

PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ KÍCH THƯỚC GỐI CÁCH CHẤN ĐÀN HỒI SỬ DỤNG CHO CÔNG TRÌNH DÂN DỤNG CHỊU ĐỘNG ĐẤT Ở VIỆT NAM

TS. NGÔ VĂN THUYẾT
Trưởng Đại học Thủy lợi

Tóm tắt: Gối cách chấn đàn hồi là một loại gối cách chấn đáy phổ biến đang được sử dụng trên thế giới để giảm hư hại cho công trình chịu động đất. Tiêu chuẩn thiết kế công trình chịu động đất của Việt Nam TCVN 9386:2012 mới chỉ giới thiệu sơ lược về gối cách chấn đáy. Trong nghiên cứu này, quy trình thiết kế kích thước gối cách chấn đàn hồi sử dụng cho công trình dân dụng chịu động đất ở Việt Nam được xây dựng dựa trên tiêu chuẩn Hoa Kỳ ASCE/SEI 7-10.

Từ khóa: gối cách chấn đàn hồi, quy trình thiết kế gối cách chấn, độ cứng ngang hiệu dụng.

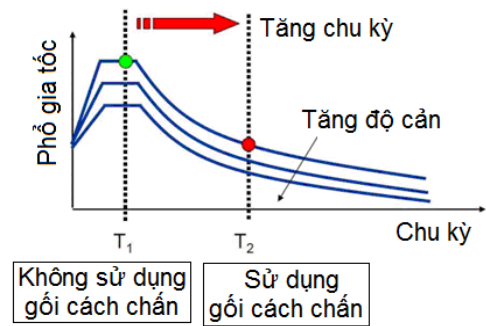
Abstract: Laminated elastomeric isolator is a common type isolator which is used for civil buildings in the world to reduce the seismic vulnerability of these structures. In the Vietnamese Standard Code TCVN 9386:2012 (design of structures for earthquake resistances), base isolators are introduced very generally. In this study, design procedure of size of laminated elastomeric isolator used for civil buildings subjected to earthquake in Vietnam is performed following the design provisions of American Society of Civil Engineers ASCE/SEI 7-10.

Key words: laminated elastomeric isolator, design procedure of size of base isolator, effective horizontal stiffness.

1. Đặt vấn đề

Hệ cách chấn đáy là một phương pháp phổ biến để giảm thiểu hư hại cho công trình chịu động đất, trong đó các gối cách chấn thường được đặt ở phần tiếp nối giữa phần đài móng và phần thân công trình. Gối cách chấn có độ cứng theo phương ngang thấp nên chịu được chuyển vị lớn của các trận động đất, nhưng vẫn đảm bảo độ cứng theo phương đứng cao để chịu được trọng lượng của công trình. Trong hệ cách chấn đáy, năng lượng của các trận động đất truyền vào phần thân công trình được giảm thiểu đáng kể thông qua sự tăng

lên của chu kỳ dao động riêng của hệ kết cấu và hệ số cản nhớt cao của các gối cách chấn (hình 1).

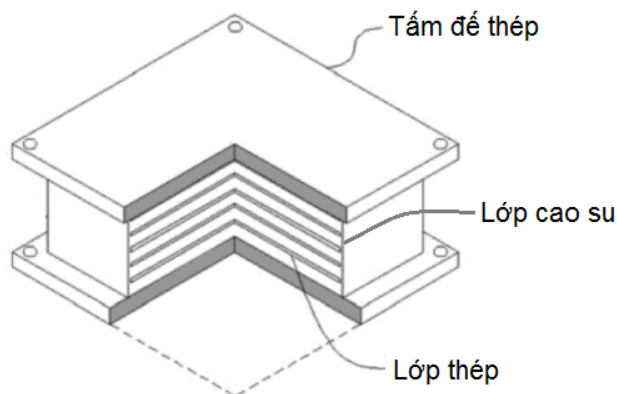


Hình 1. Hiệu quả của hệ cách chấn trong phổ gia tốc thiết kế

Có hai loại gối cách chấn đang được sử dụng hiện nay là gối cách chấn đàn hồi và gối cách chấn trượt, trong đó gối cách chấn đàn hồi được sử dụng phổ biến hơn. Gối cách chấn đàn hồi có cấu tạo gồm các lớp cao su nằm xen kẽ, gắn kết với các lớp lá thép mỏng, và hai tấm đế thép dày ở phần đáy và đỉnh gối để liên kết với phần đài móng và phần thân công trình (hình 2). Gối cách chấn đàn hồi đang được phát triển với nhiều dạng khác nhau như gối cao su tự nhiên NRB (Natural Rubber Bearing), gối cao su có độ cản cao HDRB (High-Damping Rubber Bearing), gối cao su lõi chì LRB (Lead Rubber Bearing). Một loại gối cách chấn đàn hồi mới đang được nghiên cứu phát triển là gối đàn hồi cốt sợi FREI (Fiber Reinforced Elastomeric Isolator). Gối cách chấn đàn hồi cốt sợi FREI có cấu tạo tương tự như gối cách chấn đàn hồi thông thường, nhưng các lớp lá thép mỏng gia cường trong gối đàn hồi thông thường được thay thế bởi các lớp sợi.

Thiết kế các công trình dân dụng chịu động đất sử dụng gối cách chấn đáy được trình bày cụ thể trong tiêu chuẩn của Hoa Kỳ: trước đây là tiêu chuẩn UBC-1997 [1], sau này được thay thế bằng tiêu chuẩn ASCE/SEI 7-10 [2]. Những quy định liên quan đến các yêu cầu thiết kế cho công trình cách chấn đáy trong các tiêu chuẩn này là tương tự nhau. Tuy nhiên, tính toán theo tiêu chuẩn UBC-1997 phức tạp hơn so với tính toán theo tiêu chuẩn

ASCE/SEI 7-10. Điều này đã được nhắc đến trong tài liệu của Naeim và Kelly [3]. Tiêu chuẩn ASCE/SEI 7-10 có một vài cải tiến hơn so với tiêu chuẩn UBC-1997. Vì vậy, trong nghiên cứu này giới hạn những quy định yêu cầu cho thiết kế công trình sử dụng cách chấn đáy là trên nền tiêu chuẩn ASCE/SEI 7-10.



Hình 2. Cấu tạo gối cách chấn đàn hồi thông thường

Một trong những rào cản để sử dụng gối cách chấn đàn hồi cho các công trình dân dụng chịu động đất ở Việt Nam là giá thành cao của gối và bộ hệ thống các quy chuẩn, quy phạm, hướng dẫn thiết kế, sử dụng gối cách chấn đàn hồi cho công trình dân dụng ở Việt Nam còn thiếu. Tiêu chuẩn thiết kế công trình chịu động đất TCVN 9386:2012 [4] cũng đề cập đến việc sử dụng gối cách chấn đáy để giảm hư hại cho công trình chịu động đất trong mục 10. Tuy vậy, những quy định trong tiêu chuẩn TCVN 9386:2012 mới chỉ là những khái niệm cơ bản, những quy định cơ bản về công trình sử dụng cách chấn đáy. Tiêu chuẩn chưa cung cấp quy trình từng bước thiết kế kích thước gối cách chấn đàn hồi cho một công trình dân dụng cụ thể.

Trong nghiên cứu này, quy trình từng bước thiết kế kích thước gối cách chấn đàn hồi cho công trình dân dụng chịu động đất ở Việt Nam theo các quy định ở tiêu chuẩn ASCE/SEI 7-10 được trình bày. Chi tiết các bước tính toán và ví dụ minh họa cũng sẽ được xây dựng. Mục tiêu của nghiên cứu là để hỗ trợ cho các nhà thiết kế, những kỹ sư xây dựng biết cách tính toán, lựa chọn kích thước gối cách chấn đàn hồi áp dụng cho các công trình dân dụng chịu động đất ở Việt Nam. Từ đó, việc thiết kế, sử dụng gối cách chấn đàn hồi vào công trình dân dụng chịu động đất ở Việt Nam trở nên dễ dàng hơn và có tính khả thi cao hơn.

2. Một số đặc trưng cơ học của gối cách chấn đàn hồi

2.1 Hệ số hình dạng

Một trong những thông số cơ học quan trọng trong thiết kế gối cách chấn là hệ số hình dạng. Theo Naeim và Kelly [3], hệ số hình dạng (S) được định nghĩa bằng tỷ lệ giữa diện tích mặt cắt ngang gối với tổng diện tích xung quanh ở mặt bên của một lớp cao su.

Đối với gối cách chấn có mặt cắt ngang hình chữ nhật có cạnh ngắn là $2b$, cạnh dài là l và chiều dày một lớp cao su là t_e , thì hệ số hình dạng của gối được tính theo công thức sau:

$$S = \frac{bl}{(l+2b)t_e} \quad (1)$$

Đặc biệt, đối với gối cách chấn có mặt cắt ngang hình vuông cạnh là a , thì hệ số hình dạng của gối là:

$$S = \frac{a}{4t_e} \quad (2)$$

Đối với gối cách chấn có mặt cắt ngang hình tròn đường kính là Φ , thì hệ số hình dạng của gối là:

$$S = \frac{\Phi}{4t_e} \quad (3)$$

Thông thường một nguyên mẫu gối cách chấn sử dụng cho công trình thực tế có hệ số hình dạng nằm trong khoảng giá trị từ 10 đến 20.

2.2 Độ cứng theo phương ngang

Theo Naeim và Kelly [3], độ cứng theo phương ngang của một gối cách chấn đàn hồi thông thường được tính theo công thức sau:

$$K_H = \frac{GA}{t_r} \quad (4)$$

trong đó: K_H - độ cứng theo phương ngang của gối cách chấn; A - diện tích mặt cắt ngang của gối; G - mô-đun cắt của gối và t_r - tổng chiều dày của các lớp cao su trong gối cách chấn.

2.3 Độ cứng theo phương đứng (độ cứng dọc trục)

Độ cứng theo phương đứng của một gối cách chấn đàn hồi được tính theo công thức sau:

$$K_V = \frac{E_c A}{t_r} \quad (5)$$

trong đó: E_c là mô-đun chịu nén tức thời của hỗn hợp cao su - lớp lá thép dưới tải trọng theo phương đứng.

Theo Kelly và Konstantinidis [5], với gó cách chấn có mặt cắt ngang hình chữ nhật cạnh ngắn là $2b$ và cạnh

$$E_c = \frac{384}{\pi^4} GS^2 (1 + \rho)^2 \sum_{m=1,3,5...}^{\infty} \frac{1}{m^4} \left(1 - \frac{2\rho}{m\pi} \tanh\left(\frac{m\pi}{2\rho}\right) \right) \quad (6)$$

Đặc biệt, với gó cách chấn có mặt cắt ngang hình vuông thì $E_c = 6.748GS^2$, với gó cách chấn có mặt cắt ngang hình chữ nhật dài vô tận thì $E_c = 4GS^2$. Đối với gó cách chấn có mặt cắt ngang hình tròn thì $E_c = 6GS^2$.

3. Quy trình các bước thiết kế kích thước gó cách chấn đàn hồi cho công trình dân dụng chịu động đất ở Việt Nam theo Tiêu chuẩn ASCE/SEI 7-10

- Bước 1:** Cho khu vực xây dựng và loại đất nền. Từ khu vực xây dựng, xác định được đỉnh gia tốc nền tham chiếu trên nền đất loại A, a_{gR} , tra trong bảng phụ lục H phần 1 của tiêu chuẩn TCVN 9386:2012.
- Bước 2:** Xác định phổ phản ứng gia tốc đàn hồi theo phương ngang ở chu kỳ dài 1s tại khu vực xây dựng công trình, S_T theo chu kỳ lặp 2500 năm trên nền đất loại B. Chú ý rằng tiêu chuẩn ASCE/SEI 7-10 quy định $S_T \leq 0.6$.

Tiêu chuẩn ASCE/SEI 7-10 được biên soạn và áp dụng ở Hoa Kỳ nên yêu cầu đầu vào về động đất khác với Việt Nam. Tiêu chuẩn TCVN 9386:2012 sử dụng đầu vào là đỉnh gia tốc nền tham chiếu a_{gR} chu kỳ lặp 500 năm trên nền đất loại A. Trong khi đó, ASCE/SEI 7-10 sử dụng phân vùng động đất, không căn cứ vào trị số đỉnh gia tốc nền lớn nhất mà theo các phổ phản ứng gia tốc cực đại MCE (Maximum Considered Earthquake) chu kỳ lặp 2500 năm. Vì vậy, khi muốn sử dụng các quy định về gó cách chấn đáy của tiêu chuẩn ASCE/SEI 7-10 với các

dài là l , mô-đun chịu nén của gó được tính theo hệ số hình dạng (S) và hệ số diện mạo ($\rho = 2b/l$) như sau:

công trình ở Việt Nam cần chuyển đổi đỉnh gia tốc nền tham chiếu a_{gR} với chu kỳ lặp 500 năm về đỉnh gia tốc nền a_g với chu kỳ lặp 2500 năm.

Trong ASCE/SEI 7-10, phổ phản ứng gia tốc MCE được xác định thông qua hai giá trị phổ phản ứng chu kỳ ngắn 0.2s (S_S) và phổ phản ứng chu kỳ dài 1s (S_T), tất cả lấy trên nền đất loại B. Đây là các thông số đầu vào bắt buộc khi tính toán công trình chịu động đất. Các thông số S_S và S_T nếu tính động đất tại Hoa Kỳ thì được tra tại các bản đồ phân vùng động đất phổ phản ứng gia tốc đã được lập cho tất cả các khu vực ở Hoa Kỳ. Tuy nhiên, nếu tính toán cho công trình chịu động đất ở Việt Nam theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ thì cần phải xác định các thông số này phù hợp với đặc trưng địa chấn ở Việt Nam.

Theo khuyến nghị trong tiêu chuẩn TCVN 9386:2012 hoặc ở tài liệu của Nguyễn Đại Minh và cs [6], chuyển đổi đỉnh gia tốc nền tham chiếu a_{gR} (chu kỳ lặp 500 năm) ra các giá trị phổ phản ứng ở tiêu chuẩn ASCE/SEI 7-10 (chu kỳ lặp 2500 năm) như sau:

$$S_S = 4.275 \times a_{gR} / g \quad (7)$$

$$S_T = 1.71 \times a_{gR} / g \quad (8)$$

g là gia tốc trọng trường.

- Bước 3:** Xác định hệ số nền F_v theo bảng 1 (Bảng 11.4-2 của tiêu chuẩn ASCE/SEI 7-10) liên quan đến loại nền đất và phổ gia tốc ngang ở chu kỳ dài 1s, S_T .

Bảng 1. Hệ số nền F_v (Bảng 11.4-2 tiêu chuẩn ASCE/SEI 7-10)

Loại nền đất	Giá trị F_v tương ứng với các giá trị S_T khác nhau				
	$S_T \leq 0.1$	$S_T = 0.2$	$S_T = 0.3$	$S_T = 0.4$	$S_T \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4

Chú ý rằng: Nền loại C theo Tiêu chuẩn TCVN 9386:2012 ứng với nền loại D theo ASCE/SEI 7-10; Nền loại D theo Tiêu chuẩn TCVN 9386:2012 ứng với nền loại E theo ASCE/SEI 7-10 (theo các tài liệu

của Nguyễn Đại Minh và cs [6]; Nguyễn Hồng Hải và cs [7]).

- Bước 4:** Tính toán các hệ số động S_{M1} và S_{D1} :
- $$S_{M1} = F_v S_T \quad (9)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (10)$$

• **Bước 5:** Cho loại gối cách chấn đàn hồi và hệ số cản nhớt hiệu dụng β_D . Các giá trị này là giá trị mà nhà thiết kế mong muốn trong quá trình thiết kế. Giá trị thực tế của các thông số này được xác định

trong thí nghiệm nguyên mẫu gối cách chấn sau này (bước 13).

Ứng với hệ số cản nhớt β_D sẽ có giá trị của hệ số giảm nhớt B_D tương ứng thể hiện qua bảng 2 (bảng 17.5-1 tiêu chuẩn ASCE/SEI 7-10).

Bảng 2. Hệ số B_D hoặc B_M (bảng 17.5-1 tiêu chuẩn ASCE/SEI 7-10)

Hệ số cản nhớt β_D hoặc β_M	Hệ số B_D hoặc B_M
≤ 2	0.8
5	1.0
10	1.2
20	1.5
30	1.7
40	1.9
≥ 50	2.0

• **Bước 6:** Chọn chu kỳ của hệ cách chấn tại giá trị chuyển vị ngang thiết kế, T_d :

$$3T_f \leq T_d \leq 3s \quad (11)$$

T_f là chu kỳ dao động riêng của kết cấu bên trên với giả thiết dùng móng cứng. Giá trị chu kỳ của hệ cách chấn T_d thường chọn sơ bộ trong khoảng $1.5 \div 2.5$ s.

Giá trị T_f có thể xác định thông qua mô hình kết cấu công trình trong các phần mềm SAP2000, ETABS,... Đối với nhà cao tầng khung bê tông cốt thép có n tầng, có thể tính gần đúng $T_f = 0.1n$.

• **Bước 7:** Đánh giá độ cứng ngang hiệu dụng của gối cách chấn, K_{eff} :

$$T_d = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_{D,\min} g}} \rightarrow K_{eff} = \frac{W}{g} \left(\frac{2\pi}{T_d} \right)^2 \quad (12)$$

W là tải trọng thẳng đứng thiết kế cho một gối cách chấn, thường là giá trị lực dọc chân cột công trình tại vị trí đặt gối cách chấn.

• **Bước 8:** Đánh giá chuyển vị ngang thiết kế của gối cách chấn, D_D :

$$D_D = \left(\frac{g}{4\pi^2} \right) \frac{S_{D1} T_d}{B_D} \quad (13)$$

• **Bước 9:** Đánh giá tổng chiều dày yêu cầu của lớp cao su trong gối, t_r :

$$\gamma = \frac{D}{t_r} \rightarrow t_r = \frac{D}{\gamma} \quad (14)$$

D được lấy theo giá trị D_D ở bước trên, hệ số γ thường lấy bằng 150% cho gối cách chấn đàn hồi thông thường.

• **Bước 10:** Tính toán diện tích mặt cắt ngang của gối, A :

$$A > \frac{K_{eff} t_r}{G} \quad (15)$$

trong đó, mô-đun cắt G phụ thuộc vào loại cao su sử dụng trong gối cách chấn, thông thường $G = 0,5 \div 1,2$ MPa. Độ cứng ngang hiệu dụng (K_{eff}) là kết quả tính ở công thức (12). Tổng chiều dày lớp cao su trong gối (t_r) tính ở công thức (14).

• **Bước 11:** Giả thiết hệ số hình dạng của gối cách chấn, S , nằm trong khoảng giá trị từ 10 đến 20 cho nguyên mẫu gối cách chấn sử dụng cho công trình thực tế. Từ đó, tính được số lớp cao su, n_e , chiều dày một lớp cao su, t_e , chiều dày một lớp lá thép, t_f và tổng chiều dày của gối, h .

• **Bước 12:** Tính lại độ cứng của gối cách chấn đàn hồi theo các công thức (4), (5).

• **Bước 13:** Tiến hành gia công, chế tạo mẫu gối cách chấn đàn hồi theo đúng kích thước và thông số vật liệu như thiết kế ở trên. Xây dựng mô hình thí nghiệm để xác định độ cứng ngang hiệu dụng và hệ số cản nhớt thực tế của các gối cách chấn dưới áp lực thẳng đứng thiết kế và chuyển vị ngang vòng lặp tuân theo hàm điều hòa dạng đường hàm sin. Sau khi thí nghiệm, kết quả các đặc tính cơ học của mẫu gối cách chấn phù hợp với thiết kế, gối cách chấn được sản xuất hàng loạt và sử dụng cho công trình đã thiết kế.

4. Ví dụ tính toán

Lựa chọn kích thước gối cách chấn sử dụng cho công trình dân dụng ở Quận Thanh Xuân, Hà

Nội. Công trình 8 tầng khung bê tông cốt thép với 20 gối cách chân đáy dàn hồi đặt dưới chân cột. Mỗi gối cách chân chịu trọng lượng phần thân công trình truyền xuống khoảng $W = 1600 \text{ kN}$. Công trình đặt trên nền đất loại D theo TCVN 9386:2012 (đất rời trạng thái từ xốp đến chặt vừa hoặc đa phần đất dính trạng thái từ mềm đến cứng vừa). Chu kỳ dao động riêng của kết cấu công trình khi sử dụng móng cứng có thể lấy gần đúng $T_f = 0.80 \text{ s}$. Hãy lựa chọn kích thước gối cách chân theo tiêu chuẩn ASCE/SEI 7-10, biết gối có tiết diện ngang hình vuông.

• **Bước 1:** Từ bảng phụ lục H phần 1 của tiêu chuẩn TCVN 9386:2012, công trình tại Quận Thanh Xuân, Hà Nội có đỉnh gia tốc nền tham chiếu chu kỳ lặp 500 năm là $a_{gR} = 0.1097g$.

• **Bước 2:** Tính $S_1 = ?$

Từ công thức (8) có:
 $S_1 = 1.71 \times a_{gR} / g = 1.71 \times 0.1097 = 0.1876$;
 Vậy $S_1 = 0.1876 < 0.6$ (thỏa mãn).

• **Bước 3:** Hệ số nền F_v tra theo Bảng 1 (Bảng 11.4-2 của tiêu chuẩn ASCE/SEI 7-10) dựa vào loại nền đất.

Nền đất loại D theo TCVN 9386:2012 ứng với nền đất loại E theo ASCE/SEI 7-10. Từ Bảng 1 với $S_1 = 0.1876$ và nền đất loại E có $F_v = 3.23$.

• **Bước 4:** Tính toán các hệ số động S_{M1} và S_{D1} :

$$S_{M1} = F_v S_1 = 3.23 \times 0.1876 = 0.60$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0.60 = 0.40$$

• **Bước 5:** Sử dụng gối cách chân dàn hồi thông thường với giả thiết hệ số cản nhớt hiệu dụng $\beta_D = 10\%$. Từ đó, tra Bảng 2 (Bảng 17.5-1 tiêu chuẩn ASCE/SEI 7-10) được giá trị $B_D = 1.2$.

• **Bước 6:** Chọn chu kỳ của hệ cách chân tại giá trị chuyển vị ngang thiết kế, T_d sao cho:

$$3T_f = 3 \times 0.80 = 2.4 \text{ s} \leq T_d \leq 3 \text{ s}$$

Chọn $T_d = 2.5 \text{ s}$.

• **Bước 7:** Đánh giá độ cứng ngang hiệu dụng của gối cách chân, K_{eff} từ công thức (12):

$$K_{eff} = \frac{W}{g} \left(\frac{2\pi}{T_d} \right)^2 = \frac{1600}{9.81} \cdot \left(\frac{2\pi}{2.5} \right)^2 = 1030 \text{ (kN / m)}$$

• **Bước 8:** Đánh giá chuyển vị ngang thiết kế của gối cách chân, D_D từ công thức (13):

$$D_D = \left(\frac{g}{4\pi^2} \right) \frac{S_{D1} T_d}{B_D} = \left(\frac{9.81}{4\pi^2} \right) \frac{0.40 \times 2.5}{1.2} = 0.207 \text{ (m)} = 207 \text{ (mm)}$$

• **Bước 9:** Đánh giá tổng chiều dày yêu cầu của lớp cao su trong gối, t_r :

$$\gamma = \frac{D}{t_r} = 1.5 \rightarrow t_r = \frac{D}{\gamma} = \frac{207}{1.5} = 138 \text{ (mm)}$$

• **Bước 10:** Sử dụng cao su tổng hợp có $G = 0.9 \text{ MPa}$. Vậy diện tích mặt cắt ngang của gối (A) là:

$$A > \frac{K_{eff} t_r}{G} = \frac{1030 \times 0.138}{0.90 \times 10^3} = 0.1579 \text{ (m}^2) \rightarrow a = \sqrt{A} = \sqrt{0.1579} = 0.397 \text{ (m)} = 397 \text{ (mm)}$$

Chọn $a = 400 \text{ (mm)}$.

• **Bước 11:** Giả thiết hệ số hình dạng của gối cách chân $S = 12.5$. Từ công thức (2) tính được chiều dày của từng lớp cao su là:

$$t_e = \frac{a}{4S} = \frac{400}{4 \times 12.5} = 8 \text{ (mm)}$$

Chọn $t_e = 8 \text{ (mm)}$.

Số lớp cao su là $n = \frac{t_r}{t_e} = \frac{138}{8} = 17.25$ Lấy $n = 18$.

Chọn mỗi lớp lá thép dày $t_f = 3 \text{ (mm)}$. Vậy tổng chiều dày của gối cách chân là:

$$h = t_r + (n - 1)t_f = 18 \times 8 + (18 - 1) \times 3 = 195 \text{ (mm)}$$

(chiều cao h là chưa kể đến chiều dày của 2 tấm đế thép ở đáy và đỉnh gối).

Vậy kích thước của gối cách chấn là $400 \times 400 \times 195$ (mm).

- **Bước 12:** Tính lại độ cứng theo phương ngang và phương đứng của gối theo công thức (4) và (5):

$$K_H = \frac{GA}{t_r} = \frac{0.9 \times 10^3 \times (0.4 \times 0.4)}{(0.008 \times 18)} = 1000 \text{ (kN / m)};$$

$$S = \frac{a}{4t_e} = \frac{400}{4 \times 8} = 12.5;$$

$$K_V = \frac{E_c A}{t_r} = \frac{6.748 G S^2 A}{t_r} = \frac{6.748 \times (0.9 \times 10^3) \times 12.5^2 \times (0.4 \times 0.4)}{(0.008 \times 18)} = 1054375 \text{ (kN / m)};$$

5. Kết luận

Nghiên cứu này trình bày quy trình các bước lựa chọn kích thước gối cách chấn đàn hồi sử dụng cho công trình dân dụng chịu động đất ở Việt Nam theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ ASCE/SEI 7-10. Một ví dụ áp dụng thiết kế sơ bộ kích thước gối cách chấn đàn hồi hình vuông cho một công trình cụ thể ở Hà Nội được thực hiện. Bài báo này là tài liệu tham khảo cho các nhà thiết kế biết cách lựa chọn kích thước gối cách chấn đàn hồi áp dụng cho công trình dân dụng chịu động đất ở Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] UBC-1997. Uniform Building Code, USA, 1997.
- [2] ASCE/SEI 7-10. Minimum design load for buildings and other structures. *American Society of Civil Engineers, USA, 2010.*
- [3] Naeim F., Kelly J.M. (1999), "Design of Seismic Isolated Structures: From Theory to Practice", *John Wiley & Sons, Ltd.*
- [4] TCVN 9386:2012. Tiêu chuẩn thiết kế công trình chịu động đất.
- [5] Kelly J.M., Constantinidis D.A. (2011), "Mechanics of Rubber Bearings for Seismic and Vibration Isolation", *John Wiley & Sons, Ltd.*
- [6] Nguyễn Đại Minh, Nguyễn Trung Nghị, Nguyễn Quỳnh Hoa (2013), "Tính toán nhà cao tầng chịu động đất ở Việt Nam theo ASCE 7-05", *Tuyển tập báo cáo Hội nghị khoa học kỷ niệm 50 năm ngày thành lập Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng, tập 3, tr. 269-277.*
- [7] Nguyễn Hồng Hải, Nguyễn Hồng Hà, Vũ Xuân Thương (2014), "Phổ phản ứng chuyển vị trong phân tích nhà cao tầng chịu động đất ở Việt Nam bằng phương pháp tính phi tuyến", *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, số 4, tr. 3-9.*

Ngày nhận bài: 22/3/2018.

Ngày nhận bài sửa lần cuối: 05/10/2018.