

**ẢNH HƯỞNG CỦA THÀNH PHẦN ĐỨNG GIA TỐC NỀN TRẬN ĐỘNG ĐẤT
ĐẾN PHẢN ỨNG CỦA TÒA NHÀ CÁCH CHẤN ĐÁY**
EFFECT OF THE VERTICAL COMPONENT OF GROUND ACCELERATIONS
OF EARTHQUAKES ON THE RESPONSE OF A BASE-ISOLATED 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 09/7/2025, Ngày sửa 23/9/2025, Chấp nhận 26/9/2025

<https://doi.org/10.59382/j-ibst.2025.vi.vol3-1>

Tóm tắt: Các nghiên cứu trước đây về phản ứng của tòa nhà cách chấn đáy chịu động đất mới chỉ xét đến thành phần ngang của gia tốc nền. Theo tiêu chuẩn TCVN 9386:2012, thành phần theo phương đứng của trận động đất liên quan đến sóng dọc P được xét đến khi giá trị đỉnh gia tốc nền lớn hơn $0.25g$, trong đó g là gia tốc trọng trường ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$). Trong nghiên cứu này, phản ứng của tòa nhà cách chấn đáy sử dụng gối cách chấn đàn hồi cốt sợi chịu động đất được khảo sát bằng phương pháp phân tích động theo lịch sử thời gian trong hai trường hợp gia tốc nền trận động đất không và có kể đến thành phần theo phương đứng. Kết quả khảo sát cho thấy trong khi thành phần đứng của trận động đất không ảnh hưởng đến phản ứng theo phương ngang của tòa nhà thì thành phần đứng của trận động đất làm thay đổi giá trị gia tốc sàn từng tầng, lực cắt đáy theo phương đứng và lực dọc trục chịu nén tại chân cột với biên độ lớn. Điều này ảnh hưởng đến khả năng chịu cắt của cột và đặc tính cơ học theo phương ngang của gối cách chấn đàn hồi cốt sợi.

Từ khóa: Động đất; gối cách chấn đàn hồi cốt sợi; tòa nhà cách chấn đáy; thành phần đứng của động đất; phân tích động theo lịch sử thời gian

Abstract: Previous studies on the response of base-isolated buildings under earthquakes have mainly considered the horizontal component of the ground accelerations. According to TCVN 9386:2012, the vertical component of the earthquakes which related to Primary waves (P -waves) is considered when the peak value of ground acceleration is greater than $0.25g$, in which g is the gravitational acceleration ($g = 9.81 \text{ m/s}^2$). In this study, the response of a base-isolated building supported on fiber reinforced elastomeric isolators under earthquakes is investigated by time-history dynamic analysis in two cases of the ground

accelerations of the earthquakes without and with the vertical component. The results show that the vertical component of the earthquakes does not affect to the horizontal response of the building while the vertical component of the earthquakes changes the value of floor acceleration in vertical direction, the value of base shear in vertical direction and the value of axial compressive force at the base column with large amplitude. This affects the shear capacity of the column and the horizontal mechanical properties of the fiber reinforced elastomeric isolators.

Keywords: Earthquake; fiber reinforced elastomeric isolator; base-isolated building; vertical component of earthquake; time-history dynamic analysis

1. Đặt vấn đề

Động đất là hiện tượng dao động mạnh của nền đất. Khi động đất xảy ra, một nguồn năng lượng lớn được giải phóng từ chấn tiêu và lan truyền đến bề mặt trái đất dưới dạng sóng địa chấn [1]. Sóng địa chấn được chia thành hai nhóm là sóng khối và sóng mặt, trong đó, sóng khối (hay còn gọi là sóng thể tích) gồm hai loại là sóng dọc P (hay còn gọi là sóng sơ cấp) và sóng ngang S (hay còn gọi là sóng thứ cấp hoặc sóng cắt), sóng mặt gồm hai loại là sóng Rayleigh (sóng R) và sóng Love (sóng Q). Dao động của nền đất thường được ghi lại dưới dạng đồ thị gia tốc nền với thời gian. Đồ thị gia tốc nền trận động đất bao gồm thành phần theo phương ngang và thành phần theo phương đứng, trong đó thành phần theo phương ngang có liên quan đến sự lan truyền của sóng S và thành phần theo phương đứng có liên quan đến sự lan truyền của sóng P .

Có nhiều trận động đất đã xảy ra trong quá khứ trên thế giới và cả ở Việt Nam gây ra những hư hỏng lớn về cơ sở hạ tầng công trình cũng như thiệt

hại về người và tài sản, chẳng hạn như trên thế giới có trận động đất El Centro, Hoa Kỳ xảy ra ngày 19/05/1940 với độ lớn 6.9; trận động đất Kobe, Nhật Bản xảy ra ngày 16/01/1995 với độ lớn 6.9; trận động đất Gorkha, Nepal xảy ra ngày 25/04/2015 với độ lớn 7.8; ở Việt Nam có trận động đất Tuần Giáo, Điện Biên xảy ra ngày 24/06/1983 với độ lớn 6.7,... Nghiên cứu về chủ đề động đất, công trình chịu tác động động đất đã được thực hiện trong nhiều năm qua [2-6]. Các nghiên cứu này chủ yếu khảo sát công trình chịu tác động động đất với thành phần theo phương ngang.

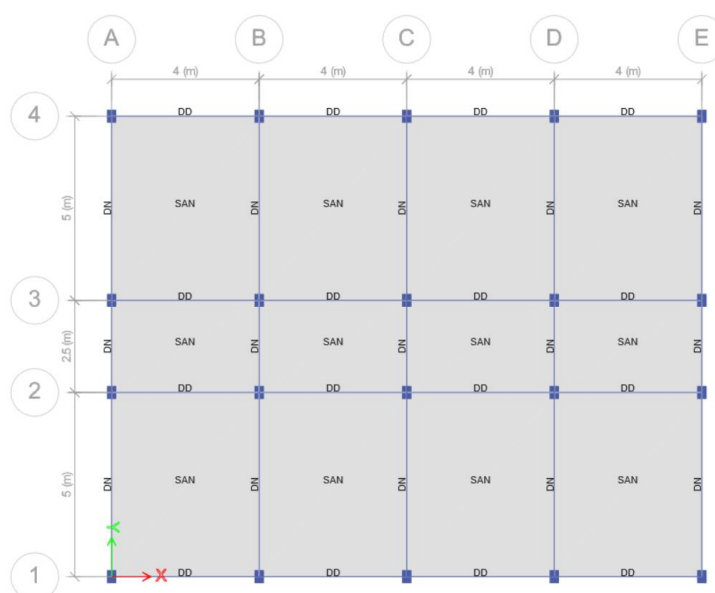
Một trong những vấn đề được quan tâm nghiên cứu hiện nay về chủ đề động đất là đề xuất giải pháp kết cấu cho công trình nhằm giảm thiểu hư hỏng cho công trình khi động đất xảy ra. Gối cách chấn đáy là một thiết bị trong phương pháp giảm chấn thụ động đang được nghiên cứu và áp dụng trên thế giới. Gối cách chấn đáy có nhiều loại, theo cấu tạo có thể chia thành hai loại là gối cách chấn đa lớp và gối cách chấn ma sát trượt, trong đó gối cách chấn đa lớp được sử dụng phổ biến hơn. Gối cách chấn đàn hồi cốt sợi là một loại gối cách chấn đa lớp mới, đang được nghiên cứu và áp dụng trên thế giới trong hơn hai chục năm trở lại đây [7]. Các nghiên cứu về công trình sử dụng gối cách chấn đáy chịu động đất [8-10] cũng chủ yếu khảo sát với thành phần theo phương ngang của động đất. Ở Việt Nam, mới chỉ có nghiên cứu [11] về ảnh hưởng thành phần đứng của trận động đất đến nội lực của nhà khung bê tông cốt thép (BTCT), nghiên cứu [12] về ảnh hưởng thành phần đứng của những trận động đất mạnh đến phản ứng của công trình cách chấn đáy sử dụng gối cách chấn ma sát. Tiêu chuẩn thiết kế công trình chịu động đất TCVN 9386:2012 [13] chỉ xét đến thành phần đứng của động đất lên công trình cách chấn đáy khi đỉnh gia tốc nền theo phương đứng lớn hơn $0.25g$ (tức là 2.5 m/s^2), trong đó g là gia tốc trọng trường ($g = 9.81 \text{ m/s}^2$). Một số nghiên cứu trên thế giới [14,15] đã chỉ ra rằng bên

cạnh thành phần theo phương ngang, thành phần theo phương đứng của gia tốc nền trận động đất cũng ảnh hưởng đến phản ứng của công trình. Tuy nhiên, chưa có nghiên cứu nào ở Việt Nam khảo sát ảnh hưởng của thành phần theo phương đứng của trận động đất với đỉnh gia tốc nền nhỏ hơn $0.25g$ đến phản ứng của công trình cách chấn đáy sử dụng loại gối cách chấn đàn hồi cốt sợi.

Bài báo này khảo sát ảnh hưởng thành phần đứng của các trận động đất với đỉnh gia tốc nền nhỏ hơn $0.25g$ đến phản ứng của tòa nhà cách chấn đáy sử dụng loại gối cách chấn đàn hồi cốt sợi. Phản ứng của tòa nhà khung BTCT với kích thước và thông số vật liệu giả định chịu gia tốc nền của các động đất thực tế đã xảy ra trong quá khứ được khảo sát bằng phương pháp phân tích động theo lịch sử thời gian. Khảo sát được tiến hành trong hai trường hợp: gia tốc nền trận động đất chỉ xét đến thành phần theo phương ngang và gia tốc nền trận động đất xét đến đồng thời thành phần theo phương ngang và phương đứng. Kết quả phản ứng của tòa nhà trong hai trường hợp trên được so sánh với nhau để thấy được ảnh hưởng của thành phần theo phương đứng trận động đất đến phản ứng của tòa nhà cách chấn đáy.

2. Mô tả về công trình cách chấn đáy lựa chọn nghiên cứu

Một tòa nhà dân dụng 6 tầng kết cấu khung BTCT với các thông số về kích thước và vật liệu giả định được lựa chọn nghiên cứu. Công trình sử dụng vật liệu bê tông cấp độ bền B20, cốt thép nhóm CB-300V. Theo phương dọc, nhà có 5 khung trục A,B,C,D,E, các khung trục này cách đều nhau 4.0 m. Theo phương ngang, nhà có 4 khung trục 1,2,3,4. Kích thước mặt bằng tầng điển hình được thể hiện trong Hình 1. Chiều cao mỗi tầng đều là 3.2 m. Kích thước mặt cắt ngang của dầm ngang là $0.25 \times 0.45 \text{ m}^2$, dầm dọc là $0.25 \times 0.35 \text{ m}^2$, cột là $0.25 \times 0.35 \text{ m}^2$ và sàn dày 0.12 m.

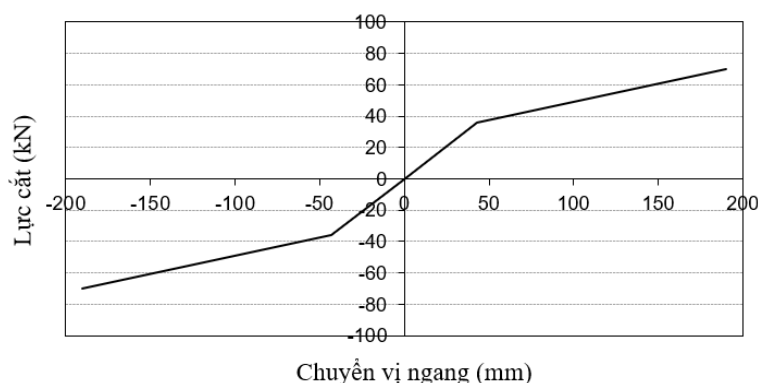


Hình 1. Mặt bằng tầng điển hình tòa nhà

Tại mỗi vị trí chân cột tầng 1, tòa nhà có đặt một gói cách chấn đàn hồi cốt sợi. Tổng cộng có 20 gói cách chấn được sử dụng trong tòa nhà. Các gói cách chấn này đều được đặt phía bên trên phần đài móng và phía bên dưới hệ dầm đỡ toàn bộ chân cột tầng 1. Ngay ở cao trình hệ dầm đỡ này, có một sàn BTCT cũng có chiều dày 0.12 m để tạo ra không gian làm việc cho tầng 1. Các gói cách chấn đàn hồi cốt sợi đều có hình khối hộp vuông cạnh $a = 360$ mm, được cấu tạo từ 24 lớp cao su xen kẽ và gắn kết với 23 lớp sợi cacbon hai hướng vuông góc ($0^\circ/90^\circ$). Mỗi lớp cao su và lớp sợi cacbon có chiều dày tương ứng là 5.0 mm và 0.55 mm. Tổng chiều dày của các lớp cao su là $t_r = 120$ mm và tổng chiều

cao của gói cách chấn là $h = 133$ mm. Hệ số hình dạng của gói cách chấn là $S = 18$.

Đặc tính cơ học của gói cách chấn được thể hiện qua ứng xử theo phương ngang và phương đứng. Ứng xử theo phương ngang của gói được xác định theo phương pháp gần đúng như trong nghiên cứu [10] và được thể hiện thông qua đường quan hệ lực cắt - chuyển vị ngang của gói trong Hình 2. Thông thường, tỷ số cản nhớt theo phương ngang của gói cách chấn đàn hồi cốt sợi thường nằm trong khoảng 6 đến 15%. Trong nghiên cứu này, tỷ số cản nhớt của gói cách chấn được lấy giả định là 8%. Cũng theo nghiên cứu [10], độ cứng theo phương đứng của gói cách chấn tính được là $K_v = 2119465$ kN/m.



Hình 2. Đường quan hệ lực cắt - chuyển vị ngang của các gói cách chấn đàn hồi cốt sợi

3. Mô hình công trình và tải trọng

Tòa nhà cách chấn đáy được mô hình không gian trong phần mềm tính toán kết cấu SAP2000 [16]. Cột và dầm được mô hình bằng phần tử thanh (frame), sàn được mô hình bằng phần tử tấm

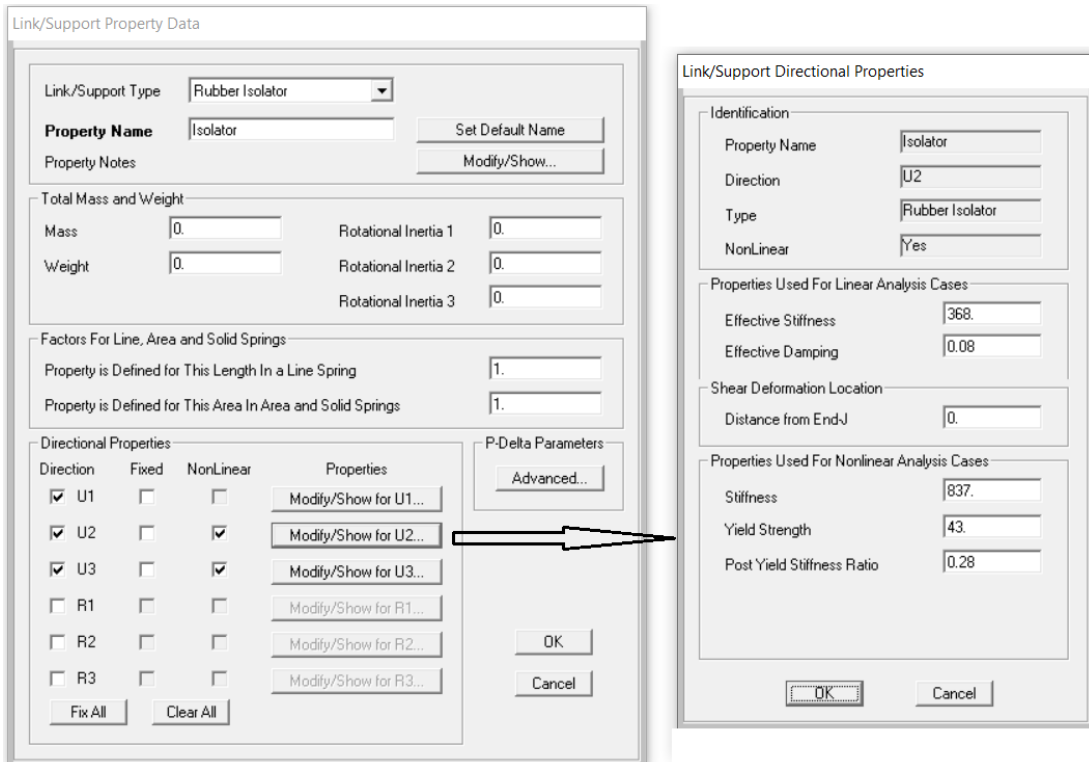
(shell). Các sàn được chia lưới phần tử và khai báo sàn tuyệt đối cứng.

Các gói cách chấn ở chân cột tầng 1 được mô hình bằng phần tử liên kết (link) loại rubber isolator (Hình 3), trong đó các đặc tính cơ học của gói về

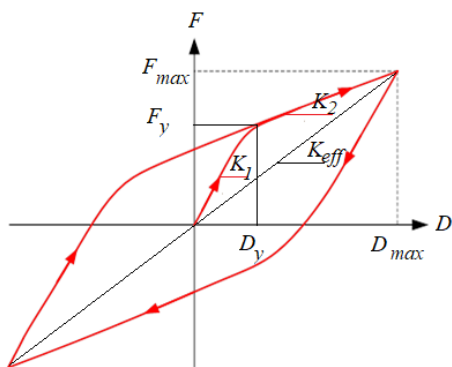
ứng xử theo hai phương ngang U2, U3 (tức là phương X và Y trong Hình 1) và phương đứng U1 (tức là phương Z) được khai báo. Các chỉ số 1,2,3 này là tọa độ địa phương của các nút đặt gối cách chẵn trong SAP2000. Ứng xử ngang U2, U3 của gối cách chẵn thể hiện trên Hình 2 được dùng để khai báo ứng xử ngang phi tuyến hai đoạn của gối cách chẵn thông qua 4 thông số: Độ cứng ngang hiệu dụng K_{eff} , độ cứng ban đầu K_1 , lực cắt ngang ở vị trí chảy F_y và tỷ số độ cứng $n = K_2/K_1$ (Hình 4). Với đường quan hệ lực cắt - chuyển vị ngang của gối cách chẵn đàn hồi cốt sợi dùng trong tòa nhà (Hình 2) thì các thông số đặc trưng cơ học của gối cách chẵn theo phương ngang dùng để khai báo như sau: $K_{eff} = 368 \text{ kN/m}$, $K_1 = 837 \text{ kN/m}$, $F_y = 43 \text{ kN}$ và $n = 0.28$. Tỷ số cản nhớt theo phương ngang của gối là 8%. Ứng xử theo phương đứng U1 của gối cách chẵn được khai báo thông qua độ cứng $K_v = 2119465 \text{ kN/m}$. Mô hình không gian tòa nhà cách chẵn đáy trong phần mềm SAP2000 được thể hiện trong Hình 5.

Tòa nhà chịu các loại tải trọng bao gồm tĩnh tải, hoạt tải sử dụng và gia tốc nền của các trận động đất thực tế đã xảy ra trong quá khứ. Phản ứng của tòa nhà chịu động đất được khảo sát trong hai trường hợp: trường hợp gia tốc nền (GTN) trận

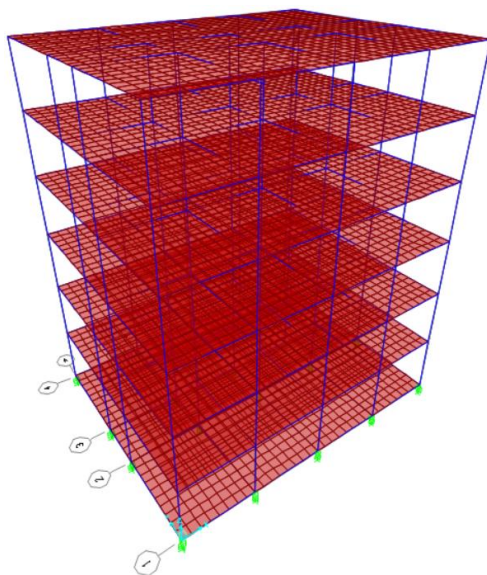
động đất chỉ xét đến thành phần theo phương ngang (TPN) - phương Y và trường hợp gia tốc nền trận động đất xét đồng thời cả thành phần theo phương ngang - phương Y và thành phần theo phương đứng (TPĐ) - phương Z. Các khảo sát trong hai trường hợp trên đều thực hiện bằng phương pháp phân tích động theo lịch sử thời gian. Ba trận động đất thực tế đã xảy ra trong quá khứ được lựa chọn đưa vào khảo sát cho tòa nhà gồm: trận động đất ở Kobe, Nhật Bản (xảy ra ngày 16/01/1995) với đỉnh gia tốc nền theo phương đứng là 0.10g, trận động đất ở New Zealand (xảy ra ngày 02/03/1987) với đỉnh gia tốc nền theo phương đứng là 0.18g và trận động đất ở Tabas, Iran (xảy ra ngày 16/09/1978) với đỉnh gia tốc nền theo phương đứng là 0.18g. Các trận động đất này có giá trị đỉnh gia tốc nền theo phương đứng tăng dần và đều nhỏ hơn 0,25g. Các băng gia tốc nền thành phần của các trận động đất này được trình bày trong Bảng 1 và được khai báo độc lập từng băng gia tốc nền trong chức năng Time History Function của phần mềm SAP2000. Giao diện khai báo trường hợp khảo sát tòa nhà chịu gia tốc nền trận động đất Kobe, Nhật Bản xét đến đồng thời cả thành phần theo phương ngang và thành phần theo phương đứng trong SAP2000 được thể hiện trong Hình 6.



Hình 3. Giao diện khai báo đặc tính cơ học của gối cách chẵn trong SAP2000



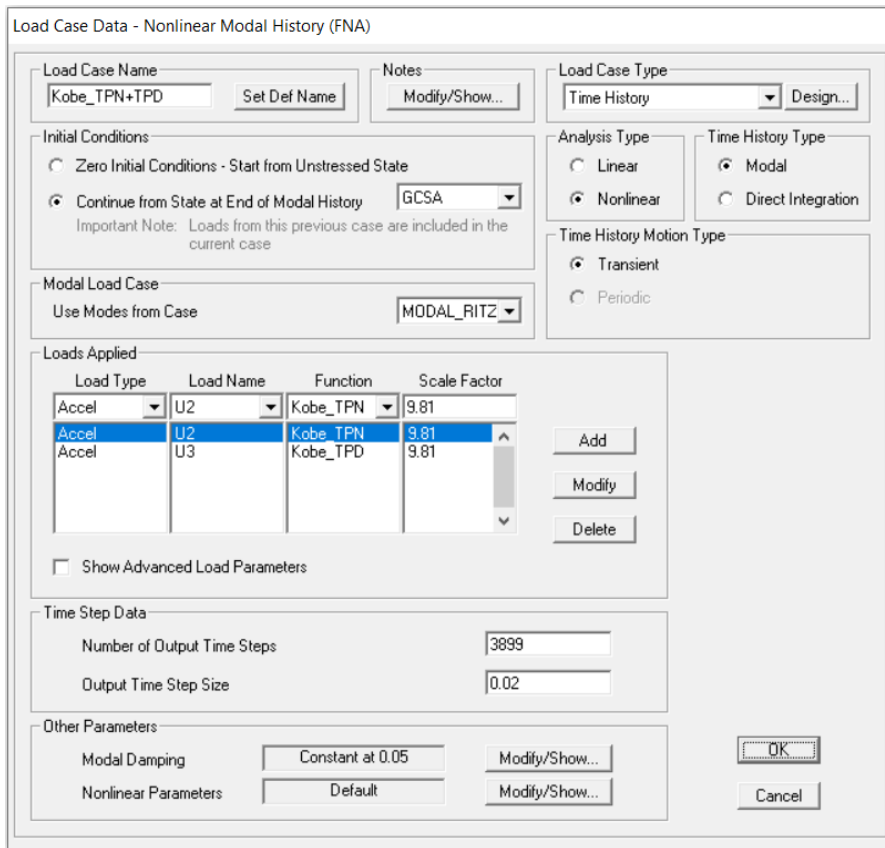
Hình 4. Các thông số đặc trưng cơ học trong ứng xử ngang của gối cách chấn



Hình 5. Mô hình tòa nhà cách chấn đáy trong phần mềm SAP2000

Bảng 1. Các băng gia tốc nền thành phần của các trận động đất đưa vào khảo sát

Động đất	Thành phần theo phương ngang	Thành phần theo phương đứng
Kobe		
New Zealand		
Tabas		



Hình 6. Giao diện khai báo trường hợp gia tốc nền trận động đất xét đến đồng thời TPN và TPD

4. Kết quả và bình luận

4.1 Phản ứng của tòa nhà cách chấn đáy theo phương ngang

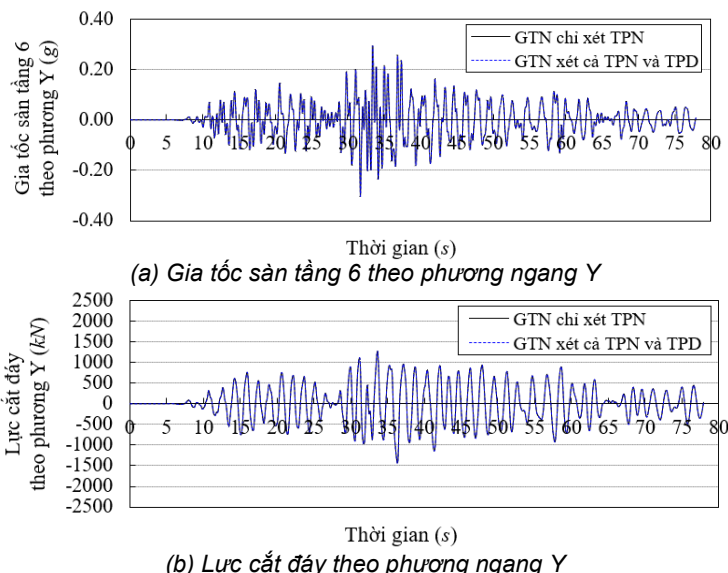
So sánh kết quả phản ứng theo phương ngang của tòa nhà cách chấn đáy chịu động đất trong hai trường hợp gia tốc nền trận động đất không và có xét đến thành phần theo phương đứng được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2. So sánh phản ứng theo phương ngang của tòa nhà cách chấn đáy chịu động đất

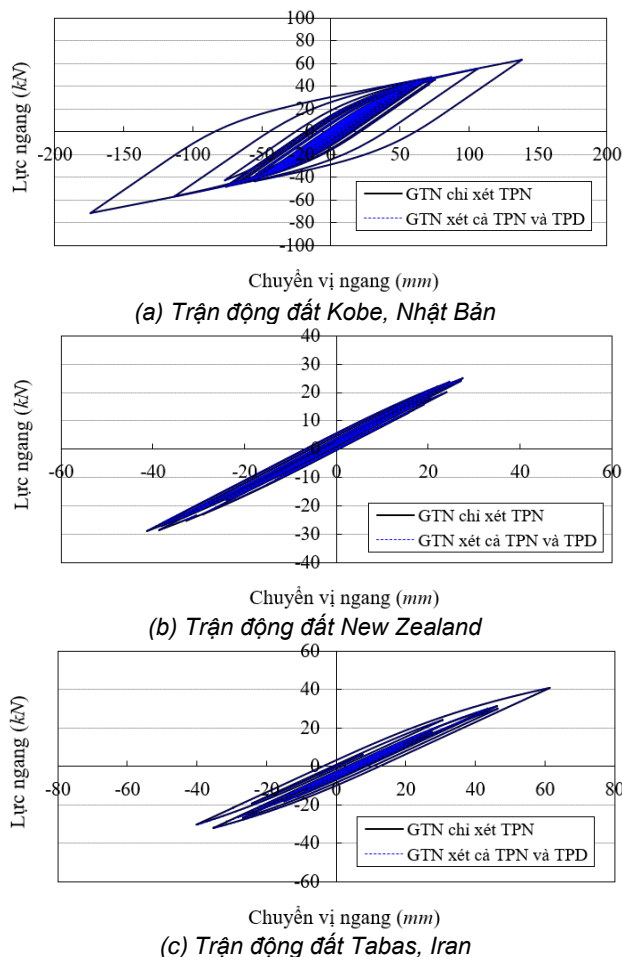
Thông số	Động đất Kobe		Động đất New Zealand		Động đất Tabas	
	GTN chỉ xét TPN	GTN xét cả TPN và TPD	GTN chỉ xét TPN	GTN xét cả TPN và TPD	GTN chỉ xét TPN	GTN xét cả TPN và TPD
Đỉnh gia tốc sàn tầng 3 theo phương Y (g)	0.156	0.156	0.102	0.102	0.093	0.093
Đỉnh gia tốc sàn tầng 6 theo phương Y (g)	0.305	0.305	0.131	0.131	0.164	0.164
Đỉnh lực cắt đáy theo phương Y (kN)	1435.48	1435.49	576.63	576.72	821.20	821.24

So sánh phản ứng gia tốc sàn tầng 6 và lực cắt đáy theo phương ngang Y trong tòa nhà chịu trận động đất Kobe được thể hiện trong Hình 7. Vòng lặp trễ theo phương ngang Y của gối cách chấn đàn hồi cốt sợi tại vị trí C2 (Hình 1) trong tòa nhà chịu các trận động đất khác nhau được thể hiện trong Hình 8. Từ Bảng 2 và các Hình 7, 8 thấy rằng phản ứng theo phương ngang của tòa

nhà trong trường hợp gia tốc nền trận động đất chỉ xét đến thành phần theo phương ngang và trường hợp gia tốc nền trận động đất xét đồng thời cả thành phần theo phương ngang và phương đứng là gần như nhau. Như vậy, thành phần đứng của gia tốc nền trận động đất không ảnh hưởng đến phản ứng theo phương ngang của tòa nhà cách chấn đáy.



Hình 7. Phản ứng theo phương ngang Y của tòa nhà chịu trận động đất Kobe



Hình 8. Vòng lặp trễ theo phương ngang Y của gối cách chấn trị chân cột C2 trong tòa nhà chịu động đất

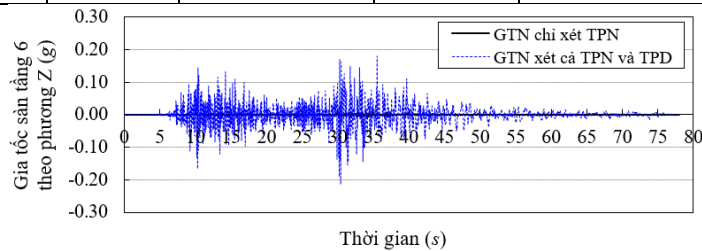
4.2 Phản ứng của tòa nhà cách chấn đáy theo phương đứng

So sánh kết quả phản ứng theo phương đứng của tòa nhà cách chấn đáy chịu động đất trong hai trường hợp không và có xét đến thành phần theo phương đứng của gia tốc nền trận động đất được thể hiện trong Bảng 3. So sánh

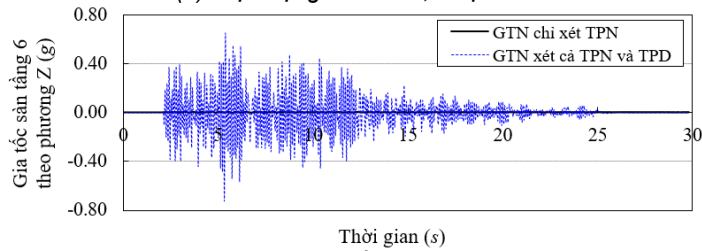
phản ứng của gia tốc sàn tầng 6 theo phương đứng Z, lực cắt đáy theo phương đứng Z và phản lực theo phương đứng tại chân cột C2 được thể hiện lần lượt trong các Hình 9-11. Phản lực theo phương đứng tại chân cột C2 cũng chính là lực dọc trục trong cột tại vị trí C2 nhưng có giá trị ngược dấu.

Bảng 3. So sánh phản ứng theo phương đứng của tòa nhà cách chấn đáy chịu động đất

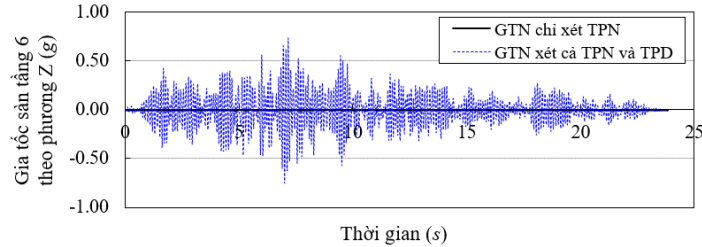
Thông số	Động đất Kobe		Động đất New Zealand		Động đất Tabas	
	GTN chỉ xét TPN	GTN xét cả TPN và TPD	GTN chỉ xét TPN	GTN xét cả TPN và TPD	GTN chỉ xét TPN	GTN xét cả TPN và TPD
Đỉnh gia tốc sàn tầng 3 theo phương Z (g)	0.004	0.170	0.002	0.543	0.002	0.577
Đỉnh gia tốc sàn tầng 6 theo phương Z (g)	0.005	0.213	0.003	0.724	0.002	0.748
Đỉnh lực cắt đáy theo phương Z (kN)	9866.47	11111.12	9866.47	13272.84	9866.47	13197.57
Giá trị nhỏ nhất của phản lực theo phương đứng tại chân cột C2 (kN)	536.93	498.78	621.64	328.36	622.87	378.51
Giá trị lớn nhất của phản lực theo phương đứng tại chân cột C2 (kN)	858.05	916.78	763.85	1040.93	794.61	1081.55



(a) Trận động đất Kobe, Nhật Bản

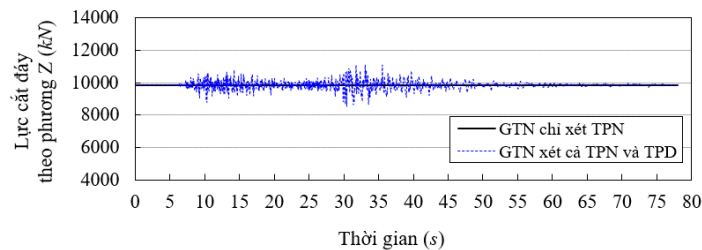


(b) Trận động đất New Zealand

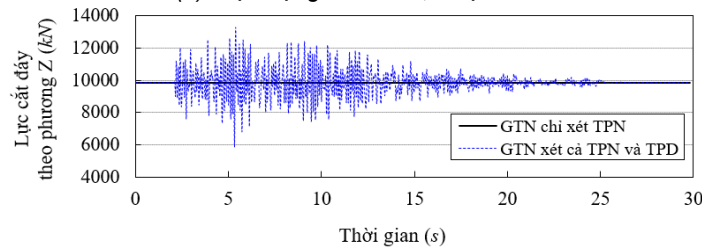


(c) Trận động đất Tabas, Iran

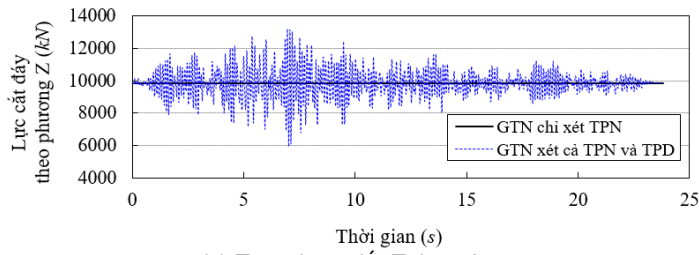
Hình 9. Gia tốc sàn tầng 6 theo phương đứng Z trong tòa nhà chịu các trận động đất khác nhau



(a) Trận động đất Kobe, Nhật Bản

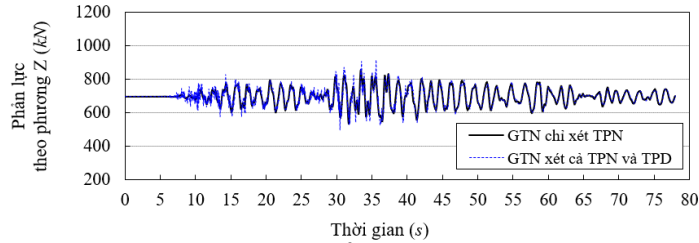


(b) Trận động đất New Zealand

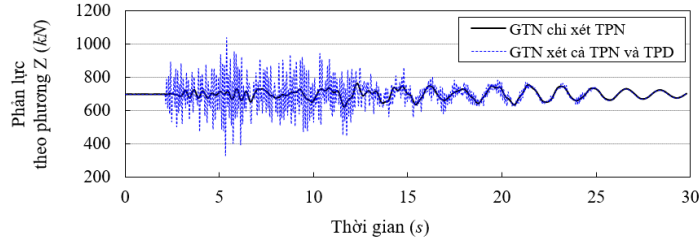


(c) Trận động đất Tabas, Iran

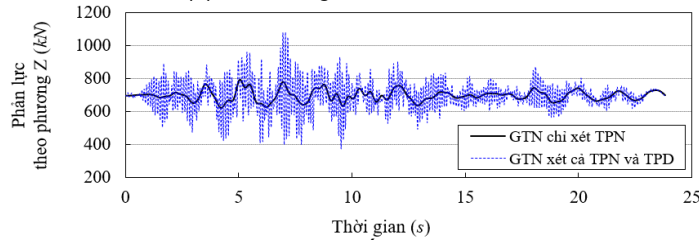
Hình 10. Lực cắt đáy theo phương đứng Z trong tòa nhà chịu các trận động đất khác nhau



(a) Trận động đất Kobe, Nhật Bản



(b) Trận động đất New Zealand



(c) Trận động đất Tabas, Iran

Hình 11. Phân lực theo phương đứng Z tại chân cột C2 trong tòa nhà chịu các trận động đất khác nhau

Từ Bảng 3 và các Hình 9,10 thấy rằng trong khi gia tốc sàn tầng 6 và lực cắt đáy theo phương đứng Z trong trường hợp động đất chỉ xét đến thành phần theo phương ngang có giá trị gần như không thay đổi (hằng số) thì gia tốc sàn tầng 6 và lực cắt đáy theo phương đứng Z trong trường hợp động đất xét đến đồng thời cả thành phần theo phương ngang và phương đứng lại có giá trị thay đổi xung quanh giá trị hằng số kể trên. Biên độ sự thay đổi này càng lớn khi giá trị đỉnh gia tốc nền theo phương đứng của trận động đất (Bảng 1) càng cao. Sự tăng lên của giá trị đỉnh gia tốc sàn tầng 6 và đỉnh lực cắt đáy theo phương đứng Z trong tòa nhà khi động đất có xét đến thành phần theo phương đứng sẽ làm tăng mức độ hư hỏng của dầm và sàn trong tòa nhà.

Từ Bảng 3 và Hình 11 thấy rằng lực dọc trục trong cột tại vị trí C2 có giá trị thay đổi cả trong trường hợp động đất chỉ xét đến thành phần theo

phương ngang và trường hợp động đất xét đến đồng thời cả thành phần theo phương ngang và phương đứng, tuy nhiên biên độ thay đổi của lực dọc (chịu nén) trong cột của trường hợp động đất xét đến đồng thời thành phần theo phương ngang và phương đứng có giá trị lớn hơn. Chẳng hạn như giá trị lớn nhất của lực dọc chân cột tại vị trí C2 tăng lần lượt 6.84%, 36.27%, 36.11% cho các trận động đất Kobe, New Zealand, Tabas tương ứng và giá trị nhỏ nhất của lực dọc chân cột tại vị trí C2 giảm lần lượt 7.10%, 47.18%, 39.23% cho các trận động đất Kobe, New Zealand, Tabas tương ứng khi động đất xét đến thành phần theo phương đứng. Sự tăng lên và giảm xuống của lực dọc chân cột này không đều, phụ thuộc vào giá trị đỉnh gia tốc nền của trận động đất theo phương đứng. Giá trị lực dọc (chịu nén) trong cột sẽ ảnh hưởng đến khả năng chịu cắt của cột. Khi giá trị lực dọc chịu nén trong cột tăng lên sẽ

làm tăng khả năng chịu tải của cột. Tuy nhiên, khi giá trị lực dọc chịu nén giảm xuống sẽ làm giảm khả năng chịu tải của cột, khi này cần tăng cường khả năng chịu tải cho cột bằng cách tăng lượng cốt đai lên. Do đó, trong tính toán thiết kế chịu tải cần quan tâm đến hiện tượng giảm lực dọc chịu nén trong cột này.

Ngoài ra, sự thay đổi giá trị lực dọc chịu nén trong chân cột sẽ ảnh hưởng đến đặc tính cơ học theo phương ngang của gối cách chấn đàn hồi cốt sợi khi làm việc. Lực dọc chịu nén chân cột chính là tải trọng theo phương đứng tác động vào gối cách chấn đáy. Đặc tính cơ học theo phương ngang của gối cách chấn đàn hồi cốt sợi sử dụng trong tòa nhà (Hình 2) dùng để khai báo trong phần mềm SAP2000 là ứng xử ngang của gối cách chấn chịu đồng thời tải trọng theo phương đứng có giá trị không đổi (giá trị thiết kế) và chuyển vị ngang. Tuy nhiên, khi tải trọng theo phương đứng tác động vào gối cách chấn thay đổi giá trị (lớn hơn hoặc nhỏ hơn giá trị thiết kế) thì đặc tính cơ học theo phương ngang của gối cách chấn đàn hồi cốt sợi (bao gồm đường quan hệ lực cắt - chuyển vị ngang, giá trị độ cứng ngang hiệu dụng và tỷ số cản nhớt) cũng sẽ thay đổi. Điều này đã được trình bày trong nghiên cứu [17].

5. Kết luận

Nghiên cứu này khảo sát ảnh hưởng của thành phần theo phương đứng của trận động đất đến phản ứng của tòa nhà cách chấn đáy giả định kết cấu khung BTCT 6 tầng sử dụng gối cách chấn đàn hồi cốt sợi. Phản ứng của tòa nhà cách chấn đáy chịu động đất được khảo sát bằng phương pháp phân tích động theo lịch sử thời gian trong trường hợp gia tốc nền trận động đất chỉ xét đến thành phần theo phương ngang và trường hợp gia tốc nền trận động đất xét đến đồng thời thành phần theo phương ngang và phương đứng. Ba trận động đất thực tế đã xảy ra trong quá khứ là trận động đất Kobe (Nhật Bản), New Zealand và Tabas (Iran) với giá trị đỉnh gia tốc nền theo phương đứng đều nhỏ hơn 0.25g được lựa chọn tác động vào tòa nhà. So sánh kết quả phản ứng của tòa nhà trong hai trường hợp trên cho thấy:

- Thành phần đứng của gia tốc nền trận động đất không ảnh hưởng đến phản ứng theo phương

ngang (gồm gia tốc sàn từng tầng, lực cắt đáy) của tòa nhà cách chấn đáy;

- Trong khi gia tốc sàn tầng 6 và lực cắt đáy theo phương đứng của tòa nhà trong trường hợp không xét đến thành phần đứng của gia tốc nền có giá trị không đổi (hằng số) thì gia tốc sàn tầng 6 và lực cắt đáy theo phương đứng của tòa nhà trong trường hợp xét đến đồng thời thành phần theo phương ngang và phương đứng có giá trị thay đổi xung quanh giá trị hằng số trên. Sự tăng giá trị đỉnh gia tốc sàn tầng 6 và lực cắt đáy theo phương đứng của tòa nhà sẽ làm tăng mức độ hư hỏng của dầm và sàn trong tòa nhà;

- Phản lực tại chân cột hay chính là lực dọc chịu nén tại chân cột có giá trị thay đổi với biên độ lớn hơn khi động đất có xét đến thành phần theo phương đứng, chẳng hạn như giá trị lực dọc lớn nhất tăng 36.27%, giá trị nội lực dọc nhỏ nhất giảm 47.18% đối với trận động đất New Zealand khi xét đến thành phần theo phương đứng của gia tốc nền. Giá trị lực dọc chịu nén tại chân cột thay đổi sẽ ảnh hưởng đến khả năng chịu tải của cột và đặc tính cơ học theo phương ngang của gối cách chấn đàn hồi cốt sợi;

- Sự thay đổi giá trị gia tốc sàn tầng 6, lực cắt đáy và phản lực tại chân cột theo phương đứng với biên độ càng lớn khi đỉnh gia tốc nền theo phương đứng của trận động đất càng cao.

Với những kết quả kể trên, rõ ràng rằng thành phần đứng của trận động đất có ảnh hưởng đến phản ứng của tòa nhà cách chấn đáy ngay cả khi đỉnh gia tốc nền theo phương đứng có giá trị nhỏ hơn 0.25g. Từ kết quả nghiên cứu này, kiến nghị các nhà thiết kế xem xét đến thành phần theo phương đứng của trận động đất ngay cả khi giá trị đỉnh gia tốc nền theo phương đứng nhỏ hơn 0.25g khi thiết kế tòa nhà cách chấn đáy.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Lê Ninh (2013). *Động đất và thiết kế công trình chịu động đất*. Nhà Xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
- [2] Đinh Văn Thuật (2011). *Tạo băng gia tốc nền từ phổ phản ứng gia tốc đàn hồi sử dụng chuỗi Fourier*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, tập 5(2), tr. 3-14.
- [3] Nguyễn Anh Dũng, Nguyễn Vĩnh Sáng, Nguyễn Ngọc Thắng (2022). *Đánh giá khả năng chịu động đất của*

- khung bê tông cốt thép theo phương pháp hệ số chuyển vị.* Tạp chí Khoa học Kiến trúc - Xây dựng, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội, số 45, tr 43-47.
- [4] Nguyễn Vinh Sáng, Nguyễn Anh Dũng, Nguyễn Ngọc Thắng (2022). *Đánh giá khả năng chịu động đất của khung bê tông cốt thép theo phương pháp phổ khả năng.* Tạp chí Vật liệu và Xây dựng, tập 12(1), tr. 71-77.
- [5] Nguyen, X.D., Nguyen, V.T. (2022). *A proposed method for selecting and scaling recorded seismic accelerations according to TCVN-9386:2012.* Journal of Science and Technology in Civil Engineering, HUCE, Vol. 16(1), pp. 100-112.
- [6] Ngô Văn Thuyết (2023). *Ảnh hưởng của các đặc trưng của chuyển động nền trận động đất đến phản ứng của công trình.* Tạp chí khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, Trường Đại học Thủy lợi, số 86, tr. 45-52.
- [7] Ngô Văn Thuyết (2018). *Ảnh hưởng của hệ số hình dạng đến ứng xử ngang của gối cách chấn đàn hồi composite FREI vuông chịu tải trọng vòng lặp.* Tạp chí Khoa học công nghệ xây dựng, Viện KHCN Xây dựng, Bộ Xây dựng, số 1,2/2018, tr. 16-21.
- [8] Ngô Văn Thuyết (2018). *Nghiên cứu ứng xử ngang của nguyên mẫu gối cách chấn đàn hồi cốt sợi không liên kết.* Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, tập 12(6), tr. 39-48.
- [9] Vũ Quang Việt, Ngô Văn Thuyết (2020). *Ứng xử ngang của gối cách chấn đàn hồi cốt sợi không liên kết hình khối hộp chịu chuyển vị lớn.* Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, tập 14(1V), tr. 81-92.
- [10] Ngô Văn Thuyết (2022). *Khảo sát đường quan hệ lực cắt - chuyển vị ngang của gối cách chấn đàn hồi cốt sợi trong công trình cách chấn đáy chịu động đất.* Tạp chí Khoa học công nghệ xây dựng, Viện KHCN Xây dựng, Bộ Xây dựng, tập 198, tr. 11-17.
- [11] Ha, V.L, Nguyen, V.T., Nguyen, X.D., Nguyen, H. (2024). *Vertical ground motion effects on the internal forces in reinforced concrete structures.* Journal of Science and Technique - Section on Special Construction Engineering, Vol. 7(2), pp. 121-137.
- [12] Nguyễn Văn Nam, Hoàng Phương Hoa, Phạm Duy Hòa (2016). *Ảnh hưởng thành phần đứng của những trận động đất mạnh đến phản ứng của kết cấu cách chấn bằng gối TFP.* Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng, tập 1(98), tr. 46-49.
- [13] TCVN 9386:2012. *Tiêu chuẩn thiết kế công trình chịu động đất,* Hà Nội, Việt Nam.
- [14] Papazoglou, A.J., Elnashai, S. (1996). *Analytical and field evidence of the damaging effect of vertical earthquake ground motion.* Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 25, pp. 1109-1137.
- [15] Ambraseys, N.N., Douglas, J. (2003). *Effect of vertical ground motions on horizontal response of structures.* International Journal of Structural Stability and Dynamics, Vol. 3(2), pp. 227-265.
- [16] SAP2000 v.15 (2014), *CSI Analysis Reference Manual,* Computers and Structures Inc., Berkeley, California, USA.
- [17] Ngo, V.T. (2021). *Influence of vertical load on the horizontal response of prototype un-bonded fiber reinforced elastomeric isolator.* Structural Integrity and Life, Vol. 21(3), pp. 229-237.