BÀI BÁO KHOA HỌC

PHÂN TÍCH ỨNG SUẤT TRONG CÁC LỚP CÂU TẠO CỦA GỐI CÁCH CHẤN ĐÀN HỒI CỐT SỢI CHỊU CHUYỂN VỊ NGANG TUẦN HOÀN

Ngô Văn Thuyết¹

Tóm tắt: Gối cách chấn đàn hồi cốt sợi là một loại gối cách chấn đa lớp mới đang được nghiên cứu, phát triển trên thế giới theo hai dạng: liên kết và không liên kết. Ở Việt Nam, các nghiên cứu về gối cách chấn đàn hồi cốt sợi tập trung chủ yếu vào việc khảo sát đặc tính cơ học của gối và hiệu quả cách chấn của công trình sử dụng gối chịu động đất. Trong nghiên cứu này, phân tích ứng suất trong các lớp cấu tạo của gối cách chấn đàn hồi cốt sợi chịu động đất đảng thời tải trọng thẳng đứng có giá trị không đổi và chuyển vị ngang tuần hoàn có độ lớn tăng dần được khảo sát bằng phân tích mô hình số sử dụng phần mềm ANSYS. Kết quả phân tích cho thấy giá trị đỉnh của ứng suất nén trong các lớp cao su và đỉnh của ứng suất kéo trong các lớp sợi của gối cách chấn đàn hồi cốt sợi không liên kết tại cùng một độ lớn của chuyển vị ngang.

Từ khóa: Gối cách chấn, gối cách chấn đàn hồi cốt sợi, ứng xử ngang, biến dạng cuộn, chuyển vị ngang tuần hoàn.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Gối cách chấn đáy là một biện pháp giảm chấn thụ động cho công trình chịu động đất. Có hai loại gối cách chấn đáy đang được sử dụng hiện nay là gối cách chấn đa lớp và gối cách chấn trượt, trong đó gối cách chấn đa lớp được sử dụng phổ biến hơn. Gối cách chấn đa lớp được cấu tạo từ các lớp cao su mỏng và các lớp gia cường (bằng thép hoặc bằng sợi) xen kẽ và gắn kết với nhau. Một số loại gối cách chấn đa lớp được sử dụng là gối cao su tự nhiên (NRB), gối cao su lõi chì (LRB) và gối cao su có độ cản cao (HDRB).

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 và phát triển trên thế giới. Gối FREI có cấu tạo từ các lớp cao su xen kẹp và gắn kết với các lớp sợi (thường là sợi cacbon). Dựa vào điều kiện liên kết giữa gối cách chấn với công trình, gối FREI được chia ra thành hai dạng: gối cách chấn đàn hồi cốt sợi dạng liên kết (bonded fiber

Những nghiên cứu về gối cách chấn FREI đã được thực hiện bằng cả thí nghiệm và phương pháp mô hình số trong 20 năm trở lại đây. Những nghiên cứu này được thực hiện với các mục đích chủ yếu

reinforced elastomeric isolator, viết tắt là gối B-FREI) và gối cách chấn đàn hồi cốt sợi dạng không liên kết (unbonded fiber reinforced elastomeric isolator, viết tắt là gối U-FREI). Tương tự như các gối cách chấn đa lớp thông thường, gối B-FREI có hai tấm để thép dày ở đáy và đỉnh gối để liên kết với phần đài móng và phần thân công trình thông qua các bu lông, trong khi đó, gối U-FREI được đặt trực tiếp lên trên bề mặt phần đài móng và dưới phần thân công trình mà không cần bất kỳ liên kết vật lý nào nên khi gối U-FREI làm việc có một phần gối tách rời (không liên kết) với phần đài móng và phần thân công trình. Hiện tượng biến dạng tách rời này của gối U-FREI với công trình được gọi là biến dạng cuộn (rollover deformation). Các gối FREI được kỳ vong sử dung cho công trình dân dung trung và thấp tầng thiết kế chiu đông đất ở những nước đang phát triển như Việt Nam.

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

là xác định các thông số về đặc tính cơ học của gối FREI như độ cứng ngang hiệu dụng, tỷ số cản nhớt (Toopchi-Nezhad et al., 2008), (Dezfuli và Alam, 2014), (Thuyet et al., 2017), (Ngô Văn Thuyết, 2018) hoặc khảo sát hiệu quả cách chấn của công trình sử dung gối cách chấn đáy chiu đông đất (Ngô Văn Thuyết và Nguyễn Văn Thắng, 2018), (Thuyet et al., 2018). Một trong những vấn đề cần được làm rõ để tăng thêm vốn hiểu biết chuyên sâu về gối FREI là sự phân bố ứng suất trong các lớp cao su và lớp sợi khi gối cách chấn làm việc. Tuy nhiên, có rất ít nghiên cứu ở Việt Nam thực hiện phân tích ứng suất trong các lớp cấu tạo của gối FREI một cách chi tiết. Việc phân tích ứng suất trong các lớp cấu tao của gối FREI sẽ giúp cho các nhà nghiên cứu giải thích được một số vấn đề liên quan đến gối FREI như khả năng bị phá hoại bởi cường độ, sự tách lớp trong gối FREI, v.v. Việc thực hiện đo ứng suất trong các lớp cấu tạo của gối FREI bằng phương pháp thí nghiệm gặp nhiều khó khăn bởi chi phí cao, bởi giới han khả năng của các thiết bi đo và chỉ có thể đo được ứng suất tại một số vị trí đặt thiết bị đo. Trong khi đó, phân tích ứng suất trong các lớp cấu tạo của gối FREI bằng phương pháp mô hình số sử dụng các phần mềm tính toán kết cấu sẽ có chi phí rẻ hơn, khả thi hơn và có thể xuất ra kết quả ứng suất tại mọi vị trí trong gối cách

chấn (phổ màu ứng suất). Với việc các phần mềm tính toán kết cấu ngày càng phát triển và tích hợp thêm nhiều mô hình vật liệu phi tuyến thì kết quả phân tích ứng suất bằng phương pháp mô hình số có độ tin cậy ngày càng cao.

Nghiên cứu này trình bày phân tích ứng suất trong các lớp cấu tạo của gối cách chấn đàn hồi cốt sợi ở cả hai dạng liên kết và không liên kết khi chịu đồng thời tải trọng thẳng đứng có giá trị không đổi và chuyển vị ngang tuần hoàn có độ lớn tăng dần bằng phương pháp mô hình số. Ứng suất trong lớp cao su và lớp sợi của các gối B-FREI và U-FREI được so sánh với nhau.

2. MÔ TẢ VỀ CÁU TẠO GỐI FREI

Các gối B-FREI và U-FREI dùng trong nghiên cứu này đều có cùng kích thước, các lớp cấu tạo và các thông số vật liệu. Gối FREI hình khối hộp có kích thước 250x250x100 mm. Mỗi gối được cấu tạo từ 18 lớp cao su tổng hợp xen kẹp và gắn kết với 17 lớp sợi cacbon hai hướng ($0^0/90^0$). Mỗi lớp cao su và sợi cacbon dày lần lượt là 5 mm và 0,55 mm. Tổng chiều dày lớp cao su là $t_r = 90$ mm. Mô-đun cắt của cao su là G = 0,90 N/mm², mô-đun đàn hồi của hỗn hợp cao su - sợi là E =40000 N/mm², hệ số poisson của gối là $\mu = 0,20$. Hình ảnh và kích thước của gối FREI được thể hiện trong Hình 1.



Hình 1. Hình ảnh và kích thước gối FREI

3. MÔ HÌNH SỐ SỰ LÀM VIỆC CỦA GÓI FREI

Các gối B-FREI và U-FREI được khảo sát sự làm việc chịu đồng thời tải trọng thẳng đứng có giá trị không đổi và chuyển vị ngang tuần hoàn có độ lớn tăng dần bằng phương pháp mô hình số sử dụng phần mềm ANSYS v.14.0. Từ đó, ứng suất trong các lớp cao su và lớp sợi trong gối cách chấn được phân tích.

3.1. Lựa chọn loại phần tử

Gối FREI có biến dạng lớn trong quá trình làm việc (biến dạng này chủ yếu ở các lớp cao su) nên cao su được mô hình bằng phần tử khối SOLID185. Sợi cacbon được mô hình bằng phần tử khối SOLID46 (phần tử này có khả năng mô hình nhiều lớp mỏng trong một tấm). Hai tấm đế thép dày (coi như tuyệt đối cứng) được mô hình ở đáy và đỉnh gối, để mô phỏng cho phần đài móng và phần thân công trình, cũng được mô hình bằng phần tử SOLID185. Đối với gối U-FREI, các phần tử tiếp xúc CONTA173, TARGE170 được sử dụng để khai báo tiếp xúc mặt-tới-mặt giữa mặt của lớp cao su ngoài cùng của gối cách chấn với mặt của các đế thép. Đối với gối B-FREI, không có các phần tử tiếp xúc này.

Hình ảnh gối FREI đã chia lưới phần tử được thể hiện trong Hình 2. Ảnh hưởng của kích thước lưới chia phần tử được đánh giá bằng 3 mô hình có cùng kích thước lưới chia theo phương đứng (2,5 mm) nhưng kích thước lưới chia theo phương ngang lần lượt là 10 mm, 8 mm, 6 mm. Kết quả tính toán cho thấy lưới chia phần tử với kích thước 2,5 mm theo phương đứng và 6 mm theo phương ngang (Hình 2) có kết quả phù hợp với kết quả thí nghiệm và đường biểu diễn ứng suất trong các lớp cao su, lớp sợi cacbon của gối FREI là mịn nhất.



Hình 2. Mô hình gối cách chấn FREI (đã chia lưới phần tử)

3.2. Mô hình vật liệu

Cao su trong gối FREI có ứng xử phi tuyến khi gối làm việc nên được mô hình bằng mô hình vật liệu siêu đàn hồi và mô hình vật liệu đàn nhớt. Các nghiên cứu (Ogden, 1972), (Holzapfel, 1996) cho thấy sử dụng mô hình Ogden 3-term và mô hình ứng xử cắt đàn nhớt để mô hình cho vật liệu cao su trong gối cách chấn là tương đối phù hợp. Trong nghiên cứu này, cao su trong gối FREI cũng được mô hình bằng các mô hình vật liệu này.

3.3. Tải trọng

Sự làm việc của các gối B-FREI và U-FREI chịu đồng thời tải trọng tải trọng thẳng đứng và chuyển vị ngang tuần hoàn được khảo sát. Tải trọng thẳng đứng thiết kế cho gối cách chấn có giá trị không đổi là 350 kN (tương ứng với áp lực thẳng đứng lên bề mặt gối là p = 5,6 N/mm²). Chuyển vị ngang dạng hàm điều hòa hình sin có độ lớn tăng dần đến 135 mm (1,50 t_r), hai vòng lặp cho mỗi độ lớn của chuyển vị ngang (Hình 3). Các tải trọng này được gán vào mặt đế thép phía trên, phần chân đế thép phía dưới được giữ cố định.

3.4. Kiểm chứng kết quả phương pháp mô hình số

Kết quả vòng lặp trễ thể hiện mối quan hệ giữa lực cắt ngang và chuyển vị ngang của gối không liên kết U-FREI xác định từ phương pháp mô hình số được so sánh với kết quả từ thí nghiệm để kiểm chứng mô hình phân tích. Kết quả vòng lặp trễ của gối U-FREI chịu đồng thời tải trọng đứng thiết kế (350 kN) và chuyển vị ngang tuần hoàn có độ lớn tăng dần đến 80 mm thực hiện trong Phòng thí nghiệm kết cấu công trình của Học viện Công nghệ Guwahati, Ấn Độ đã được trình bày trong nghiên cứu của (Thuyet et al., 2017). So sánh kết quả vòng lặp trễ của gối U-FREI xác định từ phương pháp mô hình số và thí nghiệm thể hiện trong Hình 4. Kết quả cho thấy vòng lặp trễ của gối U-FREI xác định từ phương pháp mô hình số sử dụng phần mềm ANSYS và thí nghiệm là tương đối phù hợp. Như vậy, có thể dùng phần mềm ANSYS để phân tích sự làm việc của các gối FREI.



Hình 3. Chuyển vị ngang gán vào gối cách chấn



Hình 4. So sánh vòng lặp trễ của gối U-FREI xác định từ phương pháp mô hình số và từ thí nghiệm



(a) Phương chuyển vị ngang gán vào gối cách chấn



BÌNH LUẬN

trong Hình 5.

(b) Hình ảnh của một nửa gối cách chấn

quả cho các gối cách chấn FREI được thể hiện

4. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH ỨNG SUẤT VÀ

Các gối cách chấn FREI chịu chuyển vị ngang theo phương X. Quy ước các phương (1, 2, 3) của

hệ quy chiếu địa phương của phần tử song song

với các phương (X, Y, Z) của hê quy chiếu tổng

thể. Đinh nghĩa một số mặt cắt dùng để xuất kết



(c) Lớp cao su/sợi ở giữa chiều cao gối cách chấn

Hình 5. Định nghĩa các mặt cắt dùng để xuất kết quả cho gối FREI

4.1. Ứng suất trong các lớp cao su

Biến dạng và phổ màu ứng suất S_{11} trong các lớp cao su của các gối B-FREI và U-FREI tại



chuyển vị ngang có độ lớn bằng 135 mm được thể hiện trong Hình 6. Để dễ dàng quan sát, kết quả của một nửa gối cách chấn (Hình 5b) được thể hiện.



Hình 6. Phổ màu ứng suất S_{11} (N/m²) trong các lớp cao su của một nửa gối cách chấn tại độ lớn 135 mm của chuyển vị ngang (giá trị dương thể hiện chịu kéo)

Từ Hình 6 thấy rằng khi gối cách chấn chịu chuyển vị ngang, các mặt của lớp cao su ngoài cùng của gối B-FREI luôn giữ tiếp xúc với các mặt của để thép, trong khi đó, các mặt của lớp cao su ngoài cùng của gối U-FREI có một phần không tiếp xúc với các mặt của để thép để sinh ra biến dạng cuộn. Biến dạng cuộn là đặc trưng của gối U-FREI.

Đối với gối B-FREI, ứng suất nén nằm ở

phần lõi, xuyên suốt từ đáy lên đỉnh gối và nằm trong vùng nối chồng giữa đáy và đỉnh gối; mômen gây mất cân bằng gối được hình thành bởi ứng suất kéo nằm ngoài vùng nối chồng trên. Trong khi đó, đối với gối U-FREI, ứng suất nén cũng nằm trong vùng nối chồng giữa đáy và đỉnh gối nhưng có giá trị nhỏ hơn so với gối B-FREI. Ứng suất kéo trong các lớp cao su của gối U-FREI xuất hiện trong vùng có biến dạng cuộn và cũng có giá trị nhỏ hơn so với giá trị trong gối B-FREI. Nhờ có biến dạng cuộn, ứng suất kéo trong các lớp cao su của gối U-FREI không truyền trực tiếp vào phần đài móng và phần thân công trình như gối B-FREI.

Phổ màu ứng suất S_{11} trong lớp cao su thứ 9 (lớp cao su ở giữa chiều cao gối cách chấn như Hình 5c) của các gối B-FREI và U-FREI tại chuyển vị ngang có độ lớn bằng 135 mm được thể hiện trong Hình 7. Từ hình vẽ cho thấy phần lớn diện tích của lớp cao su thứ 9 của gối U-FREI là chịu nén, trong khi đó, vùng chịu nén của lớp cao su thứ 9 của gối B-FREI có diện tích nhỏ hơn so với trong gối U-FREI. Có khoảng 40% diện tích của lớp cao su thứ 9 của gối B-FREI chịu kéo.



Hình 7. Phổ màu ứng suất S_{11} (N/m²) trong lớp cao su ở giữa chiều cao gối cách chấn tại độ lớn 135 mm của chuyển vị ngang (giá trị dương thể hiện chịu kéo)

Hình 8 thể hiện phân bố ứng suất chuẩn hóa S_{11}/p dọc theo đoạn A-A (như Hình 5c) trên lớp cao su thứ 9 (lớp cao su ở giữa chiều cao gối cách chấn) của các gối B-FREI và U-FREI tại các độ lớn khác nhau của chuyển vị ngang, trong đó, *p* là áp lực thẳng đứng lên bề mặt gối cách chấn (*p* = 5,6 N/mm²). Từ hình vẽ thấy rằng khi độ lớn chuyển vị ngang tăng lên thì giá trị đỉnh của ứng suất nén trong lớp cao su thứ 9 của các gối B-FREI và U-FREI đều tăng. Tại cùng một độ lớn của chuyển vị ngang, giá trị đỉnh của ứng suất nén

trong lớp cao su thứ 9 của gối B-FREI luôn cao hơn giá trị tương ứng trong gối U-FREI, chẳng hạn tại độ lớn chuyển vị ngang là 135 mm giá trị đỉnh ứng suất nén trong lớp cao su thứ 9 của gối B-FREI cao hơn 12,3% giá trị trong gối U-FREI. Ứng suất kéo xuất hiện trong lớp cao su thứ 9 của gối B-FREI ở các mép biên và có giá trị đỉnh ứng suất kéo tăng lên khi độ lớn chuyển vị ngang tăng lên, trong khi đó, ứng suất kéo gần như không xuất hiện (giá trị rất nhỏ) trong lớp cao su thứ 9 của gối U-FREI.



(a) Tại độ lớn chuyển vị ngang 40 mm





(c) Tại độ lớn chuyển vị ngang 135 mm Hình 8. Phân bố ứng suất chuẩn hóa S₁₁/p dọc theo đoạn A-A trên lớp cao su ở giữa chiều cao gối cách chấn tại các độ lớn chuyển vị ngang khác nhau

4.2. Ứng suất trong các lớp sợi cacbon

Phân bố ứng suất chuẩn hóa S_{11}/p dọc theo đoạn B-B (như Hình 5c) trên lớp sợi cacbon thứ 9 (lớp sợi cacbon ở giữa chiều cao gối cách chấn) của các gối B-FREI và U-FREI tại các độ lớn khác nhau của chuyển vị ngang thể hiện trên Hình 9. Từ hình vẽ thấy rằng khi độ lớn chuyển vị ngang tăng lên thì giá trị đỉnh của ứng suất kéo trong lớp sợi cacbon thứ 9 của các gối B-FREI và U-FREI đều tăng. Tại cùng một độ lớn của chuyển vị ngang, giá trị đỉnh của ứng suất kéo trong lớp sợi cacbon thứ 9 của gối B-FREI luôn cao hơn giá trị tương ứng trong gối U-FREI, chẳng hạn tại độ lớn chuyển vị ngang là 135 mm giá trị đỉnh ứng suất kéo trong lớp sợi cacbon thứ 9 của gối B-FREI cao hơn 4,7% giá trị trong gối U-FREI.

Từ việc phân tích ứng suất trong các lớp cao su và lớp sợi của các gối B-FREI và U-FREI ở trên thấy rằng giá trị đỉnh của ứng suất nén trong các lớp cao su và đỉnh của ứng suất kéo trong các lớp sợi cacbon của các gối FREI đều tăng lên khi độ lớn chuyển vị ngang tăng lên. Ngoài ra, tại cùng một độ lớn của chuyển vị ngang, giá trị đỉnh của ứng suất nén trong các lớp cao su và đỉnh của ứng suất kéo trong các lớp sợi cacbon trong gối B-FREI luôn lớn hơn giá trị tương ứng trong gối U-FREI, sự lớn hơn này càng nhiều khi độ lớn của chuyển vị ngang càng cao. Như vậy, có thể thấy rằng gối B-FREI có khả năng bị phá hoại bởi cường độ trước gối U-FREI khi chịu cùng tải trọng và khả năng bị tách lớp của gối B-FREI cũng cao hơn gối U-FREI ở cùng một độ lớn chuyển vị ngang. Các gối FREI trong nghiên cứu này chưa bi tách lớp khi chiu đô lớn chuyển vi ngang lớn nhất là 135 mm $(1,50t_r)$. Điều này hoàn toàn phù hợp với kết luận trong nghiên cứu thực nghiêm của (De Raaf et al., 2011) là gối FREI tách lớp khi đô lớn chuyển vi ngang lớn hon $2,75t_r$.



(a) Tại độ lớn chuyển vị ngang 40 mm



(b) Tại độ lớn chuyển vị ngang 90 mm



(c) Tại độ lớn chuyển vị ngang 135 mm Hình 9. Phân bố ứng suất chuẩn hóa S₁₁/p dọc theo đoạn B-B trên lớp sợi cacbon ở giữa chiều cao gối cách chấn tại các độ lớn chuyển vị ngang khác nhau

5. KÉT LUÂN

Nghiên cứu này trình bày phân tích ứng suất trong các lớp cao su và sợi cacbon của gối cách chấn đàn hồi cốt sợi dạng liên kết và không liên kết khi chịu đồng thời tải trọng thẳng đứng có giá trị không đổi và chuyển vị ngang tuần hoàn có độ lớn tăng dần bằng phương pháp mô hình số sử dụng phần mềm ANSYS. Các gối cách chấn hình khối hộp có các lớp cấu tạo, kích thước và thông số vật liệu như nhau nhưng khác nhau về điều kiện liên kết với phần đài móng và phần thân công trình. Kết quả phân tích phổ màu ứng suất trong các lớp cao su và lớp sợi cacbon của các gối FREI cho thấy giá trị đỉnh của ứng suất nén trong các lớp cao su và đỉnh của ứng suất kéo trong các lớp sợi cacbon của các gối FREI đều tăng lên khi độ lớn chuyển vị ngang tăng lên; tại cùng một độ lớn của chuyển vị ngang, giá trị đỉnh của ứng suất nén trong các lớp cao su và đỉnh của ứng suất kéo trong các lớp sợi cacbon của gối B-FREI luôn lớn hơn giá trị tương ứng trong gối U-FREI. Điều này góp phần giải thích được một số vấn đề liên quan đến gối FREI như khả năng bị phá hoại bởi cường độ, sự tách lớp trong gối FREI.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- 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, 606, tr. 150-153.
- 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, Đại học Xây dựng (NUCE), 12(6), tr. 39-48.
- De Raaf M.G.P., Tait M.J., Toopchi-Nezhad H. (2011), "Stability of fiber-reinforced bearings in an unbonded application", Journal of Composite Materials, 45(18), 1873-1884.
- 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, 21, 1347-1359.
- Holzapfel G.A. (1996), "On large strain visco-elasticity: Continuum formulation and finite element applications to elastomeric structures", International Journal for Numerical methods in Engineering, 39(22), 3903-3926.
- Ogden R.W. (1972), "Large deformation isotropic elasticity on the correlation of theory and experiment for incompressible rubber-like solids", Proc. R. Soc. Lond. A., 326, 565-584.
- Thuyet Van Ngo, Dutta A., Deb S.K. (2017), "Evaluation of horizontal stiffness of fibre reinforced elastomeric isolators", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 46(11), 1747-1767.

- Thuyet Van Ngo, Dutta A., Deb S.K. (2018), "Vulneability assessment of a low-rise masonry building supported on un-bonded fiber reinforced elastomeric isolators", Journal of Performance of Constructed Facilities, 32(2), 04017136.
- 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, 134(10), 1627-1637.

Abstract:

ANALYSING THE STRUCTURAL LAYERS STRESS OF A FIBER REINFORCED ELASTOMERIC ISOLATOR UNDER CYCLIC HORIZONTAL DISPLACEMENT

Fiber reinforced elastomeric isolator (FREI) is relatively new laminated rubber seismic isolator which has been studied and developed in the world with two types: bonded fiber reinforced elastomeric isolator (B-FREI) and unbonded fiber reinforced elastomeric isolator (U-FREI). In Vietnam, studies related to the FREI focused on investigating its mechanical properties and performance of a baseisolated building using FREI under earthquake. In this paper, analysing the structural layers stress of a FREI under the simultaneous action of a constant vertical load and cyclic horizontal displacement with increasing amplitudes is investigated by finite element analysis using ANSYS software. Results show that the peak compressive stress value in rubber layers and peak tensile stress value in fiber layers of B-FREI are larger than those of U-FREI at a given horizontal displacement amplitude.

Keywords: Base isolator, fiber reinforced elastomeric isolator, horizontal response, rollover deformation, cyclic horizontal displacement.

 Ngày nhận bài:
 06/10/2021

 Ngày chấp nhận đăng:
 11/10/2021