

PHÂN TÍCH ỨNG XỬ KẾT CẤU CÔNG TRÌNH CHỊU ĐỘNG ĐẤT NEAR-FAULT VÀ FAR-FAULT SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP PHỔ PHẢN ỨNG

Analysis of structural behavior subjected to near-fault and far-fault earthquakes using response spectrum method

Nguyễn Thị Diễm¹

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

Tóm tắt — Kết quả nghiên cứu phân tích phổ phản ứng thiết kế của 36 trận động đất gần phay đứt gãy và 36 trận động đất xa phay đứt gãy cho thấy phổ gia tốc của kết cấu có chu kỳ nhỏ chịu chuyển động mặt đất gần phay đứt gãy lớn hơn hẳn phổ gia tốc của cùng kết cấu chịu động đất xa. Với kết cấu có chu kỳ dưới khoảng 1,25s thì phổ phản ứng của kết cấu chịu động đất gần lớn hơn động đất xa.

Abstract — The results of the study and analysis of the design response spectrum of 36 earthquakes near the fault and 36 earthquakes far from the fault show that the acceleration spectrum of structures with a small period subjected to ground motion near-fault is much larger than that of the same structure subjected to far-fault. For structures with a period of less than 1.25s, the response spectrum of the structure subjected to near-fault is larger than that of far-fault.

Từ khóa — Ứng xử kết cấu, phay đứt gãy, gia tốc nền, near-fault, far-fault.

1. Đặt vấn đề

Theo Nguyễn Lê Ninh (2011), Việt Nam trong những năm gần đây động đất diễn ra liên tục ở nhiều nơi với tần suất và cường độ ngày càng tăng. Hậu quả ngày càng nghiêm trọng của các trận động đất gần phay đứt gãy đã thu hút sự quan tâm của nhiều nhà nghiên cứu. Những nghiên cứu về đặc điểm khác biệt của các trận động đất gần so với các trận động đất xa phay đứt gãy như được trình bày trong phần sau và một số nghiên cứu về kết cấu bê tông cốt thép chịu động đất gần cũng đã được thực hiện.

Trong nghiên cứu này, các chuyển động mặt đất gần và xa phay đứt gãy được lựa chọn tương ứng với các độ mạnh khác nhau. Sau đó, các phân tích phổ phản ứng được tiến hành và phổ trung bình tương ứng với các độ mạnh khác nhau được xác định. Kết quả cho thấy phổ phản ứng của công trình chịu động đất gần có khác biệt lớn so với phổ ứng với động đất xa. Sau khi xây dựng được phổ phản ứng của các gia tốc nền gần phay đứt gãy (near-fault) và xa phay đứt gãy (far-fault), nghiên cứu “*Phân tích ứng xử kết cấu công trình chịu động đất near-fault và far-fault sử dụng phương pháp phổ phản ứng*” để tìm ra quy luật ứng xử và giải pháp xử lý kết cấu khi công trình chịu tải trọng động đất.

2. Tiêu chuẩn thiết kế công trình chịu động đất tại Việt Nam

Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN) 9386:2012 – Thiết kế công trình chịu động đất là tiêu chuẩn hiện hành tại quốc gia Việt Nam và được biên soạn trên cơ sở chấp nhận Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance có bổ sung hoặc thay thế các phần mang tính đặc thù Việt Nam.

2.1. Giá trị gia tốc nền thiết kế a_g

Theo TCVN 9386:2012 gia tốc nền thiết kế được xác định bởi công thức:

$$a_g = \gamma_I \cdot a_{gR}$$

Với a_{gR} là đỉnh gia tốc nền tham chiếu trên lãnh thổ Việt Nam và γ_I là hệ số tầm quan trọng của công trình. Theo giá trị của a_g , TCVN 9386:2012 chia động đất thành ba trường hợp:

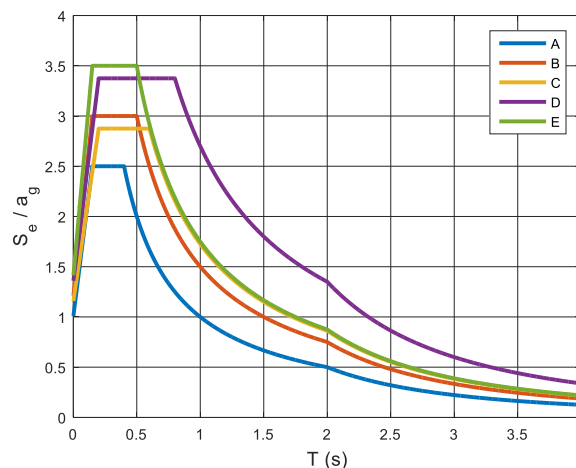
Động đất mạnh $a_g \geq 0.08g$, phải tính toán và cấu tạo kháng chấn;

Động đất yếu $0.04g \leq a_g < 0.08g$, chỉ cần áp dụng các giải pháp kháng chấn đã được giảm nhẹ;

Động đất rất yếu $a_g < 0.04g$, không cần thiết kế kháng chấn.

2.2. Phổ phản ứng đàn hồi

Theo TCVN 9386:2012, phổ phản ứng đàn hồi là tên gọi tắt của phổ phản ứng gia tốc đàn hồi, phổ này biểu diễn chuyển động đất tại một điểm cho trước trên bề mặt.



Hình 1. Phổ phản ứng đàn hồi cho các loại nền từ A đến E (độ cản 5%)

Nguồn: TCVN 9386:2012

Theo Nguyễn Xuân Chính và cộng sự (2011), dạng của phổ phản ứng đàn hồi được lấy như nhau đối với hai mức tác động động đất với yêu cầu không sụp đổ và với yêu cầu hạn chế hư hỏng.

2.3. Phương pháp tổng các hàm dạng sóng sin

Công thức tổng quát để mô phỏng giản đồ gia tốc nền theo phương pháp tổng các hàm dạng sóng sin:

$$a_g(t) = E(t) \sum_{n=1}^N A_n \sin(\omega_n t + \varphi_n)$$

Trong đó φ_n , ω_n , A_n tương ứng là pha ngẫu nhiên, tần số vòng và biên độ của hàm sin thứ n. Với A_n được xác định theo phổ năng lượng $G(\omega)$ tại mỗi khoảng chia đều $\Delta\omega$;

$$A_n = \sqrt{2 \cdot G(\omega_n) \cdot \Delta\omega}$$

$E(t)$ là hàm của giản đồ gia tốc nền;

$a_g(t)$ là giản đồ gia tốc nền;

t là độ dài gia tốc nền mô phỏng, có đơn vị là thời gian;

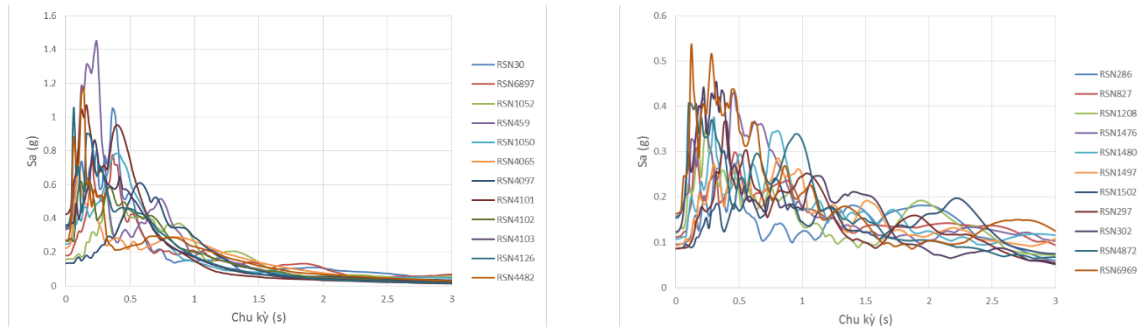
N là tổng bước thời gian được chia theo t .

3. Phổ phản ứng

3.1. Phổ phản ứng của kết cấu chịu động đất gần và xa phay đứt gãy

Từ 72 bảng gia tốc động đất được lựa chọn để nghiên cứu, phổ phản ứng thiết kế trong nghiên cứu này được xây dựng dựa trên cơ sở lý thuyết thu được và bằng phần mềm được viết trên ngôn ngữ Matlab, sau đó kết quả được so sánh với kết quả từ phần mềm Seismosignal 2016. Phổ gia tốc, phổ vận tốc và phổ chuyển vị ứng với 3 nhóm VSI = 73.13cm; VSI = 142.96cm;

VSI = 230.01cm sẽ được dùng để xác định phổ trung bình của nhóm. Kết quả được trình bày ở hình 2 bên dưới:

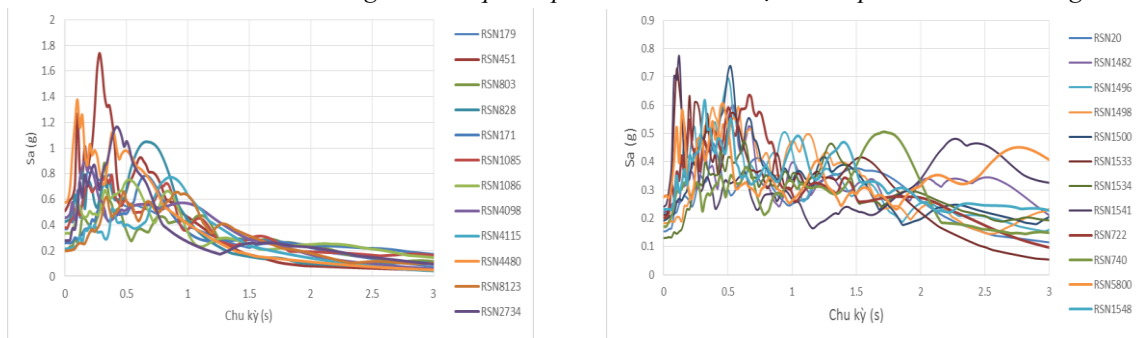


2.a) Phổ gia tốc động đất gần

2.b) Phổ gia tốc động đất xa

Hình 2. Phổ gia tốc ứng với VSI = 73.13cm.

Nguồn: Kết quả từ phần mềm Matlab tự viết và phần mềm Seismosignal 2016

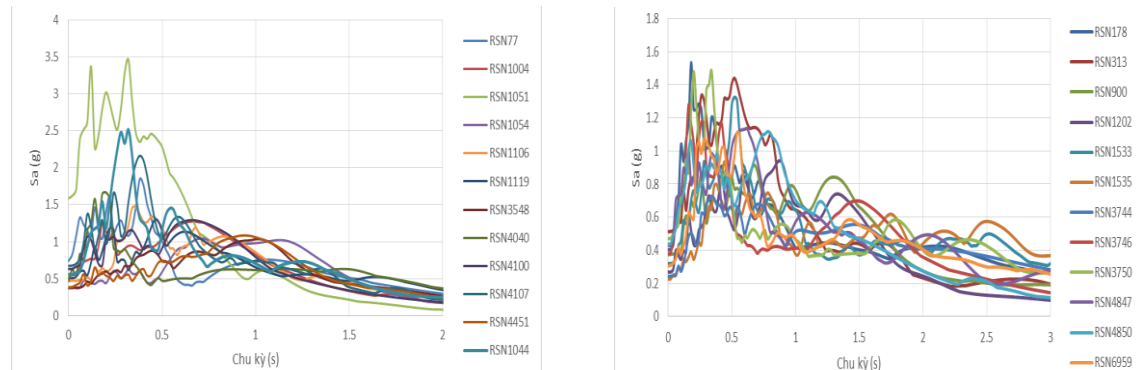


3.a) Phổ gia tốc động đất gần

3.b) Phổ gia tốc động đất xa

Hình 3. Phổ gia tốc ứng với VSI = 142.96cm

Nguồn: Kết quả từ phần mềm Matlab tự viết và phần mềm Seismosignal 2016



4.a) Phổ gia tốc động đất gần

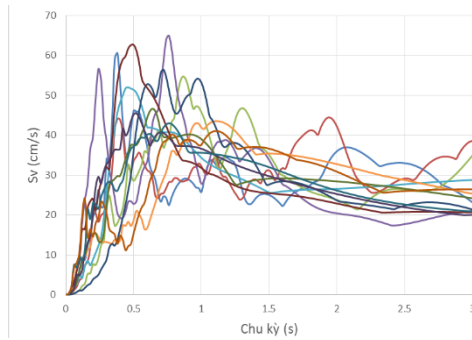
4.b) Phổ gia tốc động đất xa

Hình 4. Phổ gia tốc ứng với VSI = 230.01cm

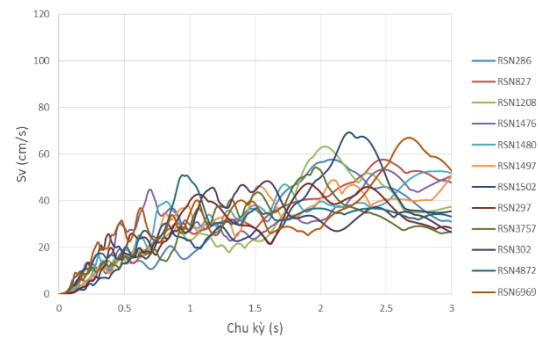
Nguồn: Kết quả từ phần mềm Matlab tự viết và phần mềm Seismosignal 2016

Kết quả phân tích phổ phản ứng thiết kế ở hình 2, hình 3, hình 4 cho thấy: Phổ gia tốc của kết cấu có chu kỳ nhỏ chịu chuyển động mặt đất gần phay đứt gãy lớn hơn hẳn phổ gia tốc của cùng kết cấu chịu động đất xa. Tuy nhiên, đối với kết cấu có chu kỳ lớn, phổ gia tốc của động đất gần lại thấp hơn phổ gia tốc của động đất xa.

Kết quả phân tích phổ phản ứng thiết kế từ hình 5, hình 6, hình 7 cho thấy: Phổ vận tốc của kết cấu có chu kỳ nhỏ chịu chuyển động mặt đất gần phay đứt gãy lớn hơn hẳn phổ vận tốc của cùng kết cấu chịu động đất xa. Tuy nhiên, đối với kết cấu có chu kỳ lớn, phổ vận tốc của động đất gần lại thấp hơn phổ vận tốc của động đất xa.



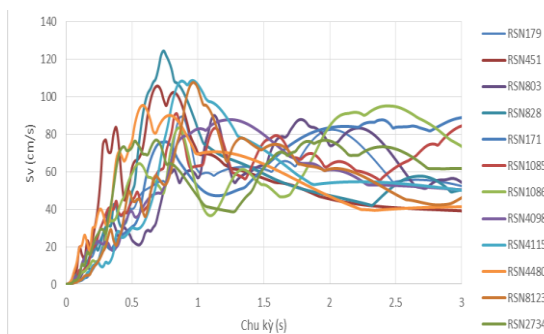
5.a) Phổ vận tốc động đất gần



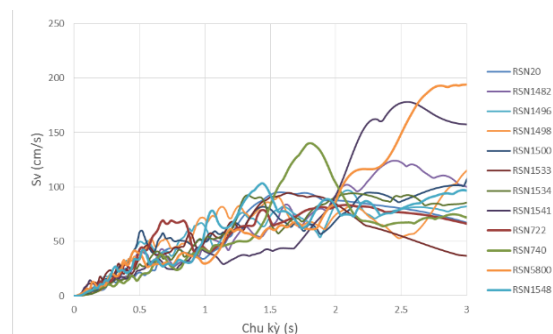
5.b) Phổ vận tốc động đất xa

Hình 5. Phổ vận tốc ứng với $VSI = 73.13\text{cm}$

Nguồn: Kết quả từ phần mềm Matlab tự viết và phần mềm Seismosignal 2016



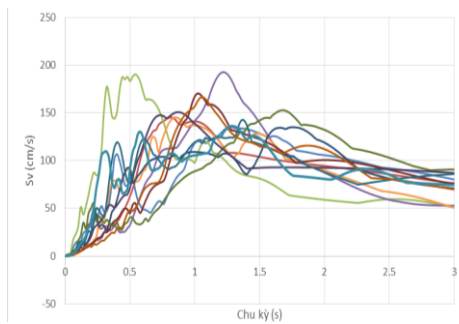
6.a) Phổ vận tốc động đất gần



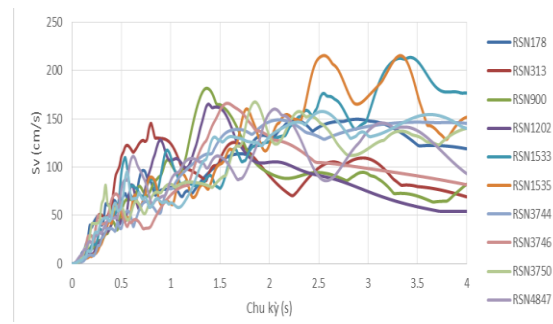
6.b) Phổ vận tốc động đất xa

Hình 6. Phổ vận tốc ứng với $VSI = 142.96\text{cm}$

Nguồn: Kết quả từ phần mềm Matlab tự viết và phần mềm Seismosignal 2016



7.a) Phổ vận tốc động đất gần



7.b) Phổ vận tốc động đất xa

Hình 7. Phổ vận tốc ứng với $VSI = 230.01\text{cm}$

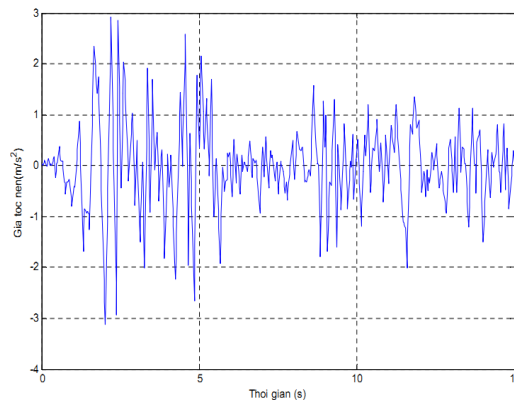
Nguồn: Kết quả từ phần mềm Matlab tự viết và phần mềm Seismosignal 2016

Kết quả phân tích phổ phản ứng thiết kế của 72 băng gia tốc động đất gần (near-fault) và xa (far-fault) có cùng chỉ số cường độ phổ vận tốc - Velocity Spectrum Intensity (VSI) cho thấy sự khác biệt giữa phản ứng của kết cấu công trình khi chịu động đất gần và xa như các hình 5, hình 6 và hình 7.

Kết quả cho thấy sự khác biệt lớn của phổ phản ứng của kết cấu chịu động đất gần và xa phay đứt gãy. Với kết cấu có chu kỳ dưới khoảng 1,25s, phổ phản ứng của kết cấu chịu động đất gần lớn hơn động đất xa; với những kết cấu có chu kỳ dài hơn khoảng 1,25s thì động đất gần có thể ít gây nguy hiểm hơn.

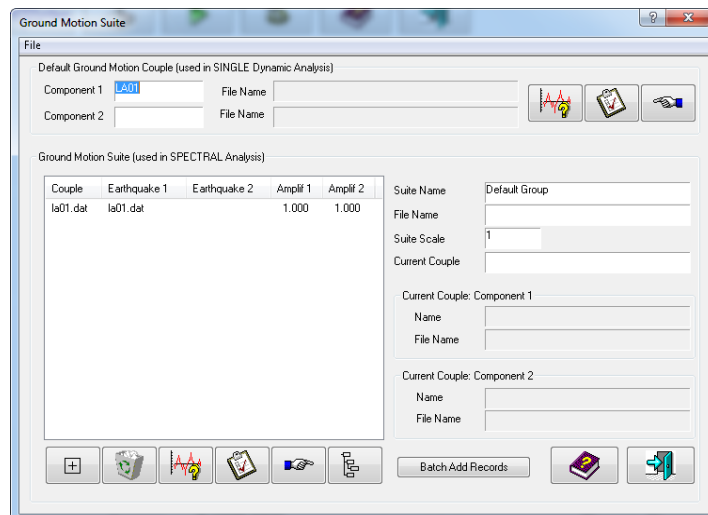
3.2. Kiểm chứng độ tin cậy của chương trình Code Matlab

Để kiểm chứng tính chính xác và độ tin cậy của chương trình xây dựng phổ phản ứng từ đồ thị gia tốc động đất tự viết trên ngôn ngữ Matlab, nghiên cứu so sánh kết quả đạt được với kết quả từ các chương trình phần mềm thương mại như Bispec, Seismosignal.



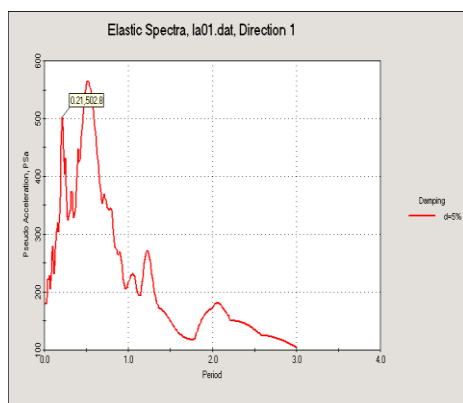
Hình 8. Đồ thị gia tốc trận động đất Elcentro

Nguồn: Kết quả từ phần mềm Matlab tự viết và phần mềm Seismosignal 2016

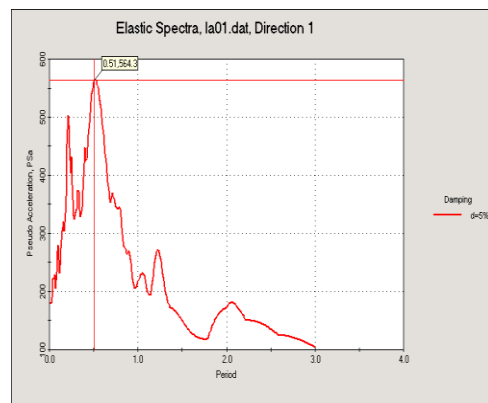


Hình 9. Dữ liệu động đất từ phần mềm Bispec

Nguồn: Kết quả từ phần mềm Matlab tự viết và phần mềm Seismosignal 2016



Hình 10. Phổ gia tốc và giá trị phổ gia tốc ở $T_n = 0.21s$



Hình 11. Phổ gia tốc và giá trị phổ gia tốc ở $T_n = 0.51s$

Nguồn: Kết quả từ phần mềm Matlab tự viết và phần mềm Seismosignal 2016

Để làm bài toán kiểm chứng, nghiên cứu chọn lựa băng gia tốc nền động đất của trận động đất Elcentro như hình 10. Sau đó sử dụng chương trình Code Matlab để xây dựng phổ gia tốc,

phổ vận tốc và phổ chuyển vị. Kết quả sẽ được so sánh với phổ gia tốc, phổ vận tốc và phổ chuyển vị từ phần mềm Bispec.

Như vậy, phổ phản ứng thiết kế (phổ gia tốc, phổ vận tốc, phổ chuyển vị) được xây dựng từ chương trình tự viết sử dụng ngôn ngữ Matlab có kết quả trùng khớp với phổ phản ứng từ các chương trình thương mại như Seismosignal, Bispec. Điều này cho thấy tính đúng đắn và độ tin cậy của chương trình tự xây dựng.

4. Kết luận

Kết quả phân tích phổ phản ứng thiết kế bằng gia tốc động đất gần (near-fault) và xa (far-fault) có cùng chỉ số cường độ phổ vận tốc cho thấy có sự khác biệt rõ ràng giữa phản ứng của kết cấu công trình khi chịu động đất gần và kết cấu công trình khi chịu động đất xa. Phổ gia tốc của kết cấu có chu kỳ nhỏ chịu chuyển động mặt đất gần phay đứt gãy lớn hơn hẳn phổ gia tốc của cùng kết cấu chịu động đất xa. Tuy nhiên, đối với kết cấu có chu kỳ lớn, phổ gia tốc của động đất gần lại thấp hơn phổ gia tốc của động đất xa.

Kết quả cho thấy sự khác biệt lớn của phổ phản ứng của kết cấu chịu động đất gần và xa phay đứt gãy. Với kết cấu có chu kỳ dưới khoảng 1,25s thì phổ phản ứng của kết cấu chịu động đất gần lớn hơn động đất xa. Tuy nhiên, với những kết cấu có chu kỳ dài hơn khoảng 1,25s thì động đất gần có thể ít gây nguy hiểm hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Xây dựng (1996). *TCVN 2737:1995 Tải trọng và tác động*. Hà Nội: Nhà xuất bản Xây dựng.
- [2] Bộ Xây dựng (2012). *TCVN 9386:2012 Thiết kế công trình chịu động đất*. Hà Nội: Nhà xuất bản Xây dựng.
- [3] Nguyễn Xuân Chính, Trịnh Việt Cường, Nguyễn Đại Minh và Vũ Thị Ngọc Vân (2011). Một số đánh giá về hệ thống quy chuẩn - Tiêu chuẩn về động đất và khả năng chống động đất của nhà và công trình xây dựng ở Việt Nam hiện nay. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, số 3/2011.
- [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] Nguyễn Lê Ninh (2011). *Cơ sở lý thuyết tính toán công trình chịu động đất*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- [6] Hatzigeorgiou, G.D. (2010). Behavior factors for nonlinear structures subjected to multiple near-fault earthquakes. *Computers and Structures*, 88: p. 309–321.
- [7] ICBO (1997). *International Conference of Building Officials*. Whittier, California.

Ngày nhận: 28/5/2022

Ngày duyệt đăng: 15/3/2023