

ỨNG XỬ NHIỆT - CƠ HỌC CỦA GỐI CAO SU CÓ ĐỘ CẢN CAO KHI CHỊU TẢI TRỌNG HÌNH SIN

Nguyễn Anh Dũng¹, Nguyễn Tiến Chương² và Yoshiaki Okui³

¹Đại học Thủy lợi, email: dung.kcct@tlu.edu.

²Đại học Thủy lợi, email: chuongnt@tlu.edu.

³Đại học Saitama, Nhật Bản

1. GIỚI THIỆU

Gối cao su có độ cản cao (HDRBs) là thiết bị cách chấn được sử dụng rộng rãi ở Nhật bản, đặc biệt sau trận động đất Kobe vào năm 1995 khi mà khả năng kháng chấn của các công trình sử dụng gối cao su được ghi nhận. Ứng xử cơ học của HDRBs được ghi nhận là phụ thuộc mạnh vào nhiệt độ, đặc biệt ở nhiệt độ thấp (Cardone và đồng nghiệp, 2011; Imai và đồng nghiệp, 2010).

Trong các nghiên cứu thí nghiệm trước đây (Imai và đồng nghiệp, 2010; Pinarbasi và đồng nghiệp, 2007) về sự phụ thuộc nhiệt độ của gối cao su, nhiệt độ xung quanh mẫu thử trong phòng thí nghiệm được giả thiết là bằng nhiệt độ bên trong mẫu thí nghiệm. Tuy nhiên khi chịu tải trọng tuần hoàn, năng lượng bị hấp thụ bởi HDRBs sẽ biến đổi thành dạng nhiệt và lượng nhiệt này sẽ làm nhiệt độ bên trong gối cao su tăng lên đáng kể. Takaoka và đồng nghiệp, (2008) đã chỉ ra rằng tải trọng hình sin làm cho nhiệt độ bên trong HDRBs tăng lên khoảng 30°C tại nhiệt độ phòng và làm cho độ cứng của gối cao su giảm khoảng 80%. Vì vậy mối quan hệ giữa sự gia tăng nhiệt độ bên trong và các đặc tính cơ học của HRBs là vấn đề quan trọng cần nghiên cứu.

Trong chỉ dẫn kỹ thuật hiện hành (AASHTO, 2000; JRA, 2002) cho thiết kế động của cầu với gối cao su, các tính chất phi tuyến của HDRBs được thể hiện dưới dạng một mô hình song tuyến tính. Tuy nhiên ứng xử cơ học của HDRBs phụ thuộc nhiệt độ và cứng hóa tại biến dạng lớn

(Bhuiyan và các đồng nghiệp, 2009). Mô hình song tuyến tính không thể diễn tả được các ứng xử này.

Như là bước khởi đầu của việc phát triển một mô hình có khả năng diễn tả các ứng xử kể trên cho HDRBs, các thí nghiệm động lực được tiến hành để xác định ứng xử cơ học của HDRBs tại nhiệt độ phòng và nhiệt độ thấp. Các kết quả thí nghiệm trong bài báo này được sử dụng để thảo luận ảnh hưởng của sự gia tăng nhiệt độ trong gối cao su lên các đặc tính cơ học của thiết bị này.

2. THÍ NGHIỆM

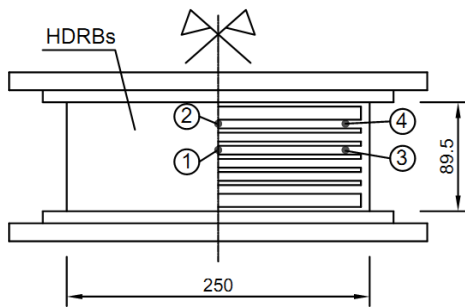
Các mẫu thí nghiệm bao gồm các lớp thép và cao su có độ cản cao đặt xen kẽ theo lớp với nhau, tiết diện mặt cắt ngang của các mẫu là hình vuông. Chiều dày của một lớp cao su là 6mm và của một lớp thép gia cường là 2.3mm. Kích thước và các đặc tính vật liệu của mẫu thí nghiệm được cho ở bảng 1. Để loại bỏ hiện tượng mềm ứng suất do Mullins effect (Diani và đồng nghiệp, 2009) tất cả các mẫu đều được chất tải trước khi tiến hành thí nghiệm thực.

Bảng 1. Kích thước và đặc tính vật liệu

Chi tiết	Giá trị
Mặt cắt ngang (mm ²)	240x240
Lớp cao su	6
Chiều dày một lớp cao su (mm)	5
Chiều dày một lớp thép (mm)	2.3
Mô đun cắt danh nghĩa (MPa)	1.2

Các thí nghiệm được tiến hành trong một phòng thí nghiệm đặc biệt để có thể giữ được nhiệt độ thấp như mong muốn, cụ thể tại nhiệt độ trong phòng lần lượt là -30°C , -20°C , và 23°C . Một máy thí nghiệm cơ cấu thủy lực được điều khiển bởi máy tính được đặt trong phòng thí nghiệm để thực hiện thí nghiệm. Tất cả các mẫu thí nghiệm tiến hành dưới điều kiện biến dạng cắt với lực nén theo phương thẳng đứng là hằng số bằng 6 MPa. Biến dạng cắt được đặt tải đỉnh của mẫu thí nghiệm và phản ứng lực sinh ra tương ứng được đo bằng hai cảm biến lực. Dữ liệu đầu ra được đo bởi một máy tính cá nhân.

Nhiệt độ bên trong của mẫu được đo bởi các cặp nhiệt. Vị trí đo nhiệt độ trên mặt cắt đứng đi qua trọng tâm được thể hiện trong hình 1. Mười một vòng tải trọng hình sin được đặt lên các mẫu với biên độ biến dạng là 175% và tần số là 0.5Hz.



Hình 1. Các vị trí đo nhiệt độ trong gối cao su có độ cứng cao

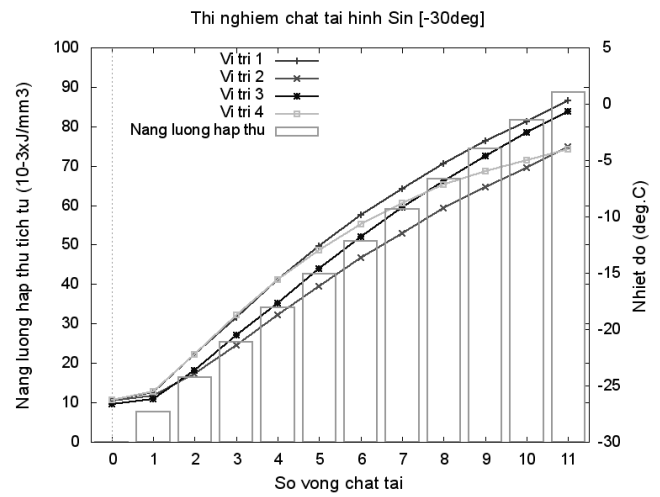
3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

Nhiệt độ bên trong mẫu thử và năng lượng hấp thụ đo được từ thí nghiệm được trình bày ở hình 2, với năng lượng hấp thụ được tính theo công thức 1.

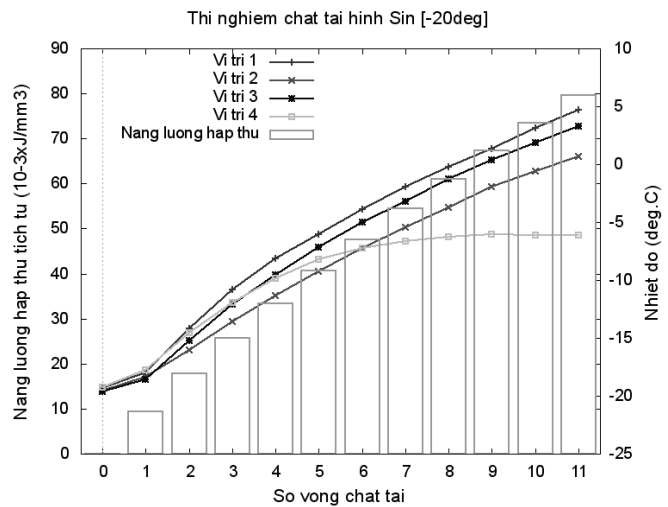
$$D = \sum_{i=1}^{11} D_i \quad (1)$$

Trong đó, D_i là mật độ năng lượng hấp thụ của vòng thứ i , và D_i được tính bằng diện tích kín của một vòng trễ ứng suất – biến dạng.

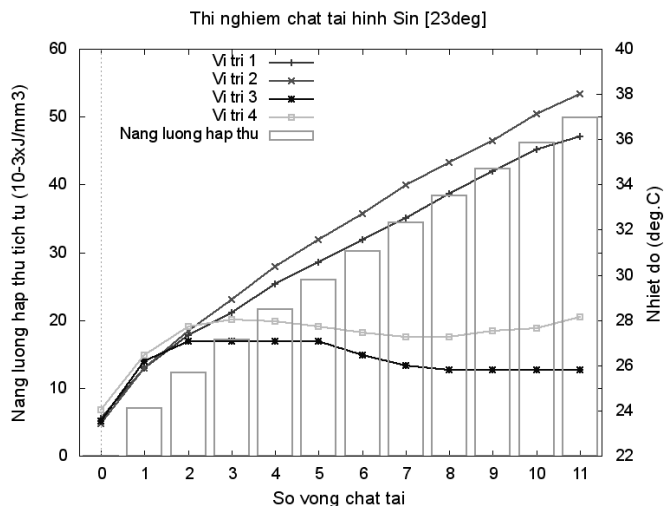
Kết quả thí nghiệm trong hình 2 cho thấy nhiệt độ tại các vị trí đo và năng lượng hấp thụ tăng lên theo số vòng tải trọng. Sự gia tăng này lớn hơn nhiều ở nhiệt độ thấp (-30°C , -20°C).



(a)



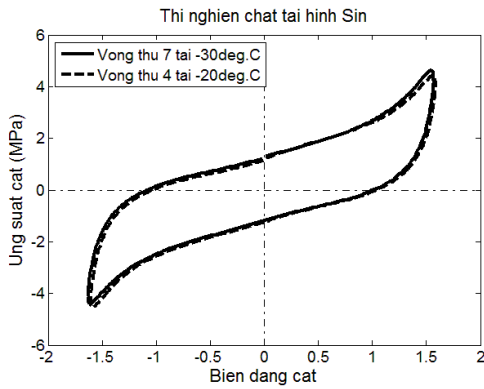
(b)



(c)

Hình 2. Năng lượng hấp thụ và nhiệt độ trong gối cao su tại các thí ở nhiệt độ bên ngoài (a) -30°C , (b) -20°C , và (c) 23°C

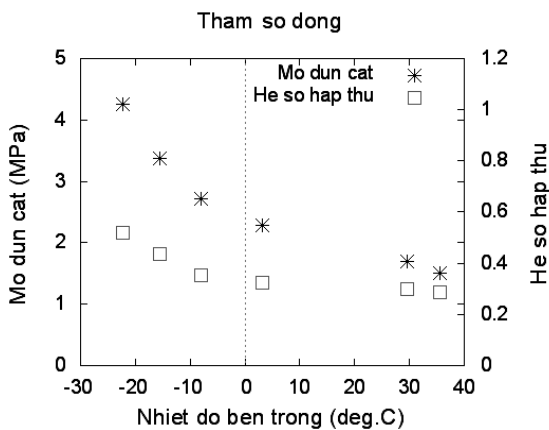
Trong hình 2, vòng thứ 7 của thí nghiệm tại nhiệt độ trong phòng thí nghiệm là -30°C và vòng thứ 4 của thí nghiệm tại -20°C có cùng nhiệt độ tại tâm gối cao su là -10°C .



Hình 3. Mối quan hệ ứng suất biến dạng ở cùng nhiệt độ bên trong là -10°C

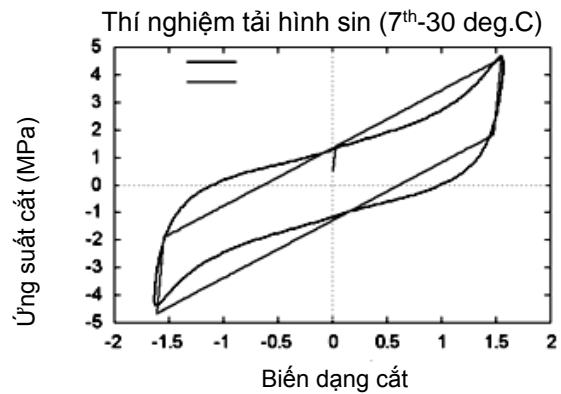
Hình 3 so sánh mối quan hệ ứng suất biến dạng của hai vòng giống nhau nhiệt độ bên trong này, kết quả thể hiện là chúng gần như trùng vào nhau. Điều đó thể hiện là mối quan hệ ứng suất biến dạng của HDRBs bị điều khiển bởi nhiệt độ bên trong gói cao su chứ không phải nhiệt độ bên ngoài.

Mô đun cắt G và hệ số hấp thụ h_B của HDRBs cũng được tính toán tại các nhiệt độ bên trong gói khác nhau và được thể hiện trong hình 4. Kết quả tính toán cho thấy các tham số này phụ thuộc mạnh vào nhiệt độ bên trong của gói cao su.



Hình 4. Sự phụ thuộc nhiệt độ bên trong của mô đun cắt và hệ số hấp thụ năng lượng của gói cao su có độ cứng cao

Quan hệ ứng suất biến dạng thu được từ thí nghiệm tải hình sin tại nhiệt độ bên trong của gói cao su là -10°C được sử dụng để xác định tham số cho mô hình song tuyến trong tiêu chuẩn thiết kế. Kết quả trong hình 5 cho thấy có sự khác biệt lớn giữa mô hình sử dụng với kết quả thí nghiệm, đây là giới hạn của mô hình thiết kế tại nhiệt độ thấp.



Hình 5. So sánh mô hình thiết kế và số liệu thí nghiệm tại nhiệt độ bên trong gói là -10°C

4. KẾT LUẬN

Kết quả thí nghiệm cho thấy nhiệt độ bên trong HDRBs gia tăng bởi tải trọng hình sin, sự gia tăng này lớn hơn ở nhiệt độ bên ngoài thấp hơn. Kết quả cũng chỉ ra rằng mối quan hệ ứng suất biến dạng của gói cao su bị điều khiển bởi nhiệt độ bên trong chứ không phải nhiệt độ bên ngoài của gói cao su.

Sự so sánh giữa mô hình và số liệu thí nghiệm cũng chỉ ra giới hạn của mô hình trong tiêu chuẩn thiết kế cho HDRBs tại nhiệt độ thấp. Khi mà mô hình thiết kế của HDRBs được xác định từ số liệu thí nghiệm hình sin và nhiệt độ gia tăng trong gói cao su có độ cứng cao do động đất không lớn (Takaoka, 2008), thì một mô hình thiết kế cho HDRBs phải dựa vào nhiệt độ bên trong của gói cao su.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Cardone, D., Gesualdi, G., Nigro, D., 2011. Effects of air temperature on the cyclic behavior of elastomeric seismic isolators. Bulletin of Earthquake Engineering, 9(4), 1227-1255.
- [2] Imai, T., Bhuiyan, A. R., Razzaq, M. K., Okui, Y., Mitamura, H., 2010. Joint conference proceedings of 7CUEE & 5ICEE, Tokyo, Japan, 1921-1928.
- [3] Takaoka, E., Takenaka, Y., Kondo, A., Hikita, M., Kitamura, H., 2008. Heat-Mechanics Interaction Behavior of Laminated Rubber Bearings under Large and Cyclic Lateral Deformation. The 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China.