

ẢNH HƯỞNG CỦA ĐƯỜNG QUAN HỆ LỰC CẮT - CHUYỂN VỊ NGANG CỦA GỐI CÁCH CHẤN ĐA LỚP ĐẾN HIỆU QUẢ GIẢM CHẤN CỦA NHÀ CÁCH CHẤN ĐÁY CÓ KẾT CẤU TƯỜNG GẠCH

INFLUENCE OF SHEAR FORCE – HORIZONTAL DISPLACEMENT CURVE OF A MULTILAYER ELASTOMERIC ISOLATOR ON THE SEISMIC PERFORMANCE OF A BASE-ISOLATED MASONRY BUILDING

NGÔ VĂN THUYẾT^{a,*}

^aKhoa Công trình, Trường Đại học Thủy lợi

*Tác giả đại diện: Email: thuyet.kcct@tlu.edu.vn

Ngày nhận 25/9/2024, Ngày sửa 19/12/2024, Chấp nhận 23/12/2024

<https://doi.org/10.59382/j-ibst.2024.vi.vol4-2>

Tóm tắt: Gối cách chấn đa lớp là một thiết bị giảm chấn thụ động đang được sử dụng phổ biến cho công trình chịu động đất. Độ cứng ngang hiệu dụng và tỷ số cản nhớt là hai thông số quan trọng của đặc tính cơ học gối cách chấn đa lớp, trong đó, độ cứng ngang hiệu dụng được xác định trực tiếp từ đường quan hệ lực cắt – chuyển vị ngang của gối. Thông số độ cứng ngang hiệu dụng của gối sẽ ảnh hưởng đến hiệu quả giảm chấn của công trình khi động đất xảy ra. Tuy nhiên, có rất ít nghiên cứu xem xét sự ảnh hưởng này. Nghiên cứu này trình bày khảo sát hiệu quả giảm chấn của một công trình cách chấn đáy có kết cấu tường gạch với các đường quan hệ lực cắt – chuyển vị ngang khác nhau của gối cách chấn đa lớp chịu cùng gia tốc nền của một trận động đất thực tế đã xảy ra trong quá khứ bằng phương pháp phân tích động theo thời gian. So sánh chuyển vị tương đối từng tầng, lực cắt đáy và ứng suất trong các bức tường của công trình trong các trường hợp trên được thực hiện. Kết quả cho thấy công trình sử dụng gối cách chấn có lực cắt ngang nhỏ hơn khi so sánh ở cùng một độ lớn của chuyển vị ngang sẽ có hiệu quả giảm chấn tốt hơn khi động đất xảy ra.

Từ khóa: Gối cách chấn đa lớp, đường quan hệ lực cắt – chuyển vị ngang, động đất, công trình có kết cấu tường gạch, nhà cách chấn đáy.

Abstract: Multilayer elastomeric isolator is a device of passive control system that is commonly used for earthquake-resistant structures. Effective horizontal stiffness and equivalent viscous damping are two important parameters of characteristic properties of the isolator, while the effective horizontal stiffness is directly determined from shear force – horizontal displacement curve of the isolator. Seismic performance of a base-isolated building

under earthquake is affected by the effective horizontal stiffness parameter of the isolator. However, there are very few studies examining this influence. This study presents the investigation of the seismic performance of a base-isolated masonry building supported on different isolators with different shear force – horizontal displacement curves under same ground motion of a real earthquake in the past by time-history analysis method. Comparison of the inter-story drift, base shear force and stress in the walls of the building in the cases above is performed. Results show that the base-isolated building using the isolators with smaller horizontal shear force values as compared at the same magnitude of horizontal displacement will have better seismic performance under earthquakes.

Keywords: Multilayer elastomeric isolator, shear force – horizontal displacement curve, earthquake, masonry building, base-isolated building.

1. Đặt vấn đề

Kết cấu tường gạch là kết cấu thường được sử dụng trong các nhà dân dụng thấp tầng ở các nước đang phát triển do có ưu điểm về chi phí xây dựng rẻ, tận dụng được vật liệu địa phương, công nghệ thi công đơn giản. Về mặt chịu lực, nhà kết cấu tường gạch có thể chịu được tải trọng theo phương đứng lớn do kết cấu tường gạch có khả năng chịu nén tốt, nhưng chúng thường bị hư hỏng khi chịu tải trọng ngang do khả năng chịu kéo và cắt kém. Do vậy, công trình kết cấu tường gạch dễ bị hư hỏng với các mức độ khác nhau khi động đất xảy ra.

Gối cách chấn đáy là một thiết bị để giảm hư hỏng cho công trình khi động đất xảy ra, trong đó gối cách chấn thường được đặt ở bên trên đài móng và bên dưới phần thân công trình [1]. Do gối

cách chấn có độ cứng theo phương ngang thấp nên công trình chịu được chuyển vị lớn của các trận động đất và có tỷ số cản nhớt cao nên sẽ hấp thụ và tiêu tán năng lượng của các trận động đất truyền lên phần thân công trình. Có nhiều nghiên cứu cho thấy hiệu quả giảm chấn cho công trình sử dụng gối cách chấn đáy khi động đất xảy ra [2-4].

Gối cách chấn đáy đang sử dụng phổ biến hiện nay được chia thành hai dạng là gối cách chấn đa lớp và gối cách chấn trượt [1]. Gối cách chấn đa lớp được cấu tạo từ các lớp cao su xen kẽ và gắn kết với các lớp lá thép mỏng gia cường và hai tấm đế thép dày ở đáy và đỉnh gối để liên kết với phần đài móng và phần thân công trình bằng liên kết bulông. Gối cách chấn đa lớp có nhiều loại như gối cao su tự nhiên NRB (Natural Rubber Bearing), gối cao su có độ cản cao HDRB (High-Damping Rubber Bearing) và gối cao su lõi chì LRB (Lead Rubber Bearing) [5]. Một trong những rào cản của việc sử dụng phổ biến gối cách chấn đa lớp cho công trình dân dụng là giá thành cao của gối và công nghệ thi công phức tạp. Các nước nằm trên vùng thường xuyên xảy ra động đất trên thế giới thường là những nước đang phát triển như Ấn Độ, Nepal, Bangladesh, Butan, Đài Loan, Philippines, Indonesia,... Các công trình dân dụng ở các nước này thường có kết cấu tường gạch chịu lực hoặc nhà khung chịu lực thấp tầng. Các công trình này dễ bị hư hỏng khi động đất xảy ra. Một đòi hỏi thực tế đặt ra là chế tạo ra một loại gối cách chấn đa lớp mới có giá thành giảm và dễ dàng thi công để có thể áp dụng phổ biến hơn cho các công trình dân dụng thấp tầng ở những nước đang phát triển.

Gối cách chấn đàn hồi cốt sợi (Fiber Reinforced Elastomeric Isolator, viết tắt là gối FREI) là một loại gối cách chấn đa lớp mới đang được nghiên cứu, chế tạo hơn hai mươi năm qua. Gối FREI được đề xuất chế tạo từ nghiên cứu của Kelly [6]. Gối FREI có cấu tạo tương tự gối cách chấn đa lớp thông thường nhưng thay các lớp lá thép mỏng bằng các lớp sợi. Để dễ dàng thi công công trình cách chấn đáy, giảm trọng lượng gối và dễ dàng sản xuất hàng loạt, gối cách chấn đàn hồi cốt sợi không liên kết (Unbonded Fiber Reinforced Elastomeric Isolator, viết tắt là gối U-FREI) đã được nghiên cứu, chế tạo hơn chục năm trở lại đây. Gối U-FREI có cấu tạo tương tự như gối FREI nhưng loại bỏ đi hai tấm đế

thép dày ở đáy và đỉnh gối. Gối U-FREI được đặt trực tiếp lên trên bề mặt phần đài móng và dưới phần thân công trình mà không có liên kết vật lý nào. Vì vậy, khi chịu chuyển vị ngang của trận động đất, một phần gối U-FREI sẽ tách rời (không liên kết) với phần đài móng, phần thân công trình và sinh ra biến dạng lăn [7]. Đã có nhiều nghiên cứu trong thời gian gần đây về loại gối U-FREI này [8-12]. Gối U-FREI có thể sản xuất thành một tấm có kích thước lớn, sau đó cắt thành các gối nhỏ theo kích thước thiết kế mà không phải sản xuất từng gối như gối cách chấn đa lớp thông thường [7], từ đó chi phí sản xuất gối U-FREI sẽ giảm xuống. Việc thi công lắp đặt gối U-FREI vào công trình cũng đơn giản hơn so với thi công gối cách chấn đa lớp thông thường do không cần liên kết vật lý giữa gối U-FREI với phần đài móng và phần thân công trình. Gối U-FREI được kỳ vọng sử dụng cho các công trình dân dụng trung và thấp tầng ở những nước đang phát triển thuộc những vùng thường xảy ra động đất. Thời gian qua đã có một số nghiên cứu áp dụng gối U-FREI vào công trình dân dụng thấp tầng có kết cấu tường gạch chịu lực [13-16].

Hai thông số quan trọng của đặc tính cơ học một gối cách chấn đa lớp là độ cứng ngang hiệu dụng và tỷ số cản nhớt [1]. Các thông số này được xác định giá trị thực tế trong phòng thí nghiệm sau khi mẫu gối cách chấn được chế tạo xong, phụ thuộc vào các yếu tố cấu tạo của gối như số lượng lớp, kích thước, loại vật liệu chế tạo ra gối,... Trong thí nghiệm này, các gối cách chấn được cài đặt chịu đồng thời tải trọng thẳng đứng có giá trị không đổi đại diện cho tải trọng của công trình truyền theo phương đứng vào gối và chuyển vị ngang dạng hàm điều hòa tuần hoàn đại diện cho chuyển vị nền do động đất gây ra [17]. Kết quả thí nghiệm sẽ vẽ được đường quan hệ giữa lực cắt và chuyển vị ngang của gối cách chấn, hay còn gọi là vòng lặp trễ. Từ vòng lặp trễ này, hai thông số của đặc tính cơ học của gối cách chấn sẽ được xác định. Các gối cách chấn khác nhau có thể sẽ có đường quan hệ lực cắt – chuyển vị ngang khác nhau, từ đó các đặc tính cơ học của gối cũng khác nhau. Khi các gối cách chấn có đường quan hệ lực cắt – chuyển vị ngang khác nhau sẽ ảnh hưởng đến khả năng giảm chấn của công trình cách chấn đáy. Tuy vậy, có rất ít nghiên cứu về sự ảnh hưởng này. Có một số nghiên cứu về hiệu quả giảm chấn của công trình sử dụng gối cách chấn đa lớp đã được thực hiện ở

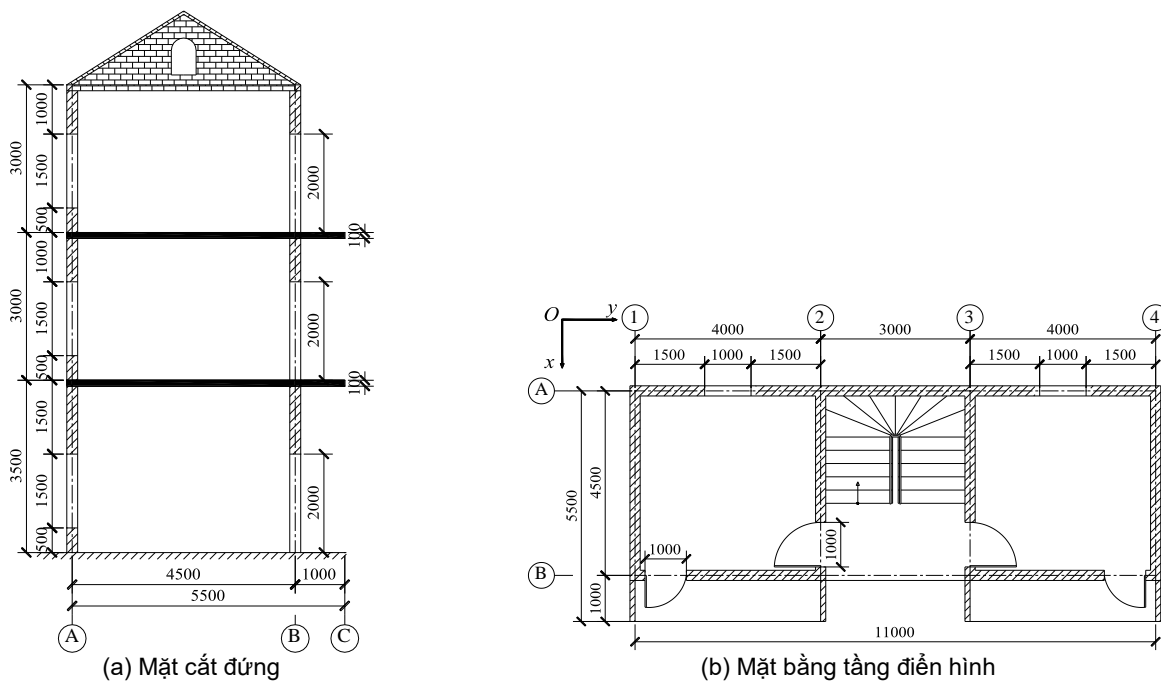
Việt Nam bằng phương pháp lý thuyết và phân tích mô phỏng số [18-22]. Một nghiên cứu [23] đã trình bày ảnh hưởng của đường quan hệ lực cắt – chuyển vị ngang của gối cách chấn đa lớp đến khả năng chịu động đất của công trình cách chấn đáy. Tuy nhiên, nghiên cứu này được thực hiện cho công trình kết cấu nhà khung bê tông cốt thép và phân tích sự ảnh hưởng thông qua gia tốc sàn và chuyển vị tương đối tầng tầng.

Bài báo này nghiên cứu về ảnh hưởng của đường quan hệ lực cắt – chuyển vị ngang của gối cách chấn đa lớp đến hiệu quả giảm chấn của công trình cách chấn đáy có kết cấu tường gạch. Một tòa nhà giả định ba tầng kết cấu tường gạch được lựa chọn nghiên cứu. Công trình sử dụng ba loại gối cách chấn đa lớp với thông số đầu vào khác nhau về đường quan hệ lực cắt - chuyển vị ngang nhưng có cùng tỷ số cản nhớt chịu cùng gia tốc nền của một trận động đất được khảo sát bằng phương pháp phân tích động theo thời gian sử dụng phần mềm SAP2000. Trong khảo sát, vật liệu có xét đến

ứng xử phi tuyến. So sánh chuyển vị tương đối tầng tầng, lực cắt ngang và ứng suất trong các bức tường của công trình trong các trường hợp trên để thấy được hiệu quả giảm chấn của công trình cách chấn đáy.

2. Mô tả về công trình cách chấn đáy giả định

Một tòa nhà ba tầng kết cấu tường gạch với các thông số về kích thước và vật liệu giả định được lựa chọn nghiên cứu. Công trình được xây dựng từ các bức tường chịu lực dày 220 mm và sàn bê tông cốt thép dày 100 mm cấp độ bền B20 (theo TCVN 5574:2018 [24] có cường độ chịu nén, kéo lần lượt là $R_b = 11.5$ MPa, $R_{bt} = 0.90$ MPa). Các bức tường được xây bằng gạch đất sét nung mác M75 (theo TCVN 1450:2009 [25] có cường độ chịu nén là $f_b = 7.5$ MPa) và vữa mác M2.5 (theo TCVN 4314:2003 [26] có cường độ chịu nén là $f_j = 2.5$ MPa). Chiều cao tầng 1 là 3.5 m, các tầng còn lại là 3.0 m. Phần mái công trình có kết cấu vì kèo đỡ và lợp mái ngói. Mặt cắt đứng và mặt bằng tầng điển hình của công trình được thể hiện trong Hình 1.



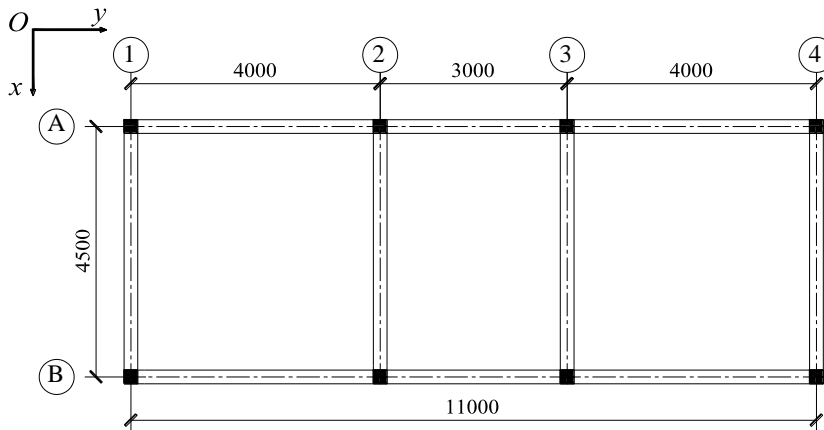
Hình 1. Mặt cắt đứng và mặt bằng tầng điển hình của công trình

Công trình cách chấn đáy sử dụng tổng cộng 8 gối cách chấn đa lớp cùng loại. Các gối cách chấn này được đặt bên trên đài móng, bên dưới một hệ dầm đỡ toàn bộ tường chịu lực của công trình. Vị trí đặt gối cách chấn trên mặt bằng công trình được thể hiện trong Hình 2. Các gối cách chấn đa lớp hình khối hộp có kích thước cạnh là

$a = 336$ mm, tổng chiều cao là $h = 166$ mm. Kích thước của gối cách chấn đa lớp cho công trình được lựa chọn theo nghiên cứu [5]. Mỗi gối được cấu tạo từ 21 lớp cao su xen kẽ và gắn kết với 20 lớp sợi gia cường. Mỗi lớp cao su và lớp sợi gia cường dày tương ứng là 6 và 2 mm. Tổng chiều dày của các lớp cao su là $t_r = 126$ mm. Hệ

số hình dạng của gối cách chấn đa lớp (xác định bằng tỷ lệ giữa diện tích mặt cắt ngang gối với

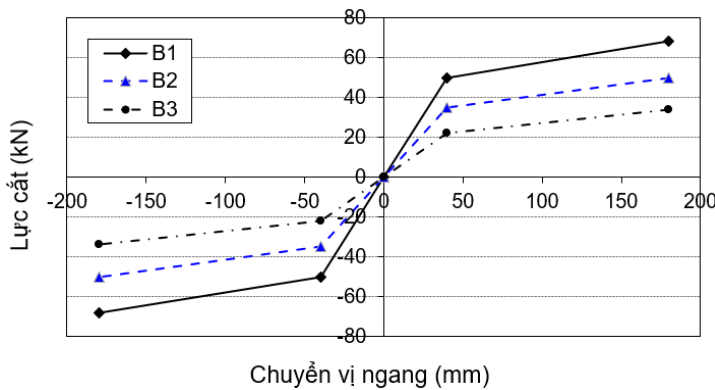
tổng diện tích xung quanh ở mặt bên của một lớp cao su [1]) là $S = 14$.



Hình 2. Mặt bằng bố trí gối cách chấn

Công trình được khảo sát trong ba trường hợp khác nhau về đường quan hệ lực cắt – chuyển vị ngang của gối cách chấn, nhưng tỷ số cản nhớt của gối là như nhau. Ba đường quan hệ lực cắt – chuyển vị ngang giả định đại diện cho ba loại gối cách chấn đa lớp khác nhau được thể hiện trên Hình 3, ký hiệu lần lượt là gối B1, B2, B3. Để dễ dàng khai báo thông số đầu vào của gối cách chấn trong khảo sát mô phỏng số công trình cách chấn đáy chịu gia tốc nền của trận động đất ở phần sau, các đường quan hệ lực cắt - chuyển vị ngang của

gối cách chấn được cho dưới dạng hai đoạn thẳng. Ba loại gối cách chấn khác nhau ở chỗ: ở cùng một độ lớn của chuyển vị ngang, lực cắt ngang của gối B1 lớn hơn của gối B2, của gối B2 lớn hơn của gối B3. Tỷ số cản nhớt của các loại gối cách chấn được giả định có giá trị như nhau. Theo [1], tỷ số cản nhớt của gối cách chấn đa lớp thông thường có giá trị trong khoảng từ 6% đến 10%. Trong nghiên cứu này, giả định rằng ba loại gối cách chấn B1, B2, B3 có cùng tỷ số cản nhớt là 8%.

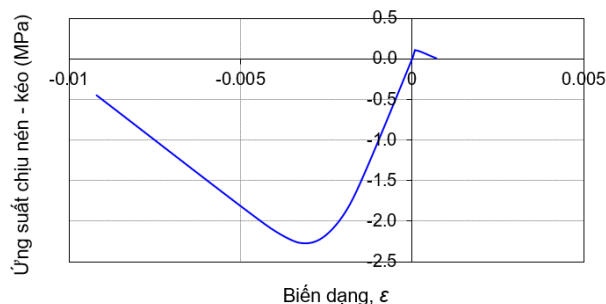


Hình 3. Đường quan hệ lực cắt – chuyển vị ngang của ba loại gối cách chấn đa lớp nghiên cứu

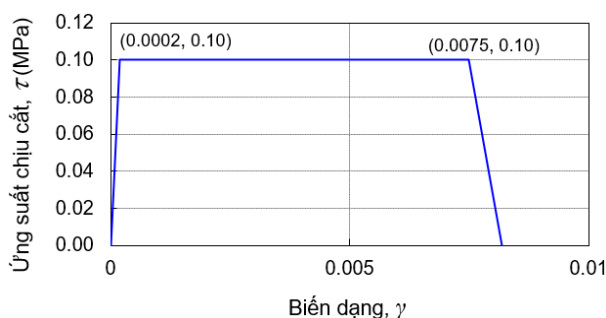
3. Xây dựng mô phỏng công trình

Công trình được mô phỏng số bằng phần mềm SAP2000 v15 [27]. Tường gạch được mô phỏng bằng phần tử tám nhiều lớp có xét đến ứng xử phi tuyến của vật liệu. Mô hình vật liệu phi tuyến tương đương thông qua ứng xử nén-kéo theo phương đứng và phương ngang (S_{11} , S_{22}), và ứng xử cắt (S_{12}) đã được đề xuất trong các nghiên cứu trước

đây [28-31] được sử dụng để xây dựng mô phỏng cho kết cấu tường gạch. Ứng xử nén-kéo và ứng xử cắt của kết cấu tường gạch được thể hiện trong các Hình 4 và 5. Các sàn bê tông cốt thép được mô phỏng bằng phần tử tám và được khai báo sàn tuyệt đối cứng. Phần mái công trình (có kết cấu vì kèo đỡ mái ngói) được quy đổi thành tải trọng phân phối đặt lên tường chịu lực.



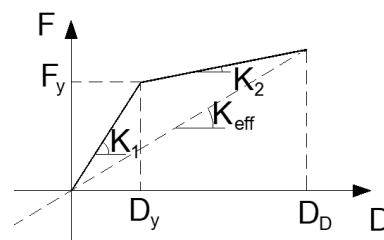
Hình 4. Ứng xử nén-kéo của kết cấu tường gạch



Hình 5. Ứng xử cắt của kết cấu tường gạch

Gối cách chấn được mô phỏng bằng phần tử liên kết (link) dạng rubber isolator. Trong mô phỏng, các đặc tính cơ học của gối cách chấn về ứng xử ngang theo hai phương nằm ngang (X và Y) và ứng xử đứng theo phương Z đều được khai báo. Ứng xử ngang của gối cách chấn đa lớp được thể hiện bằng đường hai đoạn quan hệ lực cắt – chuyển vị ngang (Hình 6) và được khai báo trong phần mềm SAP2000 thông qua 4 thông số sau: Độ cứng ngang hiệu dụng K_{eff} , độ cứng ban đầu K_1 , lực cắt ngang ở vị trí chày F_y và tỷ số độ cứng $n = K_2/K_1$. Các thông số khai báo trong mô phỏng cho ba loại gối cách chấn khác nhau B1, B2, B3 được xác định từ

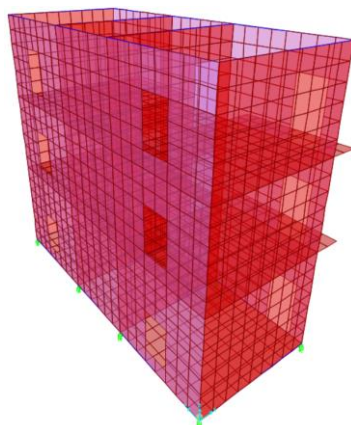
đường quan hệ lực cắt – chuyển vị ngang ở Hình 3 và cho giá trị trong Bảng 1. Mô hình công trình cách chấn đáy trong phần mềm SAP2000 được thể hiện trong Hình 7.



Hình 6. Các thông số đặc trưng của gối cách chấn thể hiện trên đường quan hệ lực cắt – chuyển vị ngang

Bảng 1. Các thông số khai báo ứng xử ngang của ba loại gối cách chấn đa lớp

Thông số	Gối B1	Gối B2	Gối B3
K_{eff} (kN/m)	377.78	277.78	188.89
K_1 (kN/m)	1250.00	875.00	550.00
F_y (kN)	50.00	35.00	22.00
$n = K_2/K_1$	0.10	0.12	0.16

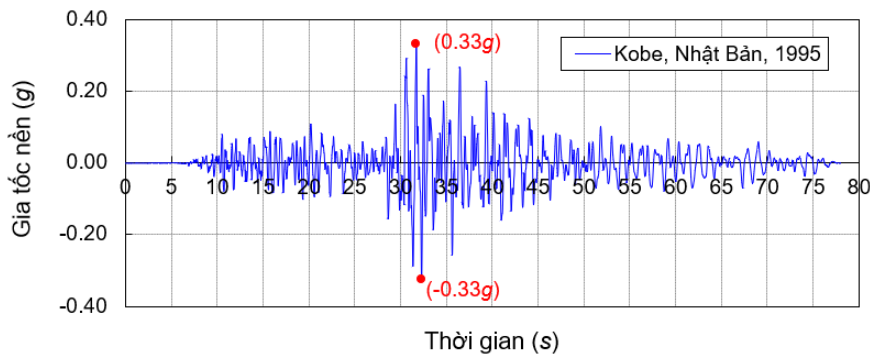


Hình 7. Mô hình công trình cách chấn đáy trong phần mềm SAP2000

Để thấy được hiệu quả cách chấn của công trình sử dụng ba loại gối cách chấn đáy đa lớp trên, khảo sát phân tích động theo thời gian của công trình cách chấn đáy chịu gia tốc nền của cùng một trận động đất thực tế đã xảy ra trong quá khứ được thực hiện và kết quả được so sánh với trường hợp công trình không sử dụng gối cách chấn (công trình móng cứng). Đối với công trình móng cứng, tất cả các nút ở chân tường tầng 1 được gán liên kết ngàm.

Tải trọng tác động lên công trình trong tất cả các trường hợp nghiên cứu là như nhau, bao gồm tải

trọng bản thân, tĩnh tải các lớp cấu tạo sàn, hoạt tải và gia tốc nền của trận động đất. Trong nghiên cứu này, bằng gia tốc nền của trận động ở Kobe, Nhật Bản (xảy ra ngày 17/01/1995) với đỉnh gia tốc nền là $0.33g$ (g là gia tốc trọng trường, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$), bước thời gian dao động $\Delta t = 0,02s$, tổng thời gian dao động $T = 77,98s$ và độ lớn là 7.0 được lựa chọn để khảo sát (Hình 8). Phân tích động theo thời gian của công trình trong các trường hợp trên được khảo sát theo X (Hình 1).

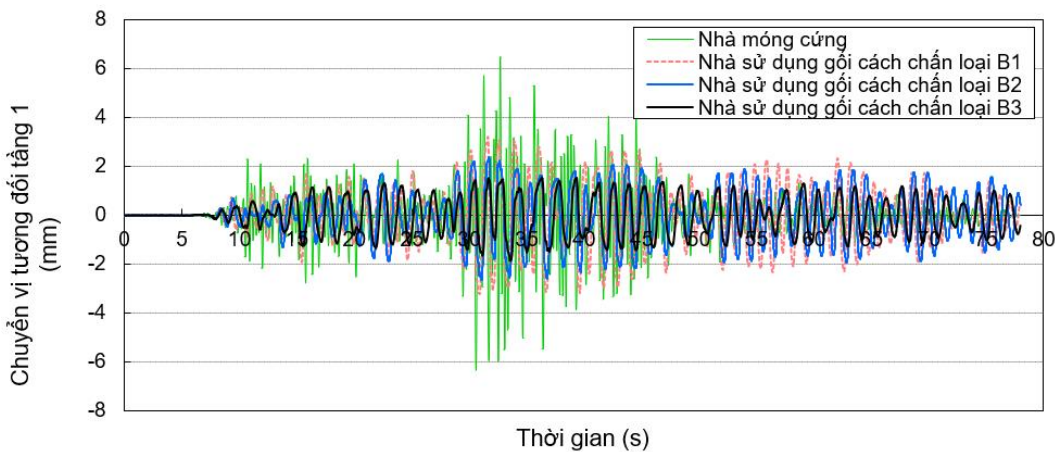


Hình 8. Bảng gia tốc nền của trận động đất Kobe, Nhật Bản

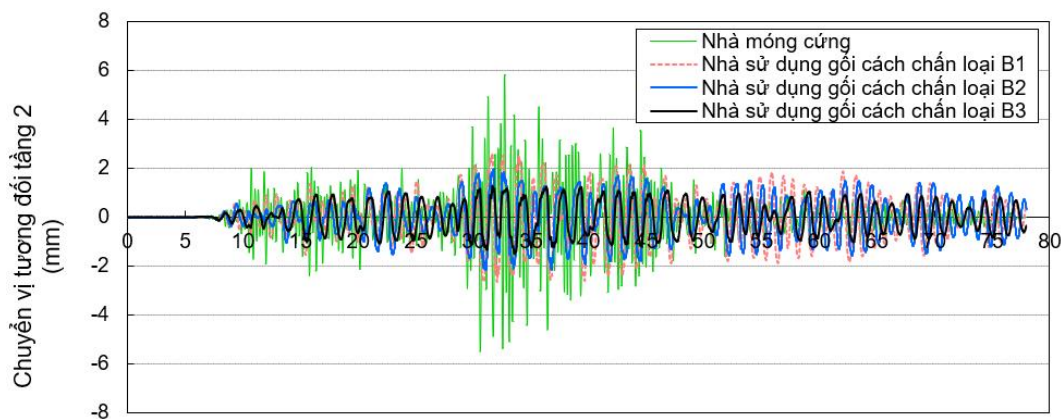
4. Kết quả và bình luận

Đối với công trình có kết cấu tường gạch chịu lực, mức độ hư hỏng của công trình khi chịu tải trọng ngang thường được nhận biết thông qua thông số ngưỡng biến dạng của công trình [30]. Calvi [32] đã đề xuất các ngưỡng biến dạng thông qua chuyển vị tương đối tầng để nhận biết các mức độ hư hỏng khác nhau cho công trình kết cấu tường gạch. Vậy nên, hiệu quả giảm chấn cho công trình có kết cấu tường gạch chịu lực chịu gia tốc nền của một trận động đất cũng được thể hiện thông qua

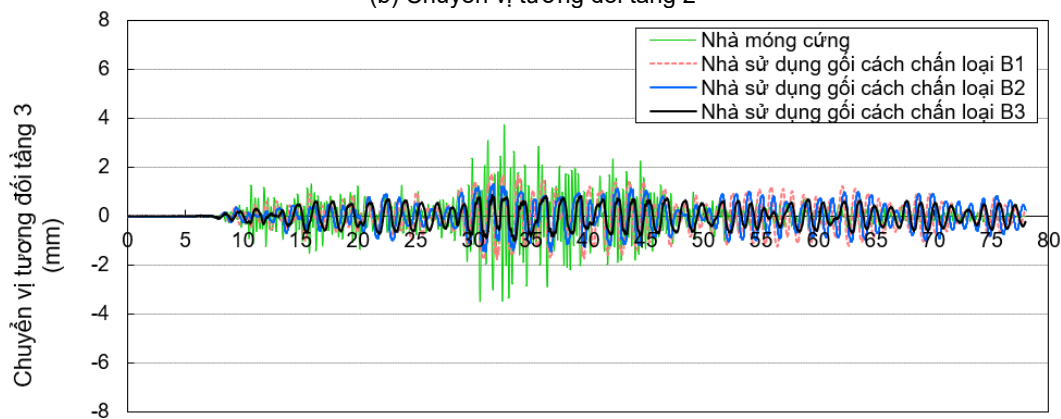
thông số chuyển vị tương đối từng tầng này. Trong nghiên cứu này, ngoài thông số chuyển vị tương đối từng tầng, thông số lực cắt đáy của công trình và ứng suất trong một bức tường của công trình cũng được so sánh để đánh giá hiệu quả giảm chấn. Kết quả so sánh phản ứng chuyển vị tương đối từng tầng của công trình theo thời gian và phản ứng lực cắt đáy của công trình theo thời gian được thể hiện lần lượt trong các Hình 9 và 10. Bảng so sánh giá trị đỉnh của chuyển vị tương đối từng tầng và lực cắt đáy của công trình được thể hiện trong Bảng 2.



(a) Chuyển vị tương đối tầng 1

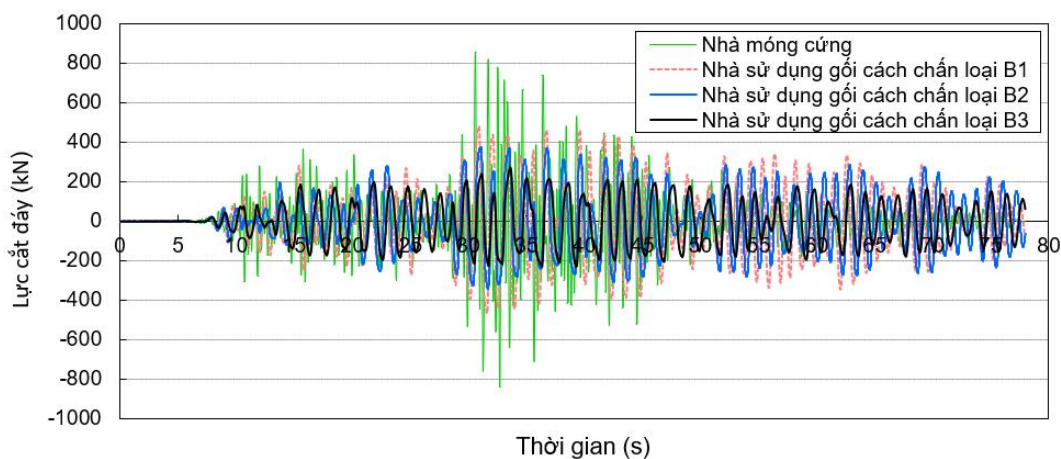


(b) Chuyển vị tương đối tầng 2



(c) Chuyển vị tương đối tầng 3

Hình 9. So sánh phản ứng chuyển vị tương đối từng tầng của công trình theo thời gian



Hình 10. So sánh phản ứng lực cắt đáy của công trình theo thời gian

Bảng 2. So sánh giá trị đỉnh chuyển vị tương đối và lực cắt đáy của công trình

Thông số	Nhà móng cứng	Nhà sử dụng gối cách chấn loại B1	Nhà sử dụng gối cách chấn loại B2	Nhà sử dụng gối cách chấn loại B3
Đỉnh chuyển vị tương đối tầng 1 (mm)	6.47	3.22	2.63	1.84
Đỉnh chuyển vị tương đối tầng 2 (mm)	5.81	2.64	2.16	1.49
Đỉnh chuyển vị tương đối tầng 3 (mm)	3.74	1.78	1.45	0.98
Đỉnh lực cắt đáy (kN)	856.19	482.14	378.15	272.18

Từ Hình 9 và Bảng 2 thấy rằng giá trị chuyển vị tương đối từng tầng của công trình cách chấn đáy

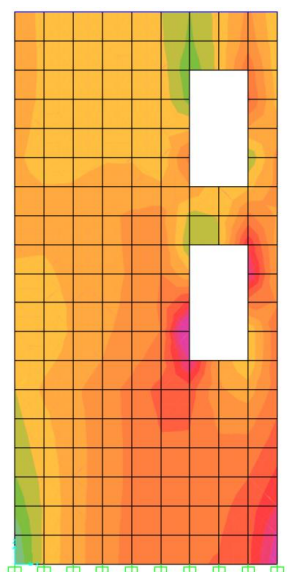
nhỏ hơn giá trị chuyển vị tương đối từng tầng của công trình móng cứng khi công trình cùng chịu gia

tốc nền của trận động đất Kobe, Nhật Bản. Trong công trình cách chấn đáy, giá trị chuyển vị tương đối từng tầng của công trình sử dụng loại gối B2 nhỏ hơn giá trị tương ứng của công trình sử dụng loại gối B1, giá trị chuyển vị tương đối từng tầng của công trình sử dụng loại gối B3 nhỏ hơn giá trị tương ứng của công trình sử dụng loại gối B2. Chẳng hạn, đối với tầng 1, giá trị đỉnh chuyển vị tương đối tầng của công trình sử dụng loại gối B3 là nhỏ nhất (1.84 mm), tiếp đến là công trình sử dụng loại gối B2 (2.63 mm), loại gối B1 (3.22 mm) và lớn nhất là đỉnh giá trị chuyển vị tương đối tầng của công trình móng cứng 6.47 mm). Đối với lực cắt đáy cũng có kết quả tương tự, từ Hình 10 và Bảng 2 thấy rằng giá trị lực cắt đáy của công trình cách chấn đáy nhỏ hơn giá trị lực cắt đáy của công trình móng cứng. Trong công trình cách chấn đáy, giá trị đỉnh lực cắt đáy của công trình sử dụng loại gối B3 nhỏ hơn giá trị tương ứng ở công trình sử dụng loại gối B2 (272.18 kN so với 378.15 kN), giá trị đỉnh lực cắt đáy của công trình sử dụng loại gối B2 nhỏ hơn giá trị tương ứng ở công trình sử dụng loại gối B1 (378.15 kN so với 482.14 kN). Đặc biệt, giá trị đỉnh lực cắt đáy của công trình sử dụng gối cách chấn loại B1, B2, B3 nhỏ hơn giá trị đỉnh lực cắt đáy của công trình móng cứng lần lượt là 374.05, 478.03, 584.00 kN tức là nhỏ hơn lần lượt là 43.69, 55.83, 68.21 %.

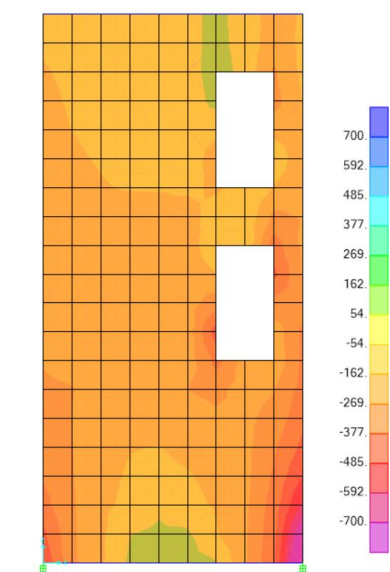
Kết quả hình ảnh phổ ứng suất S_{22} ở bức tường khung trục 2 (Hình 1b) tại thời gian 32,72s (tại thời điểm có giá trị chuyển vị tương đối từng tầng là lớn nhất) trong các trường hợp nghiên cứu kể trên

được thể hiện trên Hình 11. Từ Hình 11 thấy rằng giá trị ứng suất ở các vị trí góc bức tường và góc cửa ra vào của các trường hợp nhà sử dụng gối cách chấn đáy giảm đáng kể so với giá trị ứng suất ở vị trí tương ứng ở nhà móng cứng. Trong các trường hợp nhà sử dụng gối cách chấn đáy, ứng suất ở các vị trí góc bức tường và góc cửa ra vào của nhà sử dụng gối cách chấn loại B3 có giá trị nhỏ hơn giá trị ứng suất tại vị trí tương ứng của nhà sử dụng gối cách chấn loại B2. Tương tự, ứng suất ở các vị trí góc bức tường và góc cửa ra vào của nhà sử dụng gối cách chấn loại B2 có giá trị nhỏ hơn giá trị ứng suất tại vị trí tương ứng của nhà sử dụng gối cách chấn loại B1.

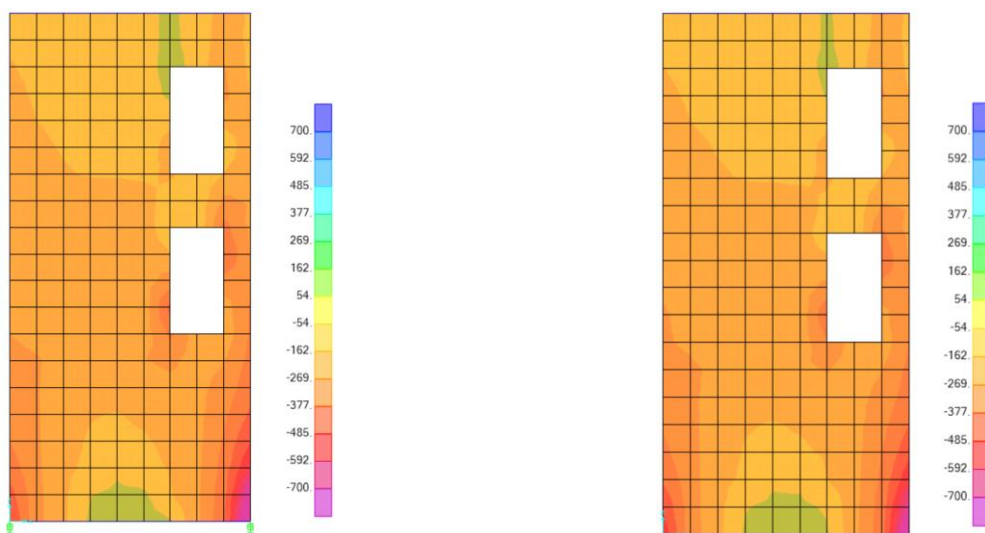
Như đã nói ở trên, đối với công trình có kết cấu tường gạch chịu lực, giá trị chuyển vị tương đối từng tầng, giá trị lực cắt đáy và ứng suất trong các bức tường của công trình là các thông số để đánh giá mức độ hư hỏng của công trình khi chịu tải trọng ngang. Từ kết quả phân tích ở trên thấy rằng công trình sử dụng gối cách chấn đáy sẽ giảm mức độ hư hỏng hơn so với công trình móng cứng. Trong công trình cách chấn đáy, công trình sử dụng loại gối B3 sẽ giảm mức độ hư hỏng hơn công trình sử dụng loại gối B2 và công trình sử dụng loại gối B2 sẽ giảm mức độ hư hỏng hơn công trình sử dụng loại gối B1. Như vậy, công trình sử dụng gối cách chấn đáy có lực cắt ngang nhỏ hơn khi so sánh ở cùng một độ lớn chuyển vị ngang trong đặc tính cơ học của nó sẽ có khả năng cách chấn tốt hơn khi động đất xảy ra.



(a) Nhà móng cứng



(b) Nhà sử dụng gối cách chấn loại B1



(c) Nhà sử dụng gối cách chấn loại B2

(d) Nhà sử dụng gối cách chấn loại B3

Hình 11. Kết quả phổ ứng suất S_{22} ở bức tường khung trục 2 tại thời gian 32,72s

5. Kết luận

Nghiên cứu này trình bày khảo sát ảnh hưởng của đường quan hệ lực cắt – chuyển vị ngang của gối cách chấn đa lớp đến hiệu quả giảm chấn của công trình cách chấn đáy có kết cấu tường gạch chịu động đất. Một tòa nhà ba tầng giả định có kết cấu tường gạch được phân tích động theo thời gian chịu gia tốc nền của trận động đất Kobe, Nhật Bản (xây ra ngày 17/01/1995). Trong khảo sát, vật liệu của kết cấu tường gạch có xét đến ứng xử phi tuyến. Công trình được khảo sát trong các trường hợp công trình móng cứng và công trình sử dụng gối cách chấn đáy với ba đường quan hệ lực cắt – chuyển vị ngang khác nhau (gối B1, B2, B3). Đường quan hệ lực cắt – chuyển vị ngang của ba loại gối cách chấn khác nhau ở chỗ: tại cùng một độ lớn của chuyển vị ngang, lực cắt ngang của gối B1 lớn hơn của gối B2, của gối B2 lớn hơn của gối B3. So sánh phản ứng giá trị chuyển vị tương đối từng tầng, giá trị lực cắt đáy và ứng suất trong các bức tường của công trình trong các trường hợp trên để thấy được hiệu quả giảm chấn của công trình cách chấn đáy. Kết quả nghiên cứu đã thể hiện rằng:

- Giá trị đỉnh chuyển vị tương đối từng tầng, giá trị đỉnh lực cắt đáy và giá trị ứng suất S_{22} ở các vị trí góc bức tường và góc cửa ra vào của bức tường khung trục 2 tại thời gian 32,72s của công trình cách chấn đáy sử dụng gối B1, B2, B3 nhỏ hơn giá trị tương ứng của công trình móng cứng. Điều đó cho thấy việc sử dụng cách chấn đáy làm giảm mức độ hư hỏng cho công trình;
- Giá trị đỉnh chuyển vị tương đối từng tầng, giá trị đỉnh lực cắt đáy và giá trị ứng suất S_{22} ở các vị trí góc bức tường và góc cửa ra vào của bức tường

khung trục 2 tại thời gian 32,72s của công trình sử dụng loại gối B3 nhỏ hơn giá trị tương ứng ở công trình sử dụng loại gối B2, giá trị đỉnh chuyển vị tương đối từng tầng, giá trị đỉnh lực cắt đáy và giá trị ứng suất S_{22} ở các vị trí góc bức tường và góc cửa ra vào của bức tường khung trục 2 tại thời gian 32,72s của công trình sử dụng loại gối B2 nhỏ hơn giá trị tương ứng ở công trình sử dụng loại gối B1. Như vậy, công trình sử dụng gối cách chấn đáy có lực cắt ngang nhỏ hơn khi so sánh ở cùng một độ lớn chuyển vị ngang trong đặc tính cơ học của nó sẽ có hiệu quả giảm chấn tốt hơn khi động đất xảy ra.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Naeim, F., Kelly, J.M. (1999). *Design of Seismic Isolated Structures: From Theory to Practice*. John Wiley & Sons, Inc., New York, USA.
- [2] Zhang, J., Huo, Y. (2009). *Evaluating effectiveness and optimum design of isolation devices for highway bridges using the fragility function method*. Engineering Structures, Vol. 31(8), pp. 1648-1660.
- [3] Kumar, P., Petwal, S. (2019). *Seismic performance of secondary systems housed in isolated and non-isolated building*. Earthquakes and Structures, an International journal, Vol. 16(4), pp. 401-413.
- [4] Artar, M., Coban, K., Yurdakul, M., Canb, O., Yilmaz, F., Yildiz, M. (2019). *Investigation on seismic isolation retrofit of a historical masonry structure*. Earthquakes and Structures, an International journal, Vol. 16(4), pp. 501-512.
- [5] Ngô Văn Thuyết (2018). *Phương pháp thiết kế kích thước gối cách chấn đàn hồi sử dụng cho công trình dân dụng chịu động đất ở Việt Nam*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, Viện Khoa học công nghệ xây dựng, Bộ Xây dựng, số 3, tr. 20-25.

- [6] Kelly, J.M. (1999). *Analysis of Fiber-Reinforced Elastomeric Isolators*. Journal of Seismology and Earthquake Engineering, Vol. 2(1), pp. 19-34.
- [7] Toopchi-Nezhad, H., Tait, M.J., Drysdale, R.G. (2008). *Lateral response evaluation of fiber-reinforced neoprene seismic isolator utilized in an unbonded application*. Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 134(10), pp. 1627-1637.
- [8] Toopchi-Nezhad, H., Tait, M.J., Drysdale, R.G. (2009). *Shake table study on an ordinary low-rise building seismically isolated with SU-FREIs (stable unbonded-fiber reinforced elastomeric isolators)*. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 38(11), pp. 1335-1357.
- [9] Russo, G., Pauletta, M. (2013). *Sliding instability of fiber-reinforced elastomeric isolators in un-bonded applications*. Engineering Structures, Vol. 48, pp. 70-80.
- [10] Dezfuli, F.H., Alam, M.S. (2014). *Performance of carbon fiber-reinforced elastomeric isolators manufactured in a simplified process: Experimental investigations*. Structural Control and Health Monitoring, Vol. 21(11), pp. 1347-1359.
- [11] Ngo, V.T., Dutta, A., Deb, S.K. (2017). *Evaluation of horizontal stiffness of fibre reinforced elastomeric isolators*. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 46(11), pp. 1747-1767.
- [12] Ngo, V.T. (2020). *Effect of shape factor on the horizontal response of prototype un-bonded fiber reinforced elastomeric isolators under cyclic loading*. Structural Integrity and Life, Vol. 20(3), pp. 303-312.
- [13] Ngo, V.T., Deb, S.K., Dutta, A. (2018). *Mitigation of seismic vulnerability of a prototype low-rise masonry building using U-FREIs*. Journal of Performance of Constructed Facilities, ASCE, Vol. 32(2), 04017136.
- [14] Habieb, A.B., Valente, M., Milani, G. (2019). *Base seismic isolation of a historical masonry church using fiber reinforced elastomeric isolators*. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol. 120, pp. 127-145.
- [15] Calabrese, A., Losanno, D., Spizzuoco, M., Strano, S., Terzo, M. (2019). *Recycled rubber fiber-reinforced bearings (RR-FRBs) as base isolators for residential buildings in developing countries: The demonstration building of Pasir Badak, Indonesia*. Engineering Structures, Vol. 192, pp. 126-144.
- [16] Losanno, D., Ravichandran, N., Parisi, F. (2023). *Seismic fragility models for base-isolated unreinforced masonry buildings with fibre-reinforced elastomeric isolators*. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 52(2), pp. 308-334.
- [17] IBC-2000. *International Building Code*, USA.
- [18] Nguyễn Xuân Thành (2006). *Hiệu quả của đệm giảm chấn trong chế ngự dao động kết cấu nhà cao tầng chịu tải trọng động đất*. Tuyển tập Hội nghị Khoa học Toàn quốc Cơ học Vật rắn biến dạng lần thứ VIII.
- [19] Lê Xuân Huỳnh, Nguyễn Hữu Bình (2008). *Nghiên cứu công nghệ chế ngự dao động kết cấu công trình nhà cao tầng phù hợp điều kiện xây dựng ở Hà Nội*. Báo cáo tổng kết đề tài, mã số 01C-04/09-2007-3, Viện Khoa học Công nghệ và Kinh tế Xây dựng Hà Nội- Việt Nam.
- [20] Ngô Văn Thuyết, Nguyễn Văn Thắng (2018). *Hiệu quả cách chấn của nhà khung bê tông cốt thép sử dụng gối cách chấn đàn hồi cốt sợi FREI chịu động đất*. Tạp chí Xây dựng, Bộ Xây dựng, tập 606, tr. 150-153.
- [21] Ngô Văn Thuyết (2020). *Nghiên cứu hiệu quả cách chấn và đề xuất giải pháp ứng dụng gối cách chấn đàn hồi cốt sợi FREI áp dụng cho công trình dân dụng thấp tầng chịu tải trọng động đất ở Việt Nam*. Báo cáo tổng kết đề tài, mã số RD 35-18, Bộ Xây dựng.
- [22] Ngô Văn Thuyết (2021). *So sánh hiệu quả cách chấn của nhà khung bê tông cốt thép thấp tầng sử dụng gối cách chấn đàn hồi cốt sợi dạng liên kết và không liên kết chịu động đất*. Tạp chí Người Xây dựng, tập 353&354, tr. 68-73.
- [23] Ngô Văn Thuyết (2021). *Ảnh hưởng của đường quan hệ lực cắt - chuyển vị ngang của gối cách chấn đa lớp tới khả năng chịu động đất của công trình cách chấn đây*. Tạp chí Xây dựng, Bộ Xây dựng, tập 638, tr. 76-79.
- [24] TCVN 5574 (2018). *Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [25] TCVN 1450 (2009). *Gạch rỗng đất sét nung*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [26] TCVN 4314 (2003). *Vữa xây dựng – Yêu cầu kỹ thuật*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [27] SAP2000 v.15 (2014). *CSI Analysis Reference Manual*. Computers and Structures Inc., Berkeley, California, USA.
- [28] Kaushik, H.B., Rai, D.C., Jain, S.K. (2007). *Stress-Strain characteristics of clay brick masonry under uniaxial compression*. Journal of Materials in Civil Engineering, Vol. 19(9), pp. 728-739.
- [29] Akhaveissy, A.H., Milani, G. (2013). *Pushover analysis of large scale un-reinforced masonry structures by means of a fully 2D non-linear model*. Construction and Building Materials, Vol. 41, pp. 276-295.
- [30] Bilgin, H., Korini, O. (2012). *Seismic capacity evaluation of un-reinforced masonry residential buildings in Albania*. Natural Hazards and Earth System Sciences, Vol. 12, pp. 3753-3764.
- [31] Ngô Văn Thuyết (2024). *Đánh giá hiệu quả của giải pháp gia cường kết cấu tường gạch bằng lớp vữa cốt lưới sợi dệt*. Tạp chí Vật liệu và Xây dựng, Viện Vật liệu xây dựng, Bộ Xây dựng, số 14(03), tr. 125-131.
- [32] Calvi, G.M. (1999). *A displacement-based approach for vulnerability evaluation of classes of buildings*. Journal of Earthquake Engineering, Vol. 3(3), pp. 411-438.