

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ CỦA GỐI CON LẮC MA SÁT ĐÔI SỬ DỤNG TRONG CÔNG TRÌNH CÁCH CHẤN THẤP TẦNG

NGUYỄN VĂN NAM

Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Công nghiệp thành phố Hồ Chí Minh.
nguyenvannam@iuh.edu.vn

Tóm tắt. Cách chấn đáy được biết là một kỹ thuật điều khiển kết cấu bị động. Nó mang lại hiệu quả thiết kế kháng chấn cao so với những giải pháp thiết kế truyền thống. Gối con lắc ma sát đôi (Double Friction Pendulum, DFP) là một thiết bị cách ly dao động, được sử dụng rất phổ biến trong kỹ thuật cách chấn đáy ở nhiều nước phát triển thời gian gần đây. Bài báo này đánh giá chi tiết hiệu quả giảm chấn của gối DFP sử dụng trong những công trình thấp tầng chịu động đất. Nghiên cứu được tiến hành bằng việc phân tích một mô hình đơn giản kết cấu nhà 5 tầng được cách chấn bằng gối DFP, chịu 21 băng gia tốc nền khác nhau bằng ngôn ngữ Matlab. Kết quả phân tích cho thấy hiệu quả giảm chấn của dạng gối này là rất tốt và sự thích nghi cao của nó với nhiều băng gia tốc nền có đặc trưng khác nhau. Bên cạnh đó, ảnh hưởng của hệ số ma sát và sự va chạm xảy ra bên trong gối do dịch chuyển ngang lớn cũng được ước lượng.

Từ khóa. Cách chấn đáy, thiết kế chịu động đất, điều khiển kết cấu, gối con lắc ma sát.

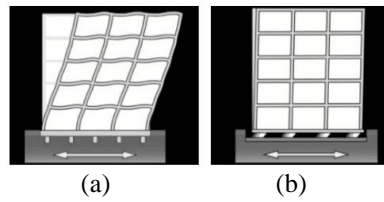
EVALUATION OF THE EFFECTS OF THE DOUBLE FRICTION PENDULUM BEARING USED IN SEISMICALLY ISOLATED LOW-RISE BUILDINGS

Abstract. Seismic base isolation is known as a passive structural control technique. It offers a high efficiency in the seismic resistant design compared to traditional design solutions. The double friction pendulum (DFP) bearing is a vibration isolation device, it has been used very commonly in seismic isolation techniques in many developed countries recently. This paper evaluates in detail the seismic reduction effectiveness of the DFP bearing used in low-rise buildings subject to earthquakes. The study is conducted by analyzing a simple model of a 5-storey building with seismic isolation using the DFP bearing, subjected to 21 different ground-acceleration records in Matlab language. The analytical results show seismic reduction effectiveness of this bearing and its high adaptability to many ground acceleration records with varying characteristics. In addition, the effects of the friction coefficient and the impact occurring inside the bearing due to the large horizontal displacement are also estimated.

Keywords. Seismic base isolation, earthquake resistant design, control structures, friction pendulum bearings.

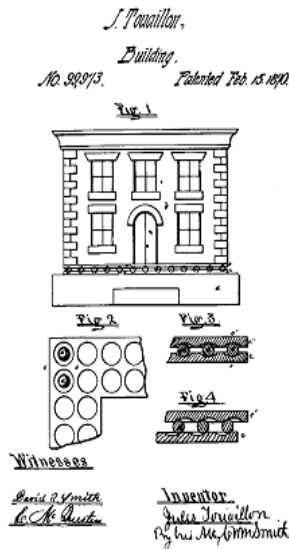
1 GIỚI THIỆU

Ý tưởng của kỹ thuật cách chấn đáy (base isolation) xuất hiện từ rất lâu. Tuy có thể là chưa có những nghiên cứu bài bản nhưng cũng đã có những công trình áp dụng ý tưởng này cách đây hơn 100 năm. Trong thời gian gần đây, kỹ thuật này đã có được nghiên cứu áp dụng vào thiết kế kháng chấn và có những phát triển mạnh mẽ [1]. Một thiết bị, được gọi là gối cách chấn, được đặt ở giữa phần móng và kết cấu bên trên của một công trình. Gối này có độ cứng ngang nhỏ hơn rất nhiều so với độ cứng của kết cấu, nó làm nhiệm vụ cách ly chuyển động nền với kết cấu bên trên, ngắt nguồn năng lượng động đất truyền vào kết cấu. Kết cấu cách chấn có chu kỳ dao động cơ bản tăng lên, tránh xa vùng chu kỳ trội của những trận động đất, giảm đáng kể những phản ứng bất lợi do động đất [2]. Kết cấu bên trên như một khối cứng, có chuyển vị ngang tương đối giữa các bộ phận kết cấu rất nhỏ, minh họa như Hình 1. Có nhiều dạng gối cách chấn được nghiên cứu chế tạo và sử dụng trong kỹ thuật thiết kế cách chấn đáy. Trong số đó, có hai dạng gối phổ biến nhất là gối cao su và gối con lắc ma sát. Những dạng gối này đã được giới thiệu trong những nghiên cứu trước [2], [3].



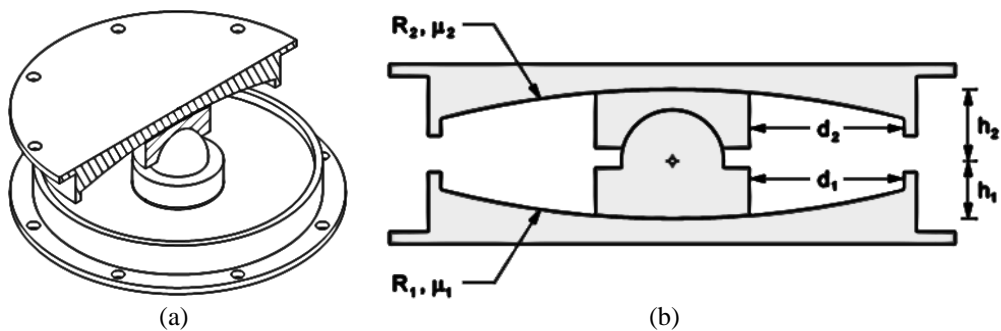
Hình 1: Hiệu quả của kỹ thuật cách chấn đánh. (a) Kết cấu truyền thống, (b) Kết cấu cách chấn đáy.

Gối con lắc ma sát đôi (Double Friction Pendulum bearing, gối DFP), là một dạng gối con lắc ma sát, được giới thiệu ở những năm đầu thế kỷ 21 bởi Tsai và cộng sự [4]. Gối được thiết kế dựa trên ý tưởng của của Touaillon được cấp bằng sáng chế năm 1870 [5], như Hình 2. Đây được xem như là một cải tiến của gối con lắc ma sát với khả năng chuyển vị ngang lớn.



Hình 2: Bằng sáng chế của Touaillon [5].

Cấu tạo của gối DFP như Hình 3, nhóm nghiên cứu Fenz và cộng sự đã trình bày rất chi tiết về cấu tạo, nguyên lý hoạt động của gối DFP trong những nghiên cứu trước [6], [7]. Nó được chế tạo bằng kim loại cứng chống rỉ, gồm một con lắc trượt trên hai mặt cong có bán kính R_1 và R_2 với hệ số ma sát μ_1 và μ_2 giữa con lắc và mặt cong là tương đối nhỏ (từ 1% đến 15%). Bán kính mặt cong kết hợp với tổng trọng lượng kết cấu bên trên tạo ra độ cứng ngang cho con lắc, độ cứng này tạo ra lực phục hồi để đưa con lắc về vị trí trung tâm khi kết thúc các chuyển động. Hệ số ma sát giữa con lắc và các mặt cong tạo ra độ cứng ban đầu và tiêu tán một phần năng lượng khi con lắc trượt trên mặt cong. Trong kỹ thuật cách chấn đáy, kết cấu cách chấn sẽ có dịch chuyển ngang tại gối tương đối lớn, khả năng dịch chuyển của gối DFP là $d = d_1 + d_2$.



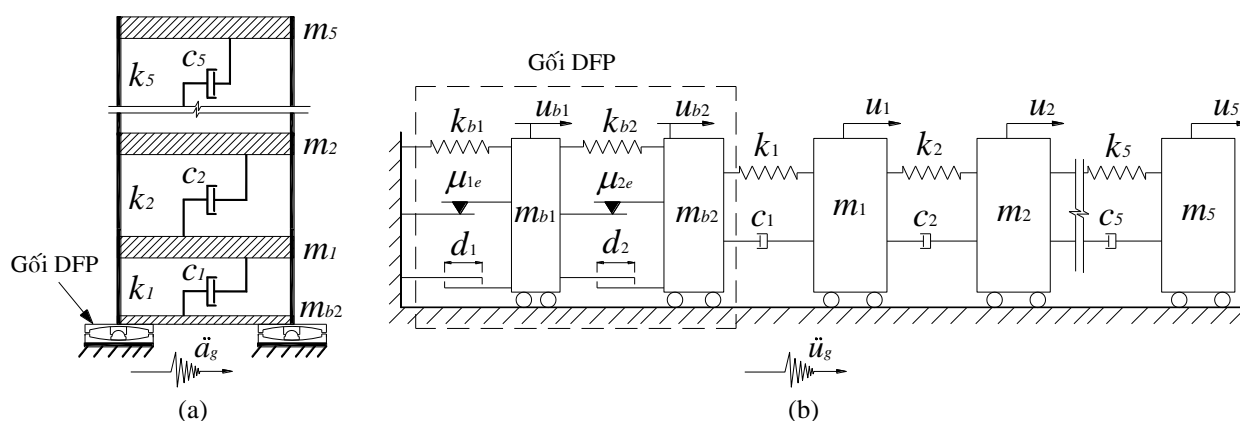
Hình 3: Gối con lắc ma sát đôi, gối DFP. (a) Cấu tạo bên trong, (b) Mặt cắt ngang [7].

Kỹ thuật cách chấn đáy được sử dụng đầu tiên và phổ biến cho những kết cấu cứng, có chu kỳ nhỏ, như là những nhà thấp tầng [8]. Chu kỳ cơ bản của kết cấu thấp tầng thường gần vùng chu kỳ trội của những trận

động đất nên phản ứng của nó thường rất mạnh khi chịu động đất và khả năng hư hỏng, cũng như những nguy cơ về hiểm họa là rất lớn. Sử dụng kỹ thuật cách chấn đáy để tăng chu kỳ cơ bản của kết cấu sẽ là giải pháp thiết kế hiệu quả cho những dạng kết cấu này. Bên cạnh đó, những kết cấu thấp tầng sẽ ít có những nhược điểm và những khó khăn khi sử dụng giải pháp kỹ thuật này so với nhà cao tầng. Trong nghiên cứu này, phân tích khảo sát một mô hình kết cấu nhà 5 tầng được cách chấn đáy bằng gối DFP chịu 21 băng gia tốc ngẫu nhiên, có đặc trưng khác nhau được thực hiện. Kết quả phân tích được so sánh với trường hợp thiết kế truyền thống, không sử dụng cách chấn đáy. Hiệu quả giảm chấn của kết cấu được đánh giá thông qua những giá trị: Tỉ số chuyển vị ngang tương đối với chiều cao công trình; gia tốc tuyệt đối trong tầng trên cùng, lực cắt trong tầng dưới cùng và tổng lực cắt đáy.

2 MÔ HÌNH PHÂN TÍCH KẾT CẤU

Mô hình sử dụng phân tích là một mô hình đơn giản, ứng xử 1 chiều (1D). Ở đây, kết cấu nhà 5 tầng được giả thiết với bản sàn tuyệt đối cứng, bỏ qua chuyển vị xoay, mỗi tầng được thể hiện bằng một khối lượng gồm 1 bậc tự do là chuyển vị theo phương ngang. Các đặc trưng vật lý của mỗi bậc tự do bao gồm: khối lượng m_i , độ cứng ngang k_i và hệ số cản c_i . Gối DFP được mô hình hóa là 2 phần tử ma sát nối tiếp được Fenz và công sự thiết lập trong nghiên cứu [7]. Mô hình 1D của kết cấu nhà 5 tầng gắn gối DFP chịu gia tốc nền \ddot{u}_g được trình bày như Hình 4 [9].



Hình 4: Mô hình kết cấu cách chấn 1D. (a) Mô hình lý tưởng, (b) Mô hình tương đương [9].

Hai phần tử ma sát nối tiếp của gối trên Hình 4 có những đặc trưng vật lý được xác định thông qua các thông số kỹ thuật của gối và kết cấu bên trên. Trong đó, phần tử thứ nhất có các đặc trưng vật lý là: khối lượng m_{b1} , độ cứng k_{b1} , hệ số ma sát μ_{1e} và khả năng trượt là d_1 . Phần tử thứ hai có các đặc trưng vật lý là: khối lượng m_{b2} , độ cứng k_{b2} , hệ số ma sát μ_{2e} và khả năng trượt là d_2 . Khối lượng m_{b2} được xác định tương đương với khối lượng của tầng dưới cùng của kết cấu, khối lượng m_{b1} xem như rất nhỏ. Khả năng trượt d_1 và d_2 là các kích thước như Hình 3, đây là khả năng chuyển vị ngang của gối. Độ cứng của mỗi lò xo trong phần tử nối tiếp được xác định như Phương trình 1 [7].

$$\begin{cases} k_{b1} = \frac{W}{R_1 - h_1} \\ k_{b2} = \frac{W}{R_2 - h_2} \end{cases} \quad (1)$$

trong đó: W là tổng trọng lượng bên trên của kết cấu, R_i và h_i là những bán kính cong và chiều cao của con lắc như trên Hình 3.

Hệ số ma sát μ_{1e} và μ_{2e} trong mô hình được xác định theo Phương trình 2. Những đại lượng này thay đổi, phụ thuộc vào vận tốc trượt và áp lực bề mặt [10]:

$$\mu_e = \mu_{\max} - (\mu_{\max} - \mu_{\min}) e^{-\alpha|u|} \quad (2)$$

trong đó: μ_{\max} và μ_{\min} là hệ số ma sát ứng với vận tốc trượt lớn nhất và nhỏ nhất của con lắc trên mặt cong, α (s/m) là một hằng số phụ thuộc vào áp lực bề mặt ứng với mỗi vật liệu và u là vận tốc trượt.

Phương trình vi phân tại chuyển vị ngang u của hệ được thiết lập trên cơ sở cân bằng động theo nguyên lý D'Alembert cho mỗi khối lượng chuyển động trong mô hình như Phương trình 3. Phân tích theo lịch sử thời gian bằng cách giải phương trình vi phân chuyển động này để xác định được ứng xử của kết cấu. Việc giải phương trình vi phân chuyển động được thực hiện bằng các phương pháp số được lập trình bằng ngôn ngữ Matlab.

$$\mathbf{M}(\ddot{\mathbf{u}} + \ddot{a}_g) + \mathbf{C}\dot{\mathbf{u}} + \mathbf{K}\mathbf{u} + F_f + F_r = 0 \quad (3)$$

trong đó: \mathbf{M} , \mathbf{C} , \mathbf{K} lần lượt là ma trận khối lượng, ma trận cản và ma trận độ cứng của kết cấu. Thành phần lực ma sát và lực cản trong gối lần lượt là F_f và F_r .

Thành phần lực ma sát trong phân tử nối tiếp được xác định theo mô hình dẻo (Viscoplasticity model, mô hình Bouc - Wen hiệu chỉnh) như Phương trình 4 [10], [11]:

$$\begin{cases} F_{f1} = W\mu_{1e}Z_1 \\ F_{f2} = W\mu_{2e}Z_2 \end{cases} \quad (4)$$

trong đó: Z_i được xác định theo Phương trình 5.

$$Y\dot{Z} + \gamma|\dot{u}|Z|Z|^{n-1} + \beta\dot{u}Z^n - A\dot{u} = 0 \quad (5)$$

các hằng số trong Phương trình 5 bao gồm A , Y , β , γ và η cũng được tác giả xác định từ thực nghiệm [11]. Khi chuyển vị con lắc vượt chuyển vị giới hạn của gối là d_1 và d_2 như Hình 3, bên trong gối xuất hiện các thành phần lực va chạm F_r trên từng mặt cong được xác định theo Phương trình 6 [7].

$$\begin{cases} F_{r1} = k_{r1}(|u_{b1}| - d_1)\text{sign}(u_{b1})H(|u_{b1}| - d_1) \\ F_{r2} = k_{r2}(|u_{b2} - u_{b1}| - d_2)\text{sign}(u_{b2} - u_{b1})H(|u_{b2} - u_{b1}| - d_2) \end{cases} \quad (6)$$

trong đó: H là giá trị hàm heaviside, k_r là độ cứng lúc va chạm có giá trị lớn.

3 PHÂN TÍCH MỘT KẾT CẤU ĐIỂN HÌNH

Sử dụng mô hình kết cấu như Mục 2 để phân tích một ví dụ bằng số cho kết cấu nhà 5 tầng cụ thể chịu tác động từ những băng gia tốc nền. Nghiên cứu này tiến hành phân tích với 02 mô hình kết cấu: Kết cấu ngàm cứng tại móng (không được cách chấn) và Kết cấu cách chấn bằng gối DFP. Kết quả phân tích theo lịch sử thời gian được sử dụng để đánh giá hiệu quả giảm chấn của gối DFP.

3.1 Thông số của mô hình phân tích

Kết cấu chọn phân tích là một ngôi nhà 5 tầng, vật liệu có tỉ số cản $\xi = 5\%$. Kết cấu này được lựa chọn bằng cách giả định, có độ cứng ở các tầng là như nhau và lấy bằng 100 kN/mm, khối lượng ở các tầng đều lấy bằng 0.051 kNs²/mm. Kết cấu này có chu kỳ cơ bản $T_1 = 0.5$ s.

Thông số kỹ thuật của gối DFP được chọn trong phân tích này như sau: $R_1 = R_2 = 3000$ mm, $h_1 = 40$ mm, $h_2 = 60$ mm, $d_1 = d_2 = 500$ mm, $\mu_1 = 0.02 - 0.06$, $\mu_2 = 0.06 - 0.1$.

Thông số hiệu chỉnh biến trễ Z : $A = 1$; $Y = 0.25$ mm; $\gamma = 0.9$; $\beta = 0.1$; $\eta = 2$ [11].

Thông số hiệu chỉnh hệ số ma sát phụ thuộc vận tốc trượt: $\alpha = 0.02$ s/mm [11].

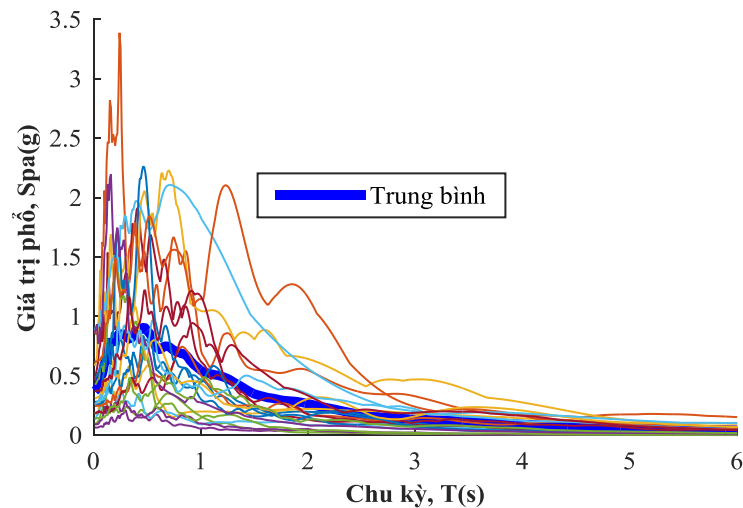
3.2 Thông số gia tốc nền

Dữ liệu gia tốc nền là các băng gia tốc thực của những trận động đất được lấy từ trung tâm nghiên cứu động đất Thái Bình Dương của đại học Berkeley, Mỹ (PEER) [12], những thông số chính của những băng gia tốc được tổng hợp ở Bảng 1. Những băng gia tốc này có cường độ tương đối lớn ($M_w > 6$). Gia tốc đỉnh PGA được chọn ở nhiều cấp độ khác nhau, từ nhỏ (PGA = 0.092g) đến lớn (PGA = 0.874g). Phổ gia tốc của những băng gia tốc được trình bày trong Hình 5. Trong hình này, đường trung bình của 21 băng gia tốc có vùng chu kỳ trội khoảng 0.5 s. Qua đó, có thể nhận thấy những kết cấu thấp tầng sẽ rất nhạy cảm và dễ bị phá hoại dưới tác động của động đất.

Bảng 1: Thông số gia tốc nền.

TT	Số hiệu	Trận động đất (Ký hiệu)	Năm	Vị trí	M_w	PGA (g)
1	6	Imperial Valley-02 (6ELC)	1940	El Centro Array #9	6.95	0.281
2	143	Tabas Iran (143TAB)	1978	Tabas	7.35	0.854
3	173	Imperial Valley-06 (173ELC)	1979	El Centro Array #10	6.53	0.173
4	452	Morgan Hill (452FOS)	1984	Foster City - APEEL 1	6.19	0.065

5	608	Whittier Narrows-01 (608CAW)	1987	Carson - Water St	5.99	0.098
6	718	Superstition Hills-01 (718IVW)	1994	Imperial Valley	6.22	0.133
7	741	Loma Prieta (741BRA)	1989	BRAN	6.93	0.449
8	759	Loma Prieta (759LOM)	1989	Foster City - APEEL	6.93	0.257
9	777	Loma Prieta (777LOM)	1989	Hollister City Hall	6.93	0.246
10	779	Loma Prieta (779LOM)	1989	LGPC	6.93	0.570
11	962	Northridge-01 (962CAS)	1994	Carson - Water St	6.69	0.092
12	998	Northridge-01 (998NOR)	1994	LA - N Westmoreland	6.69	0.432
13	1063	Northridge-01 (1063NOR)	1994	Rinaldi Receiving Sta	6.69	0.874
14	1104	Kobe Japan (1104KOB)	1995	Fukushima	6.9	0.185
15	1111	Kobe Japan (1111KOB)	1995	Nishi-Akashi	6.9	0.483
16	1120	Kobe Japan (1120KOB)	1995	Takatori	6.9	0.618
17	1158	Kocaeli Turkey (1158DZC)	1999	Duzce	7.51	0.312
18	1605	Duzce Turkey (1605DUZ)	1999	Duzce	7.14	0.739
19	4100	Coalinga-01 (4100PAF)	1983	Parkfield - Fault Zone 1	6.0	0.143
20	6959	Darfield New Zealand (6959DAR)	1983	Christchurch Resthaven	7.0	0.261
21	8123	New Zealand (8123CHR)	2011	Christchurch Resthaven	6.2	0.371



Hình 5: Phổ phản ứng đàn hồi theo phương ngang.

3.3 Đánh giá hiệu quả giảm chấn

Tiêu chí sử dụng để đánh giá hiệu quả giảm chấn của gối trong kết cấu cách chấn bao gồm: Tỷ số chuyển vị ngang tương đối của công trình với chiều cao công trình (P_1); Tổng lực cắt đáy (P_2); Gia tốc tuyệt đối lớn nhất trong tầng trên cùng, tầng 5 (P_3); Lực cắt lớn nhất trong tầng dưới cùng, tầng 1 (P_4). Những đại lượng này được tính toán như Phương trình 7. Kết quả tính toán cho từng trường hợp phân tích được tổng hợp và trình bày trong Bảng 2.

$$P = 100\% \frac{S_{iso} - S_{fix}}{S_{fix}} \quad (7)$$

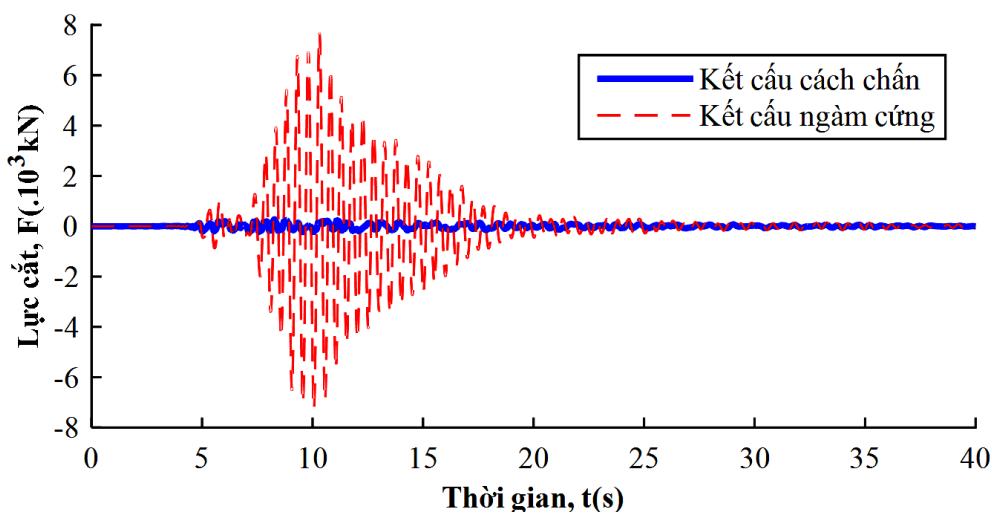
trong đó: S_{iso} và S_{fix} lần lượt là các đại lượng phân tích trong trường hợp kết cấu cách chấn và kết cấu không cách chấn.

Bảng 2: Hiệu quả giảm chấn của gối DFP.

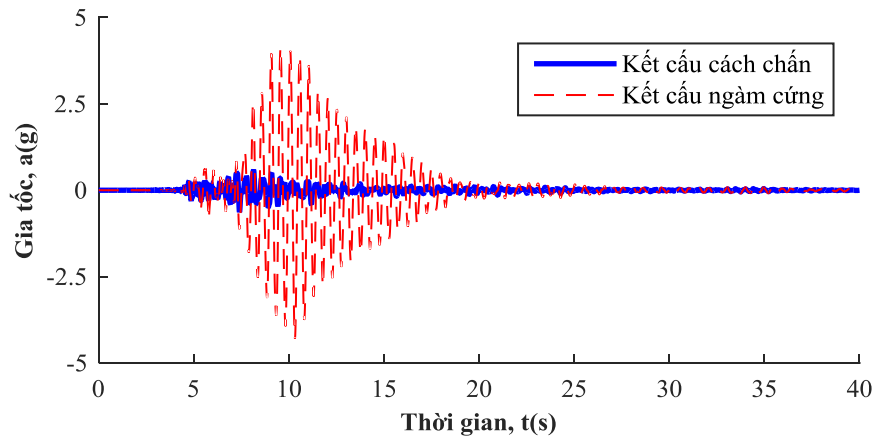
TT	Số hiệu	Trận động đất (Ký hiệu)	Hiệu quả P_1 (%)	Hiệu quả P_2 (%)	Hiệu quả P_3 (%)	Hiệu quả P_4 (%)
1	6	Imperial Valley-02 (6ELC)	84.58	56.49	57.06	86.82
2	143	Tabas Iran (143TAB)	89.03	50.35	68.38	91.28
3	173	Imperial Valley-06 (173ELC)	84.35	76.85	74.30	87.09
4	452	Morgan Hill (452FOS)	66.60	57.66	55.44	72.88
5	608	Whittier Narrows-01 (608CAW)	60.98	22.99	52.34	62.86

6	718	Superstition Hills-01 (718IVW)	65.70	35.55	44.98	70.29
7	741	Loma Prieta (741BRA)	92.58	77.56	82.44	93.69
8	759	Loma Prieta (759LOM)	89.64	73.95	78.64	92.44
9	777	Loma Prieta (777LOM)	88.30	67.02	71.23	89.16
10	779	Loma Prieta (779LOM)	92.35	75.83	80.99	92.14
11	962	Northridge-01 (962CAS)	73.59	49.87	52.22	76.97
12	998	Northridge-01 (998NOR)	80.09	51.52	54.99	85.04
13	1063	Northridge-01 (1063NOR)	88.01	45.52	60.61	89.65
14	1104	Kobe Japan (1104KOB)	73.23	40.44	37.49	78.33
15	1111	Kobe Japan (1111KOB)	94.80	81.17	85.25	96.35
16	1120	Kobe Japan (1120KOB)	91.28	56.05	65.85	91.75
17	1158	Kocaeli Turkey (1158DZC)	84.18	54.96	60.07	83.67
18	1605	Duzce Turkey (1605DUZ)	85.86	44.89	49.31	87.54
19	4100	Coalinga-01 (4100PAF)	76.95	47.78	59.20	78.88
20	6959	Darfield New Zealand (6959DAR)	81.18	48.84	61.85	82.40
21	8123	New Zealand (8123CHR)	87.96	62.49	75.23	90.63
Trung bình			82.44	56.08	63.23	84.75

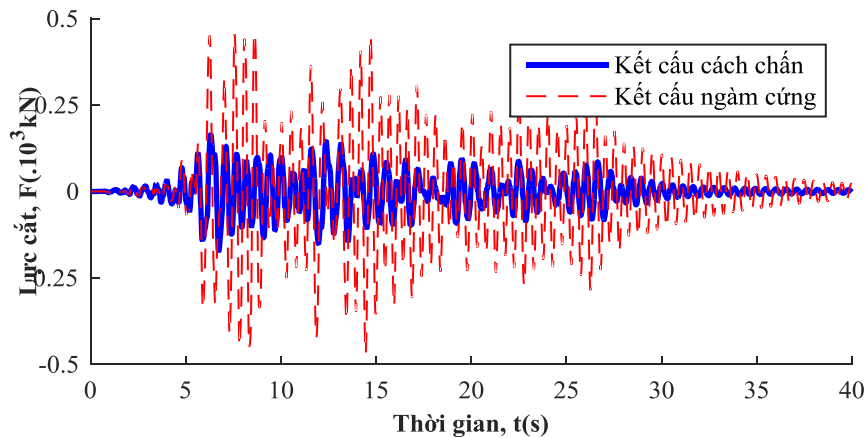
Kết quả trong Bảng 2 thể hiện hiệu quả giảm chấn của mỗi băng gia tốc. Giá trị trung bình cho thấy hiệu quả giảm P_1 và P_4 rất cao (trên 80%). Hiệu quả của P_2 và P_3 cũng tương đối tốt. Tùy vào đặc trưng của từng băng gia tốc khác nhau có hiệu quả giảm chấn cũng khác nhau. Những băng gia tốc có vùng chu kỳ trội gần với chu kỳ cơ bản của kết cấu cho hiệu quả cao hơn, thể hiện ưu điểm của kỹ thuật cách chấn đáy. Từ Hình 6 đến Hình 9 thể hiện hiệu quả giảm gia tốc tuyệt đối trong tầng 5 và lực cắt trong tầng 1 của hai băng gia tốc: 1111KOB và 608CAW. Hai băng gia tốc này lần lượt cho hiệu quả giảm chấn lớn nhất và nhỏ nhất trong tất cả những băng gia tốc sử dụng trong phân tích. Với đặc điểm băng gia tốc 1111KOB, vùng chu kỳ trội gần với chu kỳ kết cấu (khoảng 0.5 s), vùng chu kỳ lớn thì giá trị phổ thấp. Do đó, hiệu quả giảm chấn của băng gia tốc này cao. Ngược lại băng gia tốc 608CAW cho hiệu quả thấp.



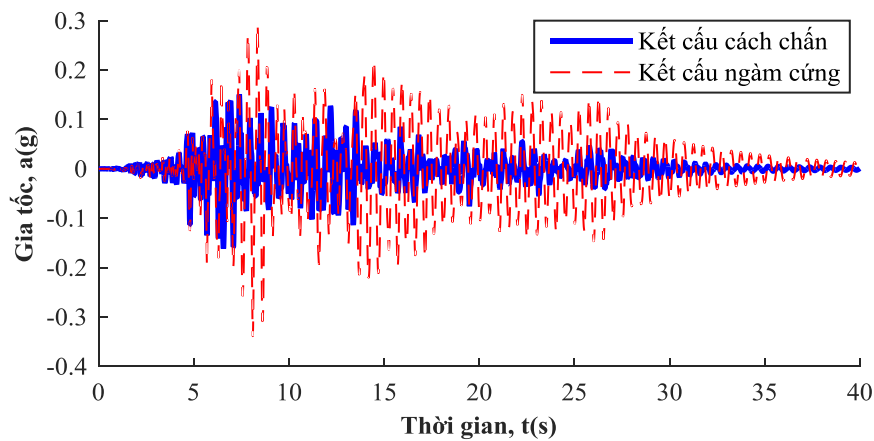
Hình 6: Gia tốc tuyệt đối tầng 5 khi kết cấu chịu băng gia tốc 1111KOB.



Hình 7: Lực cắt tầng 1 khi kết cấu chịu băng gia tốc 1111KOB.

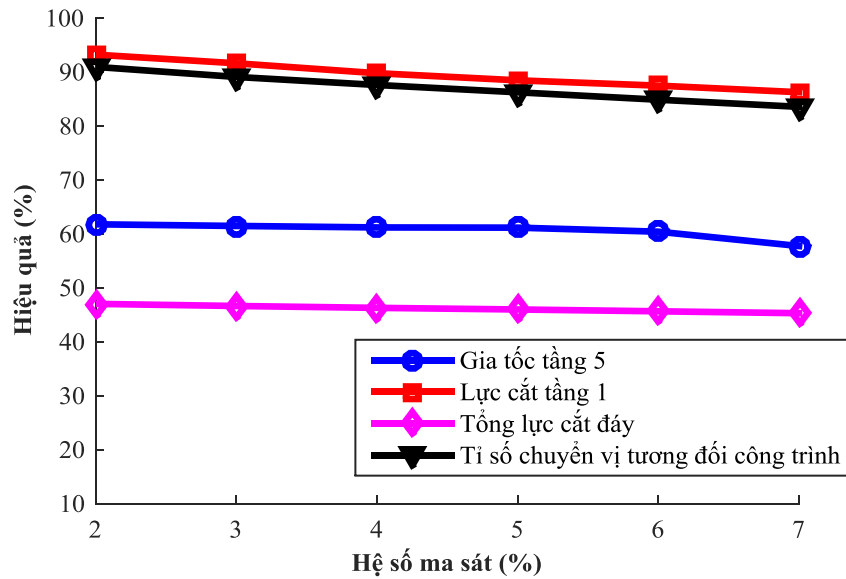


Hình 8: Gia tốc tuyệt đối tầng 5 khi kết cấu chịu băng gia tốc 608CAW.

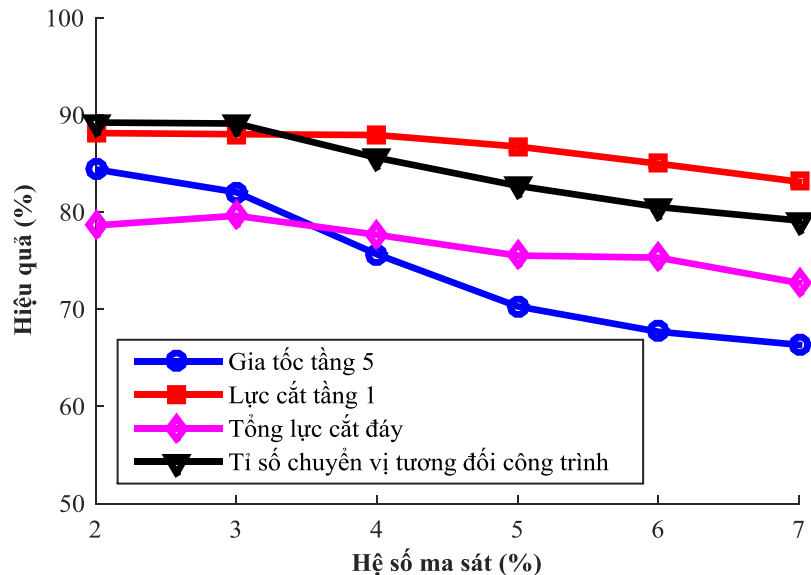


Hình 9: Lực cắt tầng 1 khi kết cấu chịu băng gia tốc 608CAW.

Băng gia tốc 608CAW có giá trị PGA nhỏ. Quan sát kết quả phân tích băng gia tốc này và những băng gia tốc có PGA nhỏ khác đều thấy hiệu quả giảm chấn thấp. Ngoài những nguyên nhân giải thích như trên, có thể suy đoán một nguyên nhân khác có thể là do hệ số ma sát của gối lớn, làm giảm khả năng trượt ngang của con lắc, điều này là nguyên nhân làm giảm hiệu quả cách ly của gối. Phân tích kiểm chứng hai băng gia tốc 1063NOR và 173ELC trong các trường hợp thay đổi hệ số ma sát của gối. Kết quả trình bày trong Hình 10 và Hình 11. Kết quả này cho thấy, khi giảm hệ số ma sát thì hiệu quả giảm chấn tăng.

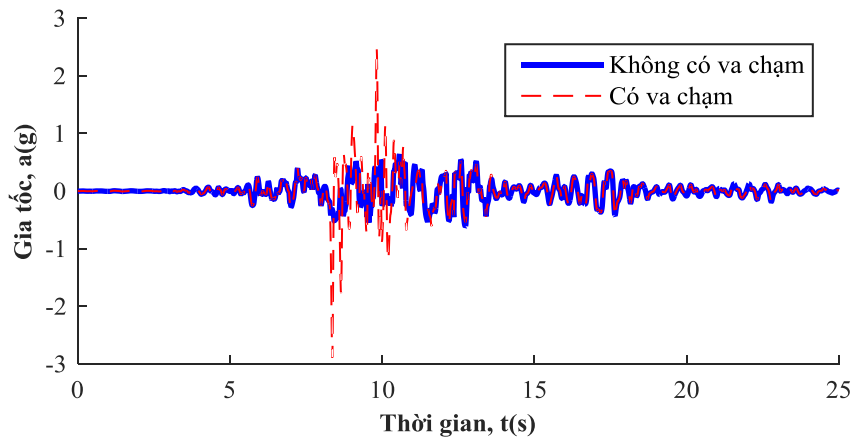


Hình 10: Hiệu quả giảm chấn của kết cấu khi hệ số ma sát trong gối thay đổi, phân tích với bảng gia tốc 1063NOR.

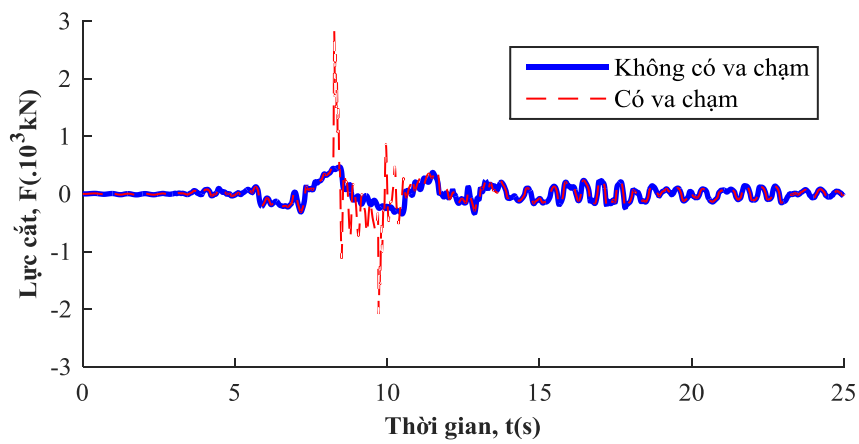


Hình 11: Hiệu quả giảm chấn của kết cấu khi hệ số ma sát trong gối thay đổi, phân tích với bảng gia tốc 173ELC.

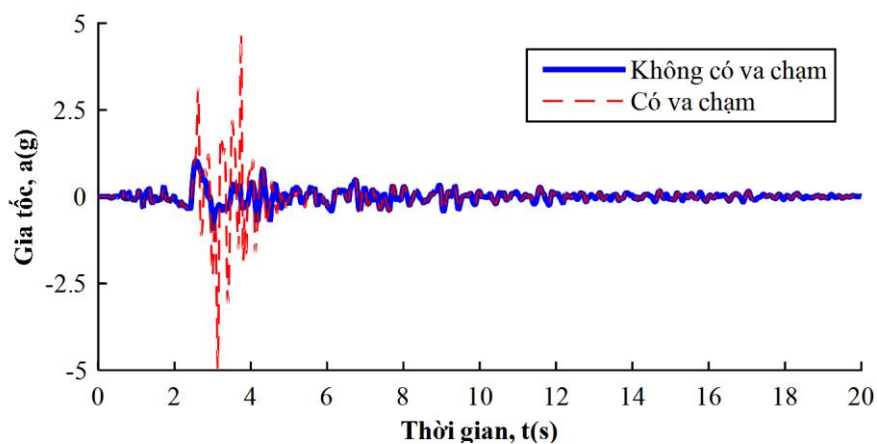
Tất cả những kết quả trong Bảng 2 đều phân tích với trường hợp kích thước của gối đủ lớn (d_1 và d_2 đủ lớn). Chuyển vị của con lắc của gối không lớn hơn khả năng dịch chuyển ngang d của gối. Trong trường hợp này, lực va chạm F_r trong Phương trình 3 luôn bằng không. Trong một số trường hợp khác, nếu bảng gia tốc có PGA lớn hay có giá trị phổ chuyển vị lớn ở vùng chu kỳ lớn thì con lắc sẽ chuyển vị ngang lớn khi chịu tác động của những bảng gia tốc này. Khi đó, nếu kích thước của gối nhỏ thì sẽ xảy ra hiện tượng va chạm của con lắc vào vành cứng theo chu vi của gối do chuyển vị ngang của gối u_b lớn hơn khả năng dịch chuyển ngang d của gối. Trong Phương trình 3, thành phần lực va chạm F_r sẽ xuất hiện, giá trị của nó được tính toán theo Phương trình 6. Với sự xuất hiện của lực va chạm, ứng xử của kết cấu sẽ tăng lên rất nhiều (có thể trên 200%). Kết quả phân tích khảo sát với hai bảng gia tốc 779LOM và 1063NOR trình bày trong các hình từ Hình 13 đến Hình 15 thể hiện cho hiện tượng này. Có thể thấy rằng, đây là một hiện tượng rất bất lợi cho kết cấu, rất cần được chú ý.



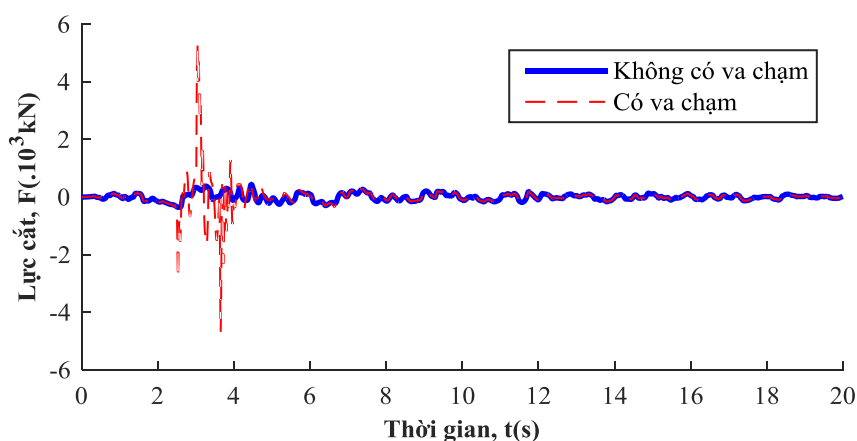
Hình 12: Ảnh hưởng của va chạm đến gia tốc tuyệt đối tầng 5 của kết cấu, phân tích với băng gia tốc 779LOM.



Hình 13: Ảnh hưởng của va chạm đến lực cắt tầng 1 của kết cấu, phân tích với băng gia tốc 779LOM.



Hình 12: Ảnh hưởng của va chạm đến gia tốc tuyệt đối tầng 5 của kết cấu, phân tích với băng gia tốc 1063NOR.



Hình 15: Ảnh hưởng của va chạm đến lực cắt tầng 1 của kết cấu, phân tích với băng gia tốc 1063NOR.

4 KẾT LUẬN

Sử dụng mô hình đơn giản từ những nghiên cứu trước, kết quả phân tích khảo sát một kết cấu cách chấn nhà 5 tầng chịu nhiều băng gia tốc khác nhau đã được chỉ ra. Với những kết quả đã được trình bày và thảo luận, một số kết luận được rút ra như sau:

- Hiệu quả giảm chấn của gối DFP là rất tốt với nhiều băng gia tốc khác nhau. Với kết quả này, nghiên cứu có thể kiến nghị sử dụng dạng gối này trong kỹ thuật cách chấn đáy cho những kết cấu nhà thấp tầng.
- Hệ số ma sát ảnh hưởng lớn đến ứng xử của gối và hiệu quả giảm chấn của gối. Khi sử dụng gối, cần chọn hệ số ma sát cũng như những thông số khác phù hợp.
- Hiện tượng va chạm của gối sẽ làm tăng ứng xử của kết cấu, điều này rất bất lợi cho kết cấu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] I. G. Buckle and R. L. Mayes, Seismic isolation: history, application, and performance-a world view, *Earthquake spectra*, 6(2), pp.161-201, 1990.
- [2] Y. P. Wang, *Fundamentals of seismic base isolation. International training program for seismic design of building structures*, sponsored by National Science Council, National Chiao-Tung University, Hsinchu, Taiwan, 2002.
- [3] S. K. Deb, Seismic base isolation-an overview, *Current Science*, 87 (10), pp.1426-1430, 2004.
- [4] C. S. Tsai, T. C. Chiang, C. K. Cheng, W. S. Chen, and C. W. Chang, An Improved FPS Isolator for Seismic Mitigation on Steel Structure, *In ASME 2002 Pressure Vessels and Piping Conference*, American Society of Mechanical Engineers, pp. 237-244, 2002.
- [5] J. Touaillon, *Improvement in buildings*, U.S. Patent No. 99,973. 15 Feb. 1870.
- [6] D. M. Fenz and M. C. Constantinou, Behaviour of the double concave Friction Pendulum bearing, *Earthquake Engineering and Structural dynamics*, vol. 35, no. 11, pp. 1403-1424, 2006.
- [7] D. M. Fenz and M. C. Constantinou, *Mechanical behavior for Multi-Spherical Sliding Bearings*, Technical Report MCEER-08-0007, Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research, University at Buffalo, State University of New York, Buffalo, NY, 2008.
- [8] Anajafi, Hamidreza, et al., Effectiveness of seismic isolation for long-period structures subject to far-field and near-field excitations, *Front. Built Env*, 6 (2020): 24.
- [9] Nguyễn Văn Nam, Hoàng Phương Hoa, Nguyễn Hoàng Vĩnh, Mô hình các dạng gối trượt ma sát trong kết cấu chịu động đất: Gối DFP và TFP, *Tuyển tập công trình Hội nghị Cơ học kỹ thuật toàn quốc*, Đại học Đà Nẵng, ISBN 978-604-84-1273-9, trang 487 - 494, 2015.

- [10] M. C. Constantinou, A. Mokha, and A. Reinhorn, Teflon bearings in base isolation II: Modeling, *ASCE Journal of Structural Engineering*, vol. 116, no. 2, pp. 455-474, 1990.
- [11] A. Mokha, M. C. Constantinou and A. Reinhorn, Teflon bearings in base isolation I: Testing, *ASCE Journal of Structural Engineering*, 116(2), pp. 438-454, 1990.
- [12] Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER). (2020) Ground motion database. [Online]. Available: <http://ngawest2.berkeley.edu/>.

Ngày nhận bài: 02/11/2020
Ngày chấp nhận đăng: 10/03/2021