

**ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC ĐẶC TRƯNG CỦA CHUYỂN ĐỘNG NỀN
TRẬN ĐỘNG ĐẤT ĐẾN PHẢN ỨNG CỦA CÔNG TRÌNH**

Ngô Văn Thuyết¹

Tóm tắt: Động đất là một hiện tượng dao động rất mạnh của nền đất xảy ra khi một nguồn năng lượng lớn được giải phóng trong thời gian rất ngắn. Động đất có thể gây ra nhiều hư hỏng cho các công trình xây dựng phụ thuộc vào sức mạnh của nó. Các đặc trưng của chuyển động nền trận động đất là giá trị đỉnh gia tốc nền, tổng thời gian dao động và nội dung tần số. Trong nghiên cứu này, ảnh hưởng của các đặc trưng của chuyển động nền trận động đất đến phản ứng của một công trình dân dụng nhà khung bê tông cốt thép 5 tầng được khảo sát bằng phân tích mô hình số. Kết quả cho thấy phản ứng của công trình càng lớn khi đỉnh gia tốc nền càng lớn, bước thời gian và tổng thời gian dao động của chuyển động nền càng dài.

Từ khóa: Động đất, chuyển động nền, đỉnh gia tốc nền, thời gian dao động, nội dung tần số.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Động đất là hiện tượng dao động rất mạnh của nền đất, xảy ra khi một nguồn năng lượng lớn được giải phóng trong thời gian rất ngắn do sự rạn nứt đột ngột trong phần vỏ trái đất. Khi động đất xảy ra, chuyển động của bất kỳ hạt vật chất nào trong nền đất đều theo một quỹ đạo phức tạp ba chiều với gia tốc, vận tốc và chuyển vị. Chuyển động nền đất này được đo và ghi lại dưới dạng các đồ thị bằng một loại địa chấn kế có biên độ lớn. Trong các đồ thị nêu trên, đồ thị gia tốc biến thiên theo thời gian của chuyển động nền đất (gọi tắt là đồ thị gia tốc nền) thường được sử dụng để biểu thị trận động đất. Chuyển động nền đất là khá phức tạp và không đồng đều, chuyển động nền đất trong các trận động đất khác nhau là khác nhau. Theo (Chopra, 2007), các đặc trưng của chuyển động nền trận động đất có ý nghĩa quan trọng trong thiết kế kháng chấn công trình là giá trị đỉnh gia tốc nền, tổng thời gian tác động của trận động đất và nội dung tần số (liên quan trực tiếp đến bước thời gian dao động).

Việt Nam là quốc gia thi thoảng xảy ra động đất ở một số vùng (miền Bắc, miền Trung, v.v.) và chịu ảnh hưởng của một số trận động đất ở các quốc gia lân cận. Động đất có thể gây ra hư hỏng

cho công trình xây dựng và mức độ hư hỏng này phụ thuộc vào sức mạnh của trận động đất. Theo (Nguyễn Lê Ninh, 2013), sức mạnh của trận động đất thường được đánh giá thông qua thang độ lớn hoặc thang cường độ động đất. Việt Nam đã ban hành Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 9386:2012 (tiền thân là tiêu chuẩn TCXDVN 375:2006) để qui định về thiết kế công trình chịu động đất. Một số nghiên cứu đã sử dụng tiêu chuẩn này để tính toán công trình chịu động đất như nghiên cứu của (Đình Văn Thuật, 2011) đề xuất một phương pháp sử dụng kỹ thuật biến đổi chuỗi gần đúng Fourier để tạo giả các băng gia tốc nền có biên độ phổ phản ứng gia tốc đàn hồi sát với phổ phản ứng gia tốc qui định trong tiêu chuẩn thiết kế; nghiên cứu của (Võ Minh Quang và cs, 2021) đã sử dụng qui định trong tiêu chuẩn để thiết kế khung bê tông cốt thép (BTCT) có cấp độ dẻo thấp và trung bình; nghiên cứu của (Nguyen X.D. và Nguyen V.T., 2022) đề xuất qui trình lựa chọn và chia tỷ lệ gia tốc địa chấn ghi được theo yêu cầu của tiêu chuẩn thiết kế; v.v. Một số nghiên cứu khảo sát, đánh giá về khả năng chịu động đất của nhà khung BTCT theo các phương pháp khác nhau (phương pháp phổ khả năng và phương pháp hệ số chuyển vị) đã được thực hiện gần đây (Nguyễn Vĩnh Sáng và cs, 2022), (Nguyễn Anh Dũng và cs, 2022).

Khi khảo sát công trình dân dụng chịu động

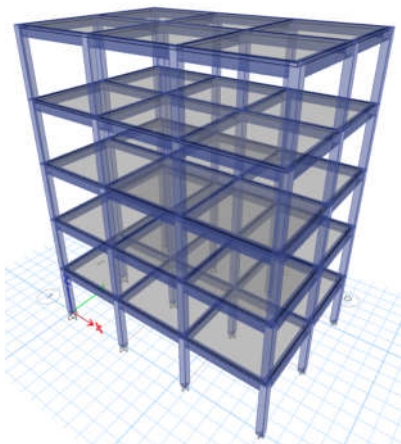
¹ Bộ môn Kết cấu công trình, Trường Đại học Thủy lợi

đất, sự hư hỏng của công trình thường được đánh giá thông qua gia tốc sàn và chuyển vị tương đối tầng tầng (Calvi, 1999). Phản ứng của nhà khung BTCT chịu chuyển động nền của các trận động đất đã được một số nghiên cứu khảo sát bằng phân tích động theo thời gian như (Ngô Văn Thuyết và Nguyễn Văn Thắng, 2018), (Nguyễn Anh Dũng và Dương Nhật Trung, 2020), (Ngô Văn Thuyết, 2022), v.v. Các nghiên cứu này, đặc biệt là nghiên cứu của (Nguyễn Anh Dũng và Dương Nhật Trung, 2020) đã xét đến ảnh hưởng của các dạng băng gia tốc nền (hai băng gia tốc với giá trị đỉnh gia tốc nền khác nhau nhưng có cùng tổng thời gian tác động) đến phản ứng của nhà khung BTCT, từ đó đánh giá được ảnh hưởng của giá trị đỉnh gia tốc nền trận động đất đến phản ứng của công trình. Như đã đề cập ở trên, đặc trưng của chuyển động nền trận động đất bao gồm ba yếu tố: Giá trị đỉnh gia tốc nền, tổng thời gian tác động và nội dung tần số. Tuy nhiên, có rất ít nghiên cứu khảo sát ảnh hưởng của các đặc trưng của chuyển động nền trận động đất như tổng thời gian tác động và nội dung tần số đến phản ứng của công trình.

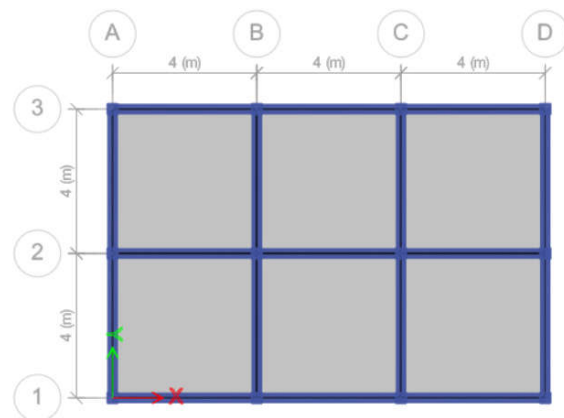
Bài báo này trình bày ảnh hưởng của các đặc trưng của chuyển động nền trận động đất (gồm ba yếu tố: giá trị đỉnh gia tốc nền, tổng thời gian tác động và nội dung tần số) tới phản ứng của nhà khung BTCT. Phân tích động theo thời gian để khảo sát phản ứng của công trình chịu một số trận động đất thực tế đã xảy ra trong quá khứ với các đặc trưng của chuyển động nền khác nhau được thực hiện. Từ đó, ảnh hưởng của các đặc trưng của chuyển động nền trận động đất đến phản ứng của công trình được phân tích.

2. MÔ TẢ VỀ CÔNG TRÌNH LỰA CHỌN NGHIÊN CỨU

Một công trình nhà dân dụng 5 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 B15, cốt thép nhóm CII. Kích thước mặt cắt ngang dầm là $0,25 \times 0,40 \text{ m}^2$, cột là $0,30 \times 0,30 \text{ m}^2$ và sàn dày 0,12 m. Chiều cao mỗi tầng là 3,0 m. Tường 110 xây bao xung quanh nằm trên các dầm biên được giả thiết chỉ có tính chất bao che, không tham gia chịu lực. Hình ảnh công trình và mặt bằng tầng điển hình được thể hiện trong Hình 1.



a) Hình ảnh công trình



b) Mặt bằng tầng điển hình

Hình 1. Nhà 5 tầng kết cấu khung BTCT

3. MÔ HÌNH CÔNG TRÌNH VÀ TẢI TRỌNG

Công trình được mô hình không gian 3D bằng phần mềm SAP2000. v.15.

3.1. Mô hình công trình

Các cột và dầm của công trình được mô hình bằng phần tử thanh, các sàn được mô hình bằng phần tử tấm. Sàn các tầng được khai báo sàn

tuyệt đối cứng. Trọng lượng tường bao 110 được quy đổi thành tải trọng phân phối đều lên các dầm biên, là một phần của tĩnh tải. Tại chân các cột ở tầng 1 được gán liên kết ngàm cố định.

3.2. Băng gia tốc nền của các trận động đất

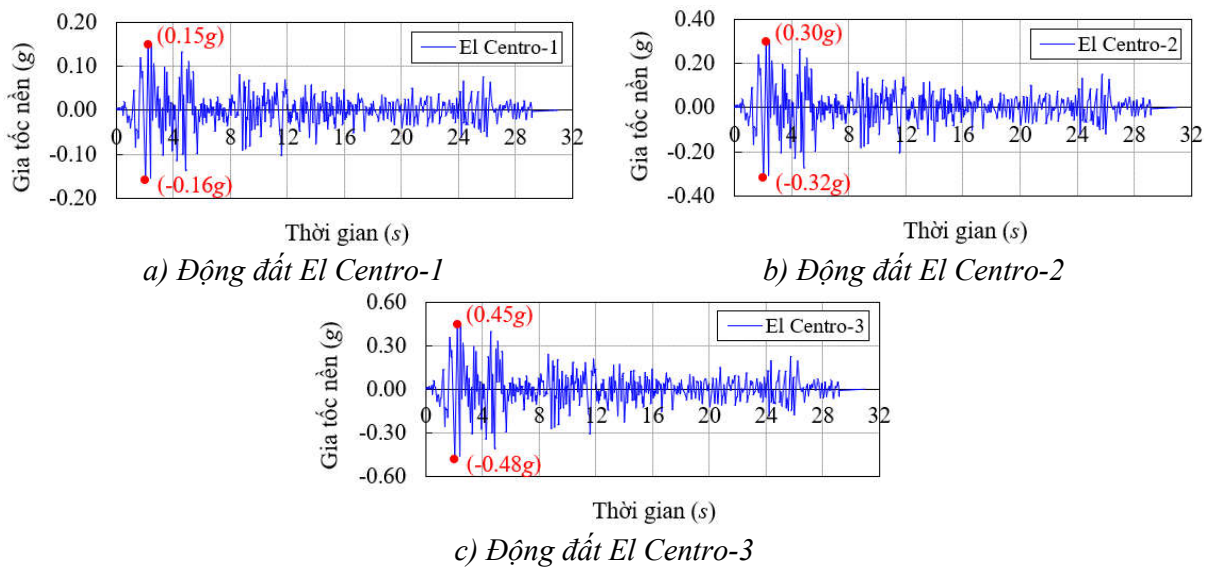
Khảo sát phản ứng của công trình chịu một số

trận động đất thực tế đã xảy ra trong quá khứ với các đặc trưng chuyển động nền khác nhau được thực hiện bằng phân tích động theo thời gian với ba trường hợp dưới đây. Giới hạn phạm vi của nghiên cứu này mới chỉ xét tới các trận động đất thông thường đã xảy ra trên thế giới có tổng thời gian dao động nhỏ hơn 80,00s, chưa xét đến các trận động đất có tổng thời gian tác động dài vượt trội.

Trường hợp 1: Khảo sát ảnh hưởng của giá trị đỉnh gia tốc nền của trận động đất đến phản ứng của công trình

Công trình chịu gia tốc nền của các trận động đất với tổng thời gian và bước thời gian dao động

như nhau nhưng giá trị đỉnh gia tốc nền khác nhau để khảo sát ảnh hưởng của giá trị đỉnh gia tốc nền trên trận động đất tới phản ứng của công trình. Trận động đất được lựa chọn nghiên cứu là El Centro, Hoa Kỳ (xảy ra ngày 18/05/1940) với tổng thời gian dao động $T = 31,00s$, bước thời gian dao động $\Delta t = 0,02s$ được giữ nguyên so với dữ liệu gốc nhưng giá trị gia tốc được thay đổi: thu nhỏ 50%, giữ nguyên 100% và khuếch đại 150% so với dữ liệu gốc. Gọi tắt các trận động đất này lần lượt là El Centro-1, 2 và 3 (Hình 2) với giá trị đỉnh gia tốc nền lần lượt là 0,16g, 0,32g và 0,48g, trong đó g là gia tốc trọng trường ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$).



Hình 2. Gia tốc nền của các trận động đất trong trường hợp 1

Trường hợp 2: Khảo sát ảnh hưởng của tổng thời gian dao động của trận động đất đến phản ứng của công trình

Công trình chịu gia tốc nền của các trận động đất có giá trị đỉnh gia tốc nền và bước thời gian dao động là tương tự nhau nhưng khác nhau về tổng thời gian dao động để khảo sát ảnh hưởng của tổng thời gian dao động đất đến phản ứng của công trình. Ba băng gia tốc nền của các trận động đất được lựa chọn nghiên cứu là: trận động đất Tabas, Iran (xảy ra ngày 16/09/1978) với đỉnh gia tốc nền là 0,33g, bước thời gian dao động $\Delta t = 0,02s$, tổng thời gian dao động là $T = 23,82s$; trận động đất El Centro, Hoa Kỳ (xảy ra ngày 18/05/1940) với đỉnh gia tốc nền là 0,32g, bước thời gian dao động $\Delta t = 0,02s$, tổng thời gian dao

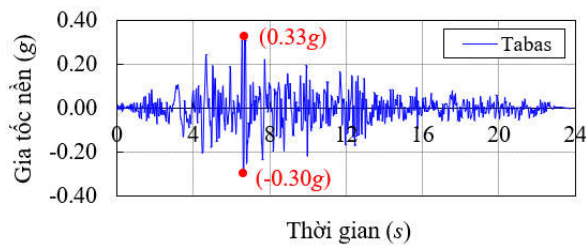
động $T = 31,00s$ và trận động đất Kobe, Nhật Bản (xảy ra ngày 16/01/1995) với đỉnh gia tốc nền là 0,33g, bước thời gian dao động $\Delta t = 0,02s$, tổng thời gian dao động $T = 77,98s$. Các băng gia tốc nền của các trận động đất này được thể hiện trong Hình 3.

Trường hợp 3: Khảo sát ảnh hưởng của bước thời gian và tổng thời gian dao động của trận động đất đến phản ứng của công trình

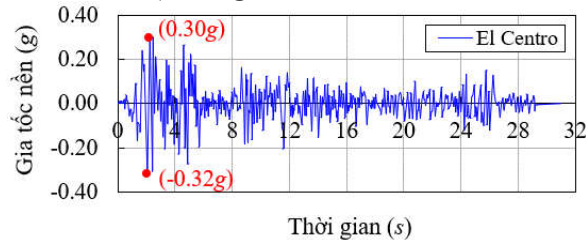
Công trình chịu gia tốc nền của các trận động đất với giá trị đỉnh gia tốc nền như nhau nhưng bước thời gian và tổng thời gian dao động khác nhau để khảo sát ảnh hưởng của bước thời gian và tổng thời gian dao động đến phản ứng của công trình. Trận động đất được lựa chọn nghiên cứu là El Centro, Hoa Kỳ (xảy ra ngày 18/05/1940) với

giá trị đỉnh gia tốc nền được giữ nguyên so với dữ liệu gốc là 0,32g nhưng bước thời gian dao động thay đổi so với dữ liệu gốc: $\Delta t = 0,01s, 0,02s$ và

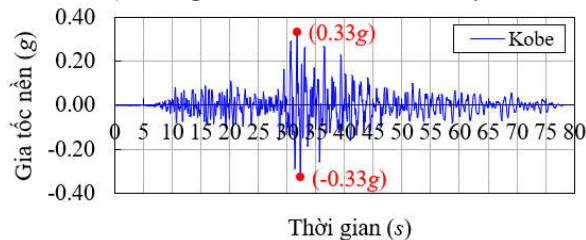
0,03s, kéo theo tổng thời gian dao động của trận động đất cũng thay đổi theo. Gọi tắt các trận động đất này lần lượt là El Centro-4, 5 và 6 (Hình 4).



a) Động đất Tabas, Iran

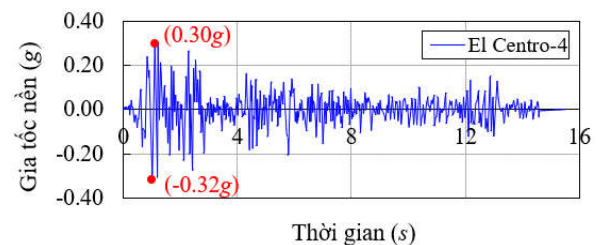


b) Động đất El Centro, Hoa Kỳ

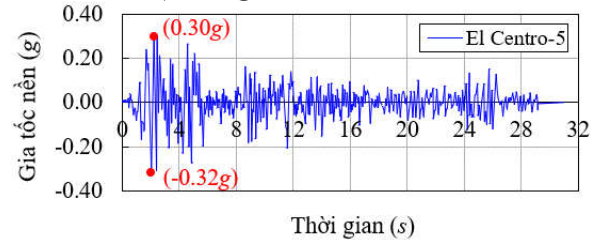


c) Động đất Kobe, Nhật Bản

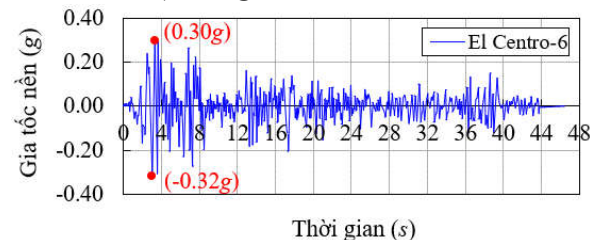
Hình 3. Gia tốc nền của các trận động đất trong trường hợp 2



a) Động đất El Centro-4



b) Động đất El Centro-5



c) Động đất El Centro-6

Hình 4. Gia tốc nền của các trận động đất trong trường hợp 3

4. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH VÀ BÌNH LUẬN

Phân tích động theo thời gian công trình chịu gia tốc nền của các trận động đất được khảo sát theo phương yếu hơn - phương Y của công trình (Hình 1b). Phản ứng của công trình chịu các trận động đất được so sánh với nhau thông qua các giá trị đỉnh gia tốc sàn từng tầng và đỉnh chuyển vị tương đối từng tầng. Kết quả phân tích cho 3 trường hợp cụ thể như sau:

4.1. Trường hợp 1

So sánh phản ứng của công trình chịu gia tốc nền của các trận động đất El Centro-1, 2 và 3 được cho trong Bảng 1. Kết quả cho thấy khi công trình chịu

động đất có giá trị đỉnh gia tốc nền tăng từ 0,16g lên 0,32g và 0,48g (tức là tăng lên 200% và 300% tương ứng) thì giá trị đỉnh gia tốc sàn tầng 5 (tầng có giá trị gia tốc sàn lớn nhất) tăng từ 0,37g lên 0,75g (tăng 202,7%) và 1,12g (tăng 302,7%) tương ứng; giá trị đỉnh chuyển vị tương đối tầng 2 (tầng có giá trị chuyển vị tương đối lớn nhất) cũng tăng từ 21,17 mm lên 42,34 mm (tăng 200%) và 63,51 mm (tăng 300%) tương ứng. Như vậy, phản ứng của công trình tăng lên khi giá trị đỉnh gia tốc nền của trận động đất tăng lên. Điều này cũng tương đồng với kết luận trong nghiên cứu của (Nguyễn Anh Dũng và Dương Nhật Trung, 2020).

Bảng 1. So sánh phản ứng của công trình chịu các trận động đất trong trường hợp 1

| Thông số | El Centro-1 | El Centro-2 | El Centro-3 |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Đỉnh gia tốc nền (g) | 0,16 | 0,32 | 0,48 |
| Đỉnh gia tốc sàn tầng 1 (g) | 0,18 | 0,37 | 0,55 |

| Thông số | El Centro-1 | El Centro-2 | El Centro-3 |
|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Đỉnh gia tốc sàn tầng 2 (g) | 0,25 | 0,50 | 0,75 |
| Đỉnh gia tốc sàn tầng 3 (g) | 0,25 | 0,51 | 0,76 |
| Đỉnh gia tốc sàn tầng 4 (g) | 0,32 | 0,65 | 0,97 |
| Đỉnh gia tốc sàn tầng 5 (g) | 0,37 | 0,75 | 1,12 |
| Đỉnh chuyển vị tương đối tầng 1 (mm) | 17,80 | 35,60 | 53,40 |
| Đỉnh chuyển vị tương đối tầng 2 (mm) | 21,17 | 42,34 | 63,51 |
| Đỉnh chuyển vị tương đối tầng 3 (mm) | 17,44 | 34,90 | 52,34 |
| Đỉnh chuyển vị tương đối tầng 4 (mm) | 12,57 | 25,15 | 37,72 |
| Đỉnh chuyển vị tương đối tầng 5 (mm) | 6,60 | 13,21 | 19,80 |

4.2. Trường hợp 2

So sánh phản ứng của công trình chịu gia tốc

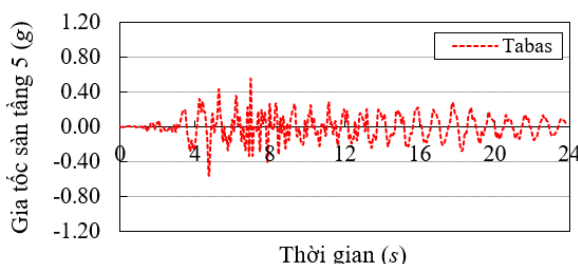
nền của các trận động đất Tabas, El Centro và Kobe được cho trong Bảng 2.

Bảng 2. So sánh phản ứng của công trình chịu các trận động đất trong trường hợp 2

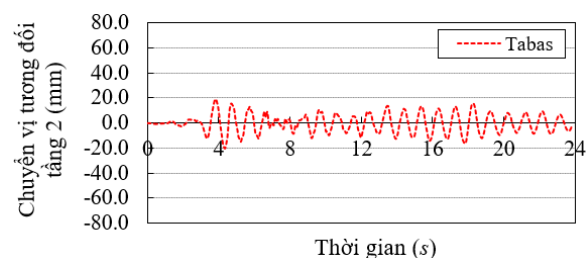
| Thông số | Tabas | El Centro | Kobe |
|--------------------------------------|-------|-----------|-------|
| Đỉnh gia tốc nền (g) | 0,33 | 0,32 | 0,33 |
| Đỉnh gia tốc sàn tầng 1 (g) | 0,39 | 0,37 | 0,47 |
| Đỉnh gia tốc sàn tầng 2 (g) | 0,31 | 0,50 | 0,68 |
| Đỉnh gia tốc sàn tầng 3 (g) | 0,34 | 0,51 | 0,85 |
| Đỉnh gia tốc sàn tầng 4 (g) | 0,36 | 0,65 | 1,03 |
| Đỉnh gia tốc sàn tầng 5 (g) | 0,56 | 0,75 | 1,11 |
| Đỉnh chuyển vị tương đối tầng 1 (mm) | 17,09 | 35,60 | 60,16 |
| Đỉnh chuyển vị tương đối tầng 2 (mm) | 20,08 | 42,34 | 73,48 |
| Đỉnh chuyển vị tương đối tầng 3 (mm) | 17,47 | 34,90 | 62,43 |
| Đỉnh chuyển vị tương đối tầng 4 (mm) | 15,54 | 25,15 | 43,51 |
| Đỉnh chuyển vị tương đối tầng 5 (mm) | 9,34 | 13,21 | 21,03 |

Từ Bảng 2 thấy rằng mặc dù các trận động đất Tabas, El Centro và Kobe có cùng giá trị đỉnh gia tốc nền và bước thời gian dao động nhưng phản ứng của công trình với từng trận động đất là khác nhau. Khi tổng thời gian dao động của các trận động đất Tabas, El Centro và Kobe tăng lên lần lượt là $T = 23,82s$, $31,00s$ và $77,98s$ thì giá trị đỉnh gia tốc sàn tầng 5 tăng lần lượt từ $0,56g$ lên $0,75g$ (tăng $133,9\%$) và $1,11g$ (tăng $198,2\%$); giá trị đỉnh chuyển

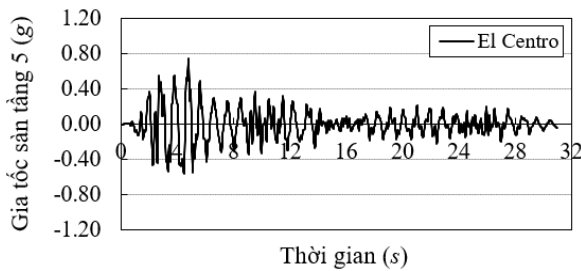
vị tương đối tầng 2 cũng tăng lần lượt từ $20,08$ mm lên $42,34$ mm (tăng $210,9\%$) và $73,48$ mm (tăng $365,9\%$). Phản ứng gia tốc sàn tầng 5 và chuyển vị tương đối tầng 2 của công trình chịu gia tốc nền của các trận động đất Tabas, El Centro và Kobe được thể hiện trong các Hình 5 và 6. Như vậy, phản ứng của công trình chịu động đất không những phụ thuộc vào giá trị đỉnh của gia tốc nền mà còn phụ thuộc vào tổng thời gian dao động của trận động đất.



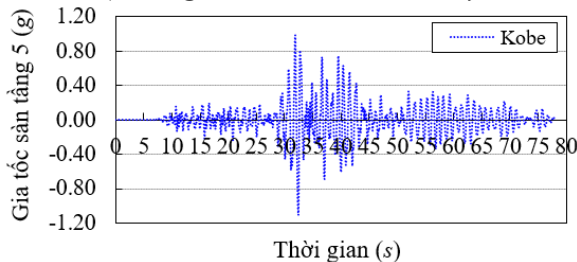
a) Động đất Tabas, Iran



a) Động đất Tabas, Iran

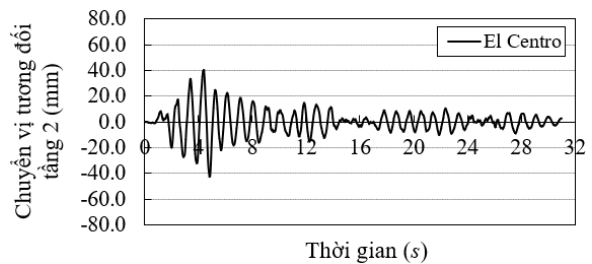


b) Động đất El Centro, Hoa Kỳ

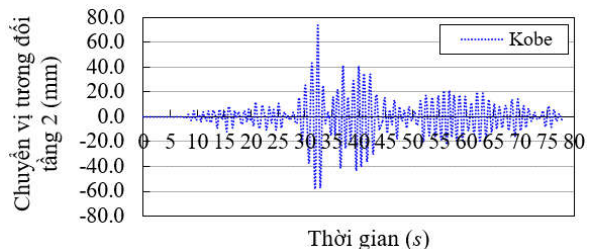


c) Động đất Kobe, Nhật Bản

Hình 5. Gia tốc sàn tầng 5 của công trình chịu các trận động đất trong trường hợp 2



b) Động đất El Centro, Hoa Kỳ



c) Động đất Kobe, Nhật Bản

Hình 6. Chuyển vị tương đối tầng 2 của công trình chịu các trận động đất trong trường hợp 2

4.3. Trường hợp 3

So sánh phản ứng của công trình chịu gia tốc nền của các trận động đất El Centro-4, 5 và 6 được cho trong Bảng 3. Kết quả cho thấy khi công trình chịu các trận động đất có cùng giá trị đỉnh gia tốc nền (0,32g) nhưng bước thời gian dao động tăng lần lượt là $\Delta t = 0,01s, 0,02s$ và $0,03s$, kéo theo tổng thời gian dao động cũng tăng lên lần lượt là $T = 15,50s, 31,00s$ và $46,50s$ thì giá trị đỉnh

gia tốc sàn tầng 5 tăng lần lượt từ 0,42g lên 0,75g (tăng 178,6%) và 0,98g (tăng 233,3%); giá trị đỉnh chuyển vị tương đối tầng 2 cũng tăng lần lượt từ 11,98 mm lên 42,34 mm (tăng 353,4%) và 55,58 mm (tăng 463,9%). Theo (Chopra, 2007), bước thời gian dao động liên quan trực tiếp đến nội dung tần số của trận động đất. Như vậy, nội dung tần số và tổng thời gian dao động của trận động đất càng lớn thì phản ứng của công trình càng lớn.

Bảng 3. So sánh phản ứng của công trình chịu các trận động đất trong trường hợp 3

| Thông số | El Centro-4 | El Centro-5 | El Centro-6 |
|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Đỉnh gia tốc nền (g) | 0,32 | 0,32 | 0,32 |
| Đỉnh gia tốc sàn tầng 1 (g) | 0,29 | 0,37 | 0,47 |
| Đỉnh gia tốc sàn tầng 2 (g) | 0,30 | 0,50 | 0,66 |
| Đỉnh gia tốc sàn tầng 3 (g) | 0,34 | 0,51 | 0,74 |
| Đỉnh gia tốc sàn tầng 4 (g) | 0,36 | 0,65 | 0,82 |
| Đỉnh gia tốc sàn tầng 5 (g) | 0,42 | 0,75 | 0,98 |
| Đỉnh chuyển vị tương đối tầng 1 (mm) | 10,95 | 35,60 | 43,01 |
| Đỉnh chuyển vị tương đối tầng 2 (mm) | 11,98 | 42,34 | 55,58 |
| Đỉnh chuyển vị tương đối tầng 3 (mm) | 12,91 | 34,90 | 49,14 |
| Đỉnh chuyển vị tương đối tầng 4 (mm) | 12,45 | 25,15 | 35,73 |
| Đỉnh chuyển vị tương đối tầng 5 (mm) | 7,16 | 13,21 | 17,87 |

Từ các phân tích trên thấy rằng phản ứng của công trình chịu động đất không chỉ phụ thuộc vào giá trị đỉnh gia tốc nền mà còn phụ thuộc vào tổng

thời gian và bước thời gian dao động của chuyển động nền trận động đất. Do vậy, trong thiết kế công trình chịu động đất, các kỹ sư, nhà tư vấn

thiết kế cần khảo sát công trình chịu nhiều dạng băng gia tốc của các trận động đất đã xảy ra trong quá khứ tại khu vực xây dựng công trình có xét đến ảnh hưởng của cả giá trị đỉnh gia tốc nền, tổng thời gian và bước thời gian dao động của các trận động đất.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này trình bày ảnh hưởng của các đặc trưng của chuyển động nền trận động đất tới phản ứng của công trình dân dụng bằng phân tích mô hình số sử dụng phần mềm SAP2000. Công trình nhà khung BTCT 5 tầng chịu các băng gia tốc nền của các trận động đất thực tế đã xảy ra trong quá khứ được khảo sát trong 3 trường hợp: Trường hợp 1 - các trận động đất có tổng thời gian

và bước thời gian dao động như nhau nhưng khác nhau về giá trị đỉnh gia tốc nền, trường hợp 2 - các trận động đất có giá trị đỉnh gia tốc nền và bước thời gian dao động tương tự nhau nhưng khác nhau về tổng thời gian dao động và trường hợp 3 - các trận động đất có giá trị đỉnh gia tốc nền như nhau nhưng khác nhau về bước thời gian và tổng thời gian dao động. Kết quả phân tích cho thấy phản ứng của công trình không chỉ phụ thuộc vào giá trị đỉnh gia tốc nền mà còn phụ thuộc vào tổng thời gian và bước thời gian dao động của chuyển động nền trận động đất. Phản ứng của công trình sẽ tăng lên khi giá trị đỉnh gia tốc nền, bước thời gian và tổng thời gian dao động của chuyển động nền trận động đất tăng lên.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- 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.
- Ngô Văn Thuyết, Nguyễn Văn Thắng (2018), “*Hiệu quả cách chấn của nhà khung bê tông cốt thép sử dụng gói cách chấn đàn hồi cốt sợi FRIE chịu động đất*”, Tạp chí Xây dựng, Bộ Xây dựng, 606, tr. 150-153.
- Ngô Văn Thuyết (2022), “*Khảo sát đường quan hệ giữa lực cắt - chuyển vị ngang của gói cách chấn đàn hồi cốt sợi trong công trình cách chấn đáy chịu động đất*”, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng, số 4/2022, tr. 11-17.
- Nguyễn Anh Dũng, Dương Nhật Trung (2020), “*Ảnh hưởng của băng gia tốc nền lên kết quả phân tích phản ứng động của nhà nhiều tầng*”, Tuyển tập Hội nghị Khoa học thường niên, Trường Đại học Thủy lợi 2020, tr. 147-149.
- 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.
- Nguyễn Lê Ninh (2013), “*Động đất và thiết kế công trình chịu động đất*”, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
- Nguyễn Vĩnh 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.
- TCVN 9386:2012. Tiêu chuẩn thiết kế công trình chịu động đất.
- Võ Minh Quang, Nguyễn Trung Kiên, Võ Mạnh Tùng (2021), “*Một số vấn đề trong thiết kế khung bê tông cốt thép cấp độ dẻo thấp và trung bình theo TCVN 9386:2012*”, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng, số 4/2021, tr. 11-18.
- 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 (STCE)-HUCE, 16(1), 100-112.
- Calvi G.M. (1999), “*A displacement-based approach for vulnerability evaluation of classes of buildings*”, Journal of Earthquake Engineering, 3(3), 411-438.

Chopra A.K. (2007), “*Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering*” (3rd edition), Prentice Hall: Upper Saddle River, New Jersey.
SAP2000 v.15 (2014), Computers and Structures Inc., *CSI Analysis Reference Manual*, Berkeley, California, USA.

Abstract:

**EFFECT OF CHARACTERISTICS OF EARTHQUAKE GROUND MOTION
ON THE RESPONSE OF A REINFORCED CONCRETE BUILDING**

An earthquake is strong shaking of the surface of the Earth resulting from a sudden release of energy in the Earth's lithosphere. Earthquake can cause a lot of damage to civil buildings depending on its strength. Characteristics of the earthquake ground motion are the peak value of acceleration, duration of shaking and frequency content. In this study, the effect of the characteristics of earthquake ground motion on the response of a 5-storey reinforced concrete building is investigated by finite element analysis. Results show that the response of the building increases when the peak value of acceleration, effective duration and duration of shaking increase.

Keywords: Earthquake, ground motion, peak value of acceleration, duration of shaking, frequency content.

Ngày nhận bài: 09/10/2023

Ngày chấp nhận đăng: 18/11/2023