về độ cứng và độ bền của tường: Về độ cứng và độ bền của tường là các vấn đề liên quan đến mác vật liệu, sức chịu tải nền đất cũng như móng tường kết hợp với chiều cao, độ dày và chiều dài của tường nhà (TCVN 5573:2011).

Yêu cầu tăng khả năng chịu lực của tường: Khả năng chịu lực của tường có thể được tăng cường bằng một số vật liệu xây dựng (TCVN 5573:2011).

Yêu cầu về vật liệu xây tường đảm bảo chất lượng: Vật liệu xây tường dựa trên nhu cầu sử dụng cũng như quy luật thay đổi nhiệt độ của môi trường, thời tiết để chọn vật liệu có bề dày và cấu tạo phù hợp, tránh trường hợp xây tường bị nứt, gây ra các vết rạn, ảnh hưởng đến tuổi thọ của công trình nhà ở (TCVN 5573:2011).

2.2. Một số kết cấu chịu lực trong nhà cao tầng

2.2.1. Các hệ kết cấu chịu lực cơ bản trong nhà cao tầng (theo Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 2737:1995):

Hệ khung chịu lực được tạo từ các cấu kiện thanh như cột, dầm, liên kết cứng tại các nút tạo thành các khung phẳng hoặc khung không gian, dọc theo trục lưới cột trên mặt bằng nhà. Tải lên khung bao gồm tải trọng theo phương đứng và phương ngang. Dưới tác dụng của tải trọng, các thanh cột và dầm vừa chịu uốn, cắt vừa chịu kéo, nén. Chuyển vị khung gồm 2 thành phần chuyển vị ngang do uốn khung như chuyển vị ngang của thanh công xon thẳng đứng, tỷ lệ này khoảng 20%. Chuyển vị ngang do biến dạng của các thanh thành phần, chiếm khoảng 80% (trong đó do dầm biến dạng khoảng 65%; do cột biến dạng khoảng 15%).

Hệ vách chịu lực: Tường chịu tải trọng ngang và tải trọng đứng. Tải trọng ngang được truyền đến các tấm tường chịu tải thông qua hệ các bản sàn (các bản sàn xem là cứng tuyệt đối trên mặt phẳng của chúng).

Hệ lõi chịu lực: Lõi có dạng hộp rỗng, tiết diện kín hoặc hở, chịu tải trọng đứng và ngang tác dụng lên công trình sau đó truyền xuống đất nền. Không gian bên trong của các ô giằng này thường để bố trí thang máy, thang bộ hoặc cho việc lắp đặt hệ thống kỹ thuật.

Hệ hộp chịu lực: Hệ hộp chịu tải trọng đứng và tải trọng ngang. Các bản sàn được gởi lên các kết cấu chịu tải nằm trong mặt phẳng tường ngoài mà không cần các kết cấu trung gian khác bên trong.

2.2.2. Các hệ kết cấu chịu lực hỗn hợp trong nhà cao tầng (theo Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 9386:2012):

Hệ khung - vách: Hệ này thường được sử dụng cho những nhà có mặt bằng chữ nhật kéo dài, chịu lực chủ yếu theo phương ngang nhà. Các vách cứng được bố trí chủ yếu dọc theo phương ngang nhà, kết cấu khung - vách thường được sử dụng phổ biến hơn cả.

Hệ khung - lõi: Trong hệ này khi tải trọng ngang tác dụng hầu như được truyền vào hệ lõi cứng còn hệ khung chỉ chủ yếu chịu phần tải trọng đứng trong phạm vi của nó.

Nhà có sơ đồ vách: Kết cấu chịu lực chính là các vách cứng (tường). Sàn chịu tải trọng đứng gởi tường lên trên. Ưu điểm các tấm tường vừa có tác dụng chịu lực vừa là kết cấu bao che; khả năng cơ giới hóa cao trong quá trình thi công. Nhược điểm là bố trí mặt bằng không linh hoạt, khó tạo được không gian lớn.

Nhà có sơ đồ kết hợp khung - vách: Sử dụng sơ đồ nhà kết hợp dựa vào sự làm việc hợp lý của kết cấu.

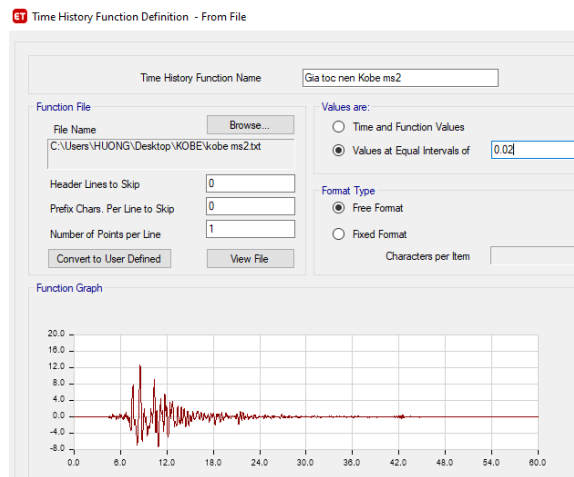
3. Đánh giá ảnh hưởng của độ cứng tường xây đến đặc trưng động lực học và phản ứng của công trình

3.1. Mô tả công trình

Công trình: Chung cư Tân Hòa tọa lạc tại khu phố Tân Hòa, phường Đông Hòa, thị xã Dĩ An, tỉnh Bình Dương. Công trình có quy mô 02 tầng hầm + 25 tầng nổi, tổng diện tích sàn xây dựng 76,500 m². Kết cấu chịu lực chính là khung sàn bê tông cốt thép, bước nhịp điển hình từ 5.5m đến 7m. Sàn bê tông cốt thép điển hình dày 150mm, dầm 300x700mm, 300x500mm, vách có tiết diện điển hình 1600x450mm, 1600x400mm.

Chương trình phân tích kết cấu được sử dụng là phần mềm chuyên dụng ETABS.

Khi phân tích ứng xử công trình chịu động đất theo miền thời gian, phương pháp tích phân trực tiếp phương trình chuyển động được áp dụng với dữ liệu gia tốc nền được tham khảo từ trận động đất xảy ra ở Kobe – Nhật Bản, năm 1995. Việc khai báo gia tốc nền được thể hiện ở hình 1.

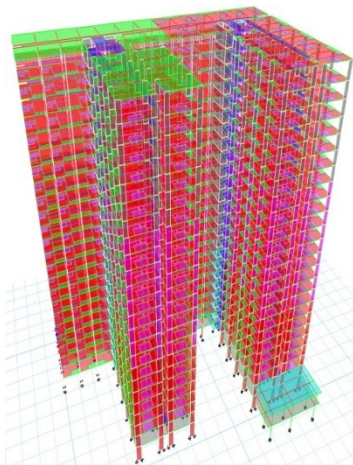


Hình 1. Khai báo gia tốc nền động đất vào trong mô hình

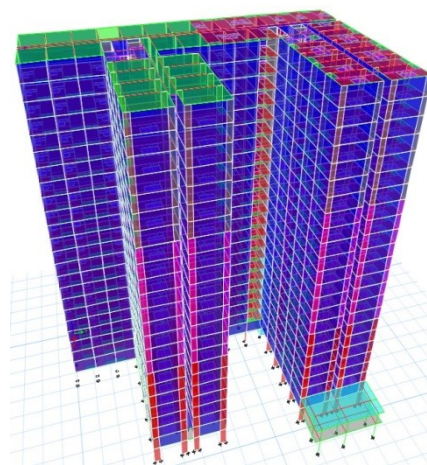
Để đạt được mục tiêu nghiên cứu đề ra, nghiên cứu tiến hành phân tích đặc trưng động lực học của công trình (tần số, chu kỳ và mode dao động) và phản ứng của công trình khi chịu tác động của tải trọng động đất với 02 trường hợp:

- + Trường hợp 1: Không xét tới độ cứng của tường xây trong tính toán (hình 2).
- + Trường hợp 2: Có xét tới độ cứng của tường xây trong tính toán (hình 3).

Về khối lượng, tất cả khối lượng của công trình trong hai trường hợp phân tích được quy đổi như nhau (do tải trọng bản thân, hệ tường xây, hoạt tải,...), do đó ma trận khối lượng của hai trường hợp phân tích là không thay đổi trong quá trình tính toán.



Hình 2. Trường hợp mô hình kết cấu không kể đến tường xây (TH1)



Hình 3. Trường hợp mô hình kết cấu có kể đến tường xây (TH2)

Đặc trưng vật liệu tường gạch xây: Thông số đặc trưng vật liệu của gạch bao gồm Module đàn hồi E và hệ số Poisson ν được tính toán dựa theo TCVN 5573 – 2011 “Kết cấu gạch đá và gạch đá cốt thép – Tiêu chuẩn thiết kế”.

Module đàn hồi của khối xây gạch không có cốt thép được tính theo:

$$E_0 = \alpha R_{tb}$$

Với α là đặc trưng đàn hồi của khối xây không có cốt thép; gạch đất sét $\alpha = 500$

R_{tb} là cường độ chịu nén trung bình của khối xây $R_{tb} = kR$; $k = 2$

R là cường độ chịu nén tính toán của khối xây gạch.

3.2. Đánh giá ảnh hưởng

3.2.1. Chu kỳ, tần số dao động của công trình:

Việc phân tích các đặc trưng động lực học của công trình dựa vào việc giải hệ phương trình trị riêng (phương trình tần số).

$$\text{Det} [[K] - \omega^2[M]] = 0$$

+ TH1: Không xét tới độ cứng của tường xây trong tính toán.

+ TH2: Có xét tới độ cứng của tường xây trong tính toán.

Bảng 1. Chu kỳ dao động của các mode khi công trình không xét độ cứng tường xây

Case	Mode	Period	UX	UY	RZ
		sec			
Modal	1	3.466	0.0000	0.7367	0.0002
Modal	2	3.238	0.3307	0.0000	0.3880
Modal	3	2.928	0.3800	0.0001	0.3287
Modal	4	1.105	0.0000	0.1216	0.0000
Modal	5	1.001	0.0447	0.0001	0.0890
Modal	6	0.863	0.0988	0.0000	0.0456
Modal	7	0.574	0.0000	0.0500	0.0001
Modal	8	0.502	0.0139	0.0000	0.0418
Modal	9	0.415	0.0438	0.0000	0.0137
Modal	10	0.356	0.0000	0.0279	0.0004
Modal	11	0.311	0.0065	0.0002	0.0232
Modal	12	0.253	0.0236	0.0001	0.0060

Bảng 2. Chu kỳ dao động của các mode khi công trình có xét độ cứng tường xây

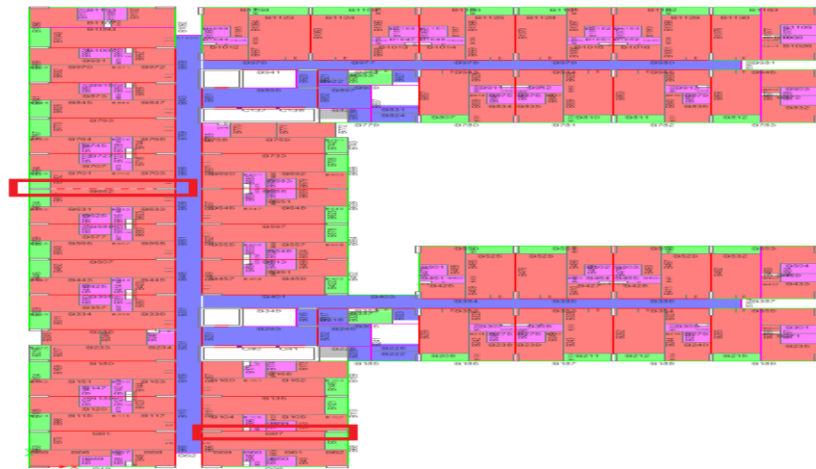
Case	Mode	Period	UX	UY	RZ
		sec			
Modal	1	2.839	0.0037	0.7433	0.0051
Modal	2	2.625	0.3465	0.0110	0.3868
Modal	3	2.453	0.3830	0.0002	0.3459
Modal	4	0.91	0.0002	0.1166	0.0008
Modal	5	0.83	0.0418	0.0002	0.0811
Modal	6	0.746	0.0900	0.0000	0.0441
Modal	7	0.49	0.0000	0.0453	0.0001
Modal	8	0.438	0.0132	0.0000	0.0372
Modal	9	0.377	0.0395	0.0000	0.0134
Modal	10	0.314	0.0000	0.0252	0.0003
Modal	11	0.28	0.0063	0.0002	0.0209
Modal	12	0.236	0.0216	0.0000	0.0062

Theo kết quả tổng hợp ở bảng 1 chu kỳ dao động của của các mode khi công trình không xét độ cứng tường xây. Ở bảng 2 chu kỳ dao động của mode khi công trình có xét độ cứng tường xây, cho thấy:

Chu kỳ dao động của trường hợp không xét độ cứng tường xây (TH1) lớn hơn trường hợp có kể đến độ cứng tường xây (TH2) tương đối lớn. Đối với mode 1, độ chênh lệch chu kỳ dao động của 02 trường hợp là 22%. Xu hướng chênh lệch tương tự xảy ra cho các mode cao hơn. Điều này cho thấy ma trận độ cứng $[K]$ có sự thay đổi tương đối lớn, ma trận độ cứng $[K]$ trong trường hợp có xét đến độ cứng tường xây (TH2) lớn hơn trường hợp không xét độ cứng tường (TH1). Chu kỳ dao động giảm (TH2) đồng nghĩa hệ số động D và gia tốc sau khi công trình chịu tải trọng động đất tăng lên.

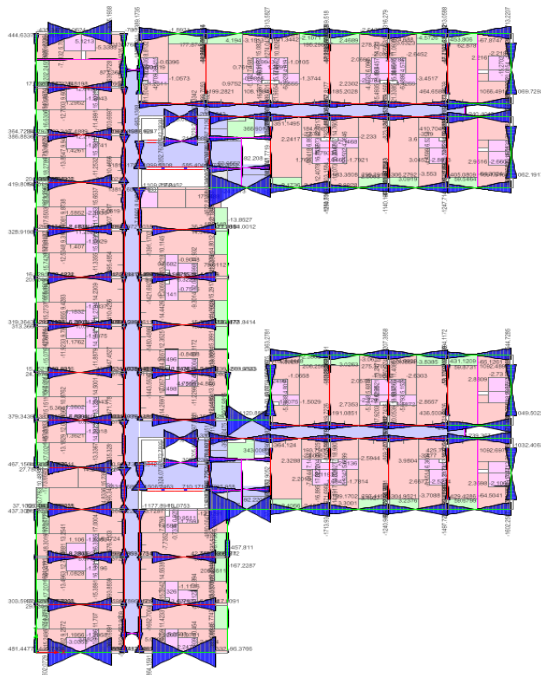
3.2.2. Nội lực dầm:

Nội lực của hệ dầm các tầng trong 02 trường hợp phân tích (TH1 và TH2) khi công trình chịu tác động của tải trọng động đất được giải theo phương pháp theo miền thời gian và được thể hiện trong các hình 4, 5, 6 bên dưới:

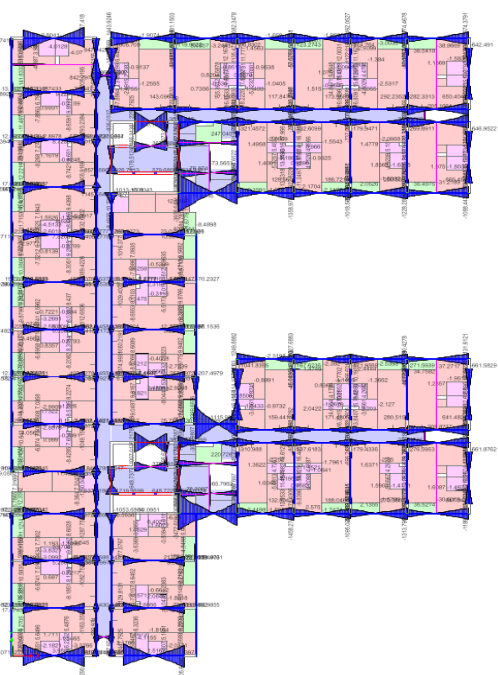


Hình 4. Vị trí dầm B662 và B85 được lựa chọn để phân tích nội lực

Hình 4 thể hiện vị trí dầm B662 và dầm B85, đây là các dầm được lựa chọn để phân tích và so sánh nội lực theo thời gian ứng với hai trường hợp phân tích TH1 và TH2.



Hình 5. Biểu đồ moment dầm trường hợp không xét đến tường



Hình 6. Biểu đồ moment dầm trường hợp có xét đến tường

Bảng 3. Tổng hợp moment dầm B662 và B85 của 02 trường hợp phân tích

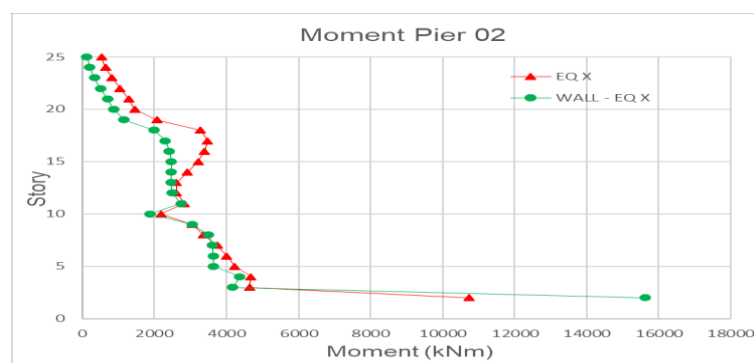
Story	Output Case	Beam B662	Beam B85	Output Case	Beam B662	Beam B85	Beam B662	Beam B85
		M3	M3		M3	M3	D (%)	D (%)
T25	EQ X	843	1053	WALL - EQ X	520	547	62.2	92.6
T24	EQ X	1025	1283	WALL - EQ X	689	761	48.8	68.7
T23	EQ X	1078	1353	WALL - EQ X	775	845	39.1	60.1
T22	EQ X	1119	1437	WALL - EQ X	869	948	28.8	51.5
T21	EQ X	1154	1513	WALL - EQ X	963	1045	19.8	44.8
T20	EQ X	1212	1577	WALL - EQ X	1047	1130	15.7	39.6
T19	EQ X	1258	1627	WALL - EQ X	1113	1200	13	35.6
T18	EQ X	1635	2168	WALL - EQ X	1468	1575	11.4	37.6
T17	EQ X	1804	2402	WALL - EQ X	1609	1778	12.1	35.1
T16	EQ X	1841	2369	WALL - EQ X	1645	1780	11.9	33.1
T15	EQ X	1858	2299	WALL - EQ X	1653	1758	12.4	30.7
T14	EQ X	1857	2193	WALL - EQ X	1645	1710	12.9	28.2
T13	EQ X	1834	2056	WALL - EQ X	1619	1637	13.3	25.6
T12	EQ X	1789	1892	WALL - EQ X	1597	1542	12	22.7
T11	EQ X	1723	1722	WALL - EQ X	1575	1497	9.4	15
T10	EQ X	1639	1573	WALL - EQ X	1531	1513	7.1	4
T9	EQ X	1623	1541	WALL - EQ X	1560	1497	4	2.9
T8	EQ X	1692	1723	WALL - EQ X	1554	1619	8.9	6.4
T7	EQ X	1596	1750	WALL - EQ X	1467	1547	8.8	13.1
T6	EQ X	1462	1724	WALL - EQ X	1433	1447	2	19.1
T5	EQ X	1329	1640	WALL - EQ X	1407	1315	-5.5	24.7
T4	EQ X	1175	1491	WALL - EQ X	1323	1182	-11.2	26.2
T3	EQ X	983	1277	WALL - EQ X	1181	1067	-16.8	19.6
T2	EQ X	531	711	WALL - EQ X	711	621	-25.4	14.5

Từ bảng 3 tổng hợp dầm B662, B85 của 02 trường hợp phân tích cho thấy:

Đối với B662: Trường hợp có xét đến độ cứng của tường xây, moment dầm qua các tầng đa số nhỏ hơn trường hợp không xét, thể hiện rõ ràng từ tầng 10 trở lên, càng lên cao giá trị chênh lệch giữa 2 trường hợp càng lớn, dao động từ 10% đến 50%, đa số trong khoảng 12%. Điều này cho thấy, khi có kể đến độ cứng tường xây trong tính toán, một phần nội lực đã được chuyển sang tường làm giảm đi nội lực trong dầm.

Đối với B85: Trường hợp có xét đến độ cứng của tường xây, moment dầm qua các tầng đa số nhỏ hơn trường hợp không xét đến độ cứng tường, càng lên cao giá trị chênh lệch giữa 2 trường hợp càng lớn, dao động từ 10% đến 60%, đa số trong khoảng 35%. Điều này cho thấy, khi có kể đến độ cứng tường xây trong tính toán, một phần nội lực đã được chuyển sang tường làm giảm đi nội lực trong dầm.

3.2.3. Nội lực vách:



Hình 7. Biểu đồ moment vách P02 qua các tầng

Nội lực của hệ vách các tầng trong 02 trường hợp phân tích (TH1 và TH2) khi công trình chịu tác động của tải trọng động đất được giải theo phương pháp theo miền thời gian và được thể hiện trong hình 7 bên dưới.

Từ hình 7 biểu đồ moment vách P02 qua các tầng cho thấy, khi có kể đến độ cứng tường xây trong tính toán, nội lực của vách có giá trị nhỏ hơn, càng lên cao giá trị thể hiện càng rõ ràng, bắt đầu từ tầng 14 trở lên, giá trị chênh lệch trung bình từ 50%. Điều này cho thấy, khi có kể đến độ cứng tường xây trong tính toán, một phần nội lực đã được chuyển sang tường làm giảm đi nội lực trong vách bê tông cốt thép chịu lực.

4. Kết luận

Chu kỳ dao động của hai trường hợp phân tích cho thấy chu kỳ dao động của trường hợp không xét độ cứng tường xây (TH1) lớn hơn trường hợp có kể đến độ cứng tường xây (TH2) tương đối lớn. Đối với mode 1, độ chênh lệch chu kỳ dao động của 02 trường hợp là 22%.

Khi kể đến độ cứng hệ tường xây trong tính toán, độ cứng của hệ kết cấu tăng lên cũng làm cho tổng lực cắt đáy công trình tăng lên (từ 20,000 tấn lên hơn 30,000 tấn đối với phương Y và từ 25,000 tấn lên 30,000 tấn đối với phương X). Độ lệch tầng giảm trung bình từ 10% đến 30% khi có xét đến độ cứng tường.

Về phần nội lực kết cấu, trường hợp có xét đến độ cứng tường xây, tường tiếp nhận một phần tải trọng gây ra bởi động đất do đó nội lực trong dầm và vách bê tông cốt thép giảm đi so với khi không xét đến độ cứng tường.

Từ những kết quả phân tích trên cho thấy, việc có kể đến hay không kể đến kết cấu tường gạch vào trong phân tích tính toán thiết kế cho ra 02 kết quả có sự sai khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Xây dựng (1996). *TCVN 2737-1995 Tải trọng và tác động*.
- [2] Bộ Xây dựng (2012). *TCVN 9386:2012 Thiết kế công trình chịu động đất*.
- [3] Đoàn Tuyết Ngọc và Nguyễn Thanh Tùng (1999). Các thiết bị cô lập động đất. *Tạp chí Khoa học và Chuyển giao Công nghệ*.
- [4] Ngô Minh Đức (2006). *Hướng dẫn sử dụng ETABS phần mềm chuyên dụng tính toán nhà cao tầng*. Hà Nội: Nhà xuất bản Xây dựng.
- [5] Ngô Thế Phong, Lý Trần Cường, Trịnh Thanh Đạm và Nguyễn Lê Ninh (2001). *Kết cấu bê tông cốt thép (Phần cấu kiện nhà cửa)*. Hà Nội: NXB Khoa học và kỹ thuật.
- [6] Nguyễn Lê Ninh (2011). *Cơ sở lý thuyết tính toán công trình chịu động đất*. Hà Nội: Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật.
- [7] ACI (2008). *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318M-08) and Commentary*.

Ngày nhận: 27/5/2022

Ngày duyệt đăng: 16/3/2023