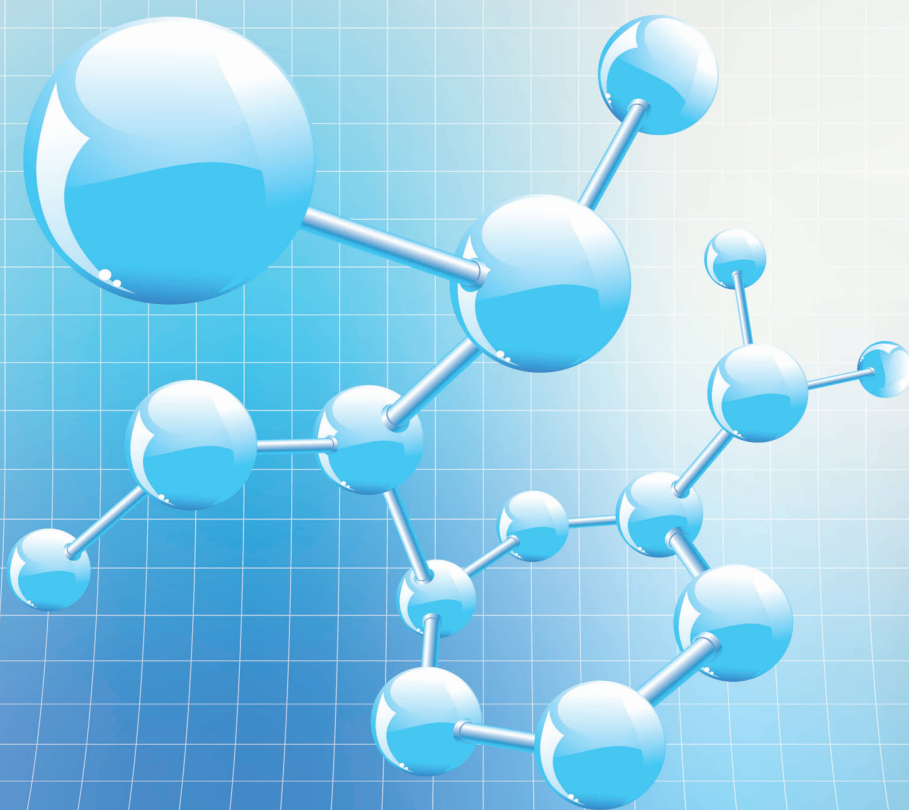




Tạp chí NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

Đ A I H O C S A O ĐỎ
SCIENTIFIC JOURNAL - SAO DO UNIVERSITY

P. ISSN 1859-4190
E. ISSN 2815-553X



Số 3 (91)
2025

P. ISSN 1859-4190
E. ISSN 2815-553X

■ **Tổng Biên tập**

TS. Đỗ Văn Đình

■ **Phó Tổng biên tập**

TS. Nguyễn Thị Kim Nguyễn

■ **Thư ký Tòa soạn**

PGS.TS. Ngô Hữu Mạnh

■ **Hội đồng Biên tập**

TS. Nguyễn Thị Kim Nguyễn - Chủ tịch Hội đồng

GS.TS. Phạm Thị Ngọc Yến

PGS.TSKH. Trần Hoài Linh

PGS.TS. Nguyễn Văn Liễn

GS.TSKH. Thân Ngọc Hoàn

GS.TSKH. Bành Tiến Long

GS.TS. Nguyễn Đức Toàn

PGS.TS. Lê Thu Quý

GS.TS. Lê Anh Tuấn

GS.TS. Đinh Văn Sơn

PGS.TS. Trương Thị Thủy

PGS.TS. Nguyễn Thị Bất

GS.TS. Đỗ Quang Kháng

PGS.TS. Ngô Sỹ Lương

PGS.TS. Khuất Văn Ninh

GS.TSKH. Phạm Hoàng Hải

PGS.TS. Đoàn Ngọc Hải

PGS.TS. Nguyễn Ngọc Hà

GS.TS. Yu Ming Zhang

GS.TS. Nguyễn Văn Anh

■ **Ban Biên tập**

TS. Vũ Văn Đông - Trưởng ban

ThS. Đoàn Thị Thu Hằng - Phó Trưởng ban

■ **Editor-in-Chief**

Dr. Do Van Dinh

■ **Vice Editor-in-Chief**

Dr. Nguyen Thi Kim Nguyen

■ **Office Secretary**

Assoc.Prof.Dr. Ngo Huu Manh

■ **Editorial Board**

Dr. Nguyen Thi Kim Nguyen - Chairman

Prof.Dr. Pham Thi Ngoc Yen

Assoc.Prof.Dr.Sc. Tran Hoai Linh

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Van Lien

Prof.Dr.Sc. Than Ngoc Hoan

Prof.Dr.Sc. Banh Tien Long

Prof.Dr. Nguyen Duc Toan

Assoc.Prof.Dr. Le Thu Quy

Prof.Dr. Le Anh Tuan

Prof.Dr. Dinh Van Son

Assoc.Prof.Dr. Truong Thi Thuy

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Thi Bat

Prof.Dr. Do Quang Khang

Assoc.Prof.Dr. Ngo Sy Luong

Assoc.Prof.Dr. Khuat Van Ninh

Prof.Dr.Sc. Pham Hoang Hai

Assoc.Prof.Dr. Doan Ngoc Hai

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Ngoc Ha

Prof.Dr. Yu Ming Zhang

Prof.Dr. Nguyen Van Anh

■ **Editorial**

Dr. Vu Van Dong - Head

MSc. Doan Thi Thu Hang - Deputy Head

Địa chỉ Tòa soạn:

Trường Đại học Sao Đỏ.

Số 76, Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, P. Chu Văn An, TP. Hải Phòng.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882 921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn/> Email: tapchikhcn@saodo.edu.vn.

Giấy phép xuất bản số: 620/GP-BTTTT ngày 17/9/2021 của Bộ Thông tin và Truyền thông.

In 2.000 bản, khổ 21 × 29,7cm, tại Công ty TNHH in Tre Xanh, cấp ngày 17/02/2011.

LIÊN NGÀNH ĐIỆN - ĐIỆN TỬ - TỰ ĐỘNG HÓA

Phương pháp phân loại sâu bệnh cho đồng lúa bằng máy bay không người lái và kỹ thuật học sâu	5	Hà Minh Tuấn Phạm Đức Khấn Lê Ngọc Hòa Nguyễn Thị Sim
Ứng dụng thuật toán nhận diện vật thể YOLOv11 và sinh trắc vân tay, đề xuất mô hình cổng tự động nhà xe học sinh, sinh viên	11	Lý Quang Minh Phạm Như Phẩm Hồ Thị Dung
Nghiên cứu ứng dụng thị giác máy tính để tự động hóa công đoạn kiểm tra mạch PCB	18	Nguyễn Ngọc Đức Hà Nhật Tiến Dương Đoàn Văn Khánh Phạm Thành Đạt Vũ Trường Hải
Phát triển hệ thống phát hiện không thắt dây an toàn đúng quy định trên ô tô dựa trên mạng YOLOv11	25	Hoàng Thị An
Đô thị thông minh với sự quản lý giám sát của cảm biến IoT	32	Lê Thị Thanh Bình
Khung nhận dạng hai giai đoạn để kiểm tra ngoại quan các sản phẩm đa thành phần	35	Hà Minh Tuấn Lê Ngọc Hòa Nguyễn Trương Huy Nguyễn Thị Việt Hương

LIÊN NGÀNH CƠ KHÍ - ĐỘNG LỰC

Nghiên cứu ảnh hưởng của thông số chế độ cắt đến độ nhám bề mặt khi gia công thép không gỉ S136 trên máy phay CNC	41	Mạc Thị Nguyên Đào Văn Kiên
Nghiên cứu ảnh hưởng của chiều dài mũi máy, chiều cao trục vít và chiều cao thanh răng đến biến dạng đường may tra khóa giọt lệ	50	Bùi Thị Loan Nguyễn Thị Hồi
Ảnh hưởng mật độ mũi máy, chỉ số chỉ và số lớp vải đến hệ số tiêu hao chỉ trên đường may 301 và 401	57	Tạ Văn Hiền Nguyễn Thị Hiền
Đánh giá hiệu quả bộ giảm chấn kết cấu đàn hồi nhót trong kiểm soát rung động địa chấn và gió	63	Dương Thị Hà

NGÀNH KINH TẾ

- | | | |
|---|----|---|
| Nghiên cứu các nhân tố ảnh hưởng đến ý định khởi nghiệp của thanh niên khu vực Hải Dương cũ (thành phố Hải Phòng) | 70 | Vũ Mạnh Cường
Nguyễn Thị Thủy
Lương Thị Hoa |
| Đào tạo nguồn nhân lực cho các khu công nghiệp tỉnh Hải Dương cũ (nay thuộc thành phố Hải Phòng): Thực trạng và mô hình đề xuất | 76 | Nguyễn Thị Kim Nguyên
Nguyễn Thị Nhan |
| Các yếu tố ảnh hưởng đến sự hài lòng của người tiêu dùng khi mua hàng trên TikTok Shop tại Thành phố Hà Nội | 82 | Vũ Mạnh Cường
Nguyễn Thị Ngọc Mai
Lê Thị Huyền
Đào Thị Kim Tuyền |
| Nghiên cứu việc thực hiện trách nhiệm và nghĩa vụ thuế của doanh nghiệp nhỏ và vừa ở Việt Nam: Góc nhìn từ số liệu quyết toán thuế và xử phạt vi phạm | 89 | Định Thị Kim Thiết
Nguyễn Hải Hà |
| CSR và ý định mua hàng của thế hệ Gen Z tại Việt Nam: Bằng chứng từ ngành Thời trang | 95 | Vũ Mạnh Cường
Hoàng Thị Hoa
Hoàng Thị Thu Trang |

LIÊN NGÀNH TRIẾT HỌC - XÃ HỘI HỌC - CHÍNH TRỊ HỌC

- | | | |
|--|-----|-----------------------------------|
| Chuyển đổi số trong dạy học các môn Lý luận chính trị tại Trường Đại học Sao Đỏ hiện nay | 102 | Nguyễn Mạnh Tường |
| Xây dựng gia đình văn hóa Việt Nam trong thời kỳ hội nhập toàn cầu | 106 | Phùng Thị Lý |
| Nhận thức và vận dụng chủ nghĩa xã hội khoa học ở Việt Nam hiện nay | 111 | Nguyễn Thị Nhan
Nguyễn Thị Nga |
| Giáo dục đại học trong nền kinh tế số ở Việt Nam hiện nay | 118 | Phạm Xuân Đức |
| Tư tưởng chính trị của Ngô Thì Nhậm, ý nghĩa đương thời và giá trị thời đại | 123 | Phạm Văn Dự |

TITLE FOR ELECTRICITY - ELECTRONICS - AUTOMATION

- | | | |
|--|----|--|
| Disease classification method for rice fields using drones and deep learning technique | 5 | Ha Minh Tuan
Pham Duc Khan
Le Ngoc Hoa
Nguyen Thi Sim |
| Applying object recognition algorithm YOLOv11 and fingerprint biometrics, proposing an automatic gate model for student parking lots | 11 | Ly Quang Minh
Pham Nhu Pham
Ho Thi Dung |
| Research on applying computer vision for automating PCB inspection processes | 18 | Nguyen Ngoc Duc
Ha Nhat Tien Duong
Doan Van Khanh
Pham Thanh Dat
Vu Truong Hai |
| An automobile seatbelt non-compliance detection system developed with the YOLOv11 network | 25 | Hoang Thi An |
| Smart city with IoT sensor monitoring management | 32 | Le Thi Thanh Binh |
| A two-stage identification framework for visual inspection of multi-component products | 35 | Ha Minh Tuan
Le Ngoc Hoa
Nguyen Truong Huy
Nguyen Thi Viet Huong |

TITLE FOR MECHANICAL AND DRIVING POWER ENGINEERING

- | | | |
|--|----|--------------------------------|
| Study on the effect of cutting parameters on surface roughness during CNC milling of S136 stainless steel | 41 | Mac Thi Nguyen
Dao Van Kien |
| Study on the influence of stitch length, screw height and gear bar height to on zipper stitch deformation | 50 | Bui Thi Loan
Nguyen Thi Hoi |
| The influence of stitch density, thread count and number of fabric layers on the sewing thread consumption coefficient on stitch 301 and 401 | 57 | Ta Van Hien
Nguyen Thi Hien |
| Evaluate the effectiveness of viscous elastic dampers in controlling seismic and wind-induced vibrations | 63 | Duong Thi Ha |

TITLE FOR ECONOMICS

- | | | |
|--|----|---|
| Research on the factors affecting entrepreneurial intentions among the youth in the old Hai Duong area (Hai Phong city) | 70 | Vu Manh Cuong
Nguyen Thi Thuy
Luong Thi Hoa |
| Training human resources for Industrial zones in the former Hai Duong province (now part of Hai Phong city): Current situation and proposed, model | 76 | Nguyen Thi Kim Nguyen
Nguyen Thi Nhan |
| Factors affecting consumer satisfaction when shopping on TikTok shop in Hanoi city | 82 | Vu Manh Cuong
Nguyen Thi Ngoc Mai
Le Thi Huyen
Dao Thi Kim Tuyen |
| Research on tax compliance of small and medium enterprises in VietNam: Perspectives from tax settlement data and violation penalties | 89 | Dinh Thi Kim Thiet
Nguyen Hai Ha |
| CSR and purchase intention of generation Z in Vietnam: Evidence from the fashion industry | 95 | Vu Manh Cuong
Hoang Thi Hoa
Hoang Thi Thu Trang |

TITLE FOR PHILOSOPHY - SOCIOLOGY - POLITICAL SCIENCE

- | | | |
|---|-----|-----------------------------------|
| Digital transformation in teaching political theory subjects at Sao Do University today | 102 | Nguyen Manh Tuong |
| Building Vietnamese cultural families in the period of global integration | 106 | Phung Thi Ly |
| Theoretical and practical values of scientific socialism in the construction of a fair, democratic and civilized society in Vietnam today | 111 | Nguyen Thi Nhan
Nguyen Thi Nga |
| Higher education in the digital economy in Vietnam now | 118 | Pham Xuan Duc |
| Ngo Thi Nham's political thought, contemporary significance and contemporary values | 123 | Pham Van Du |

Đánh giá hiệu quả bộ giảm chấn kết cấu đàn hồi nhớt trong kiểm soát rung động địa chấn và gió

Evaluate the effectiveness of viscous elastic dampers in controlling seismic and wind-induced vibrations

Dương Thị Hà

Tác giả liên hệ: haduonghd85@gmail.com

Trường Đại học Sao Đỏ

Ngày nhận bài: 18/7/2025

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 26/8/2025

Ngày chấp nhận đăng: 29/8/2025

Tóm tắt

Bài báo trình bày nghiên cứu mô phỏng bằng COMSOL Multiphysics nhằm đánh giá hiệu quả của bộ giảm chấn đàn hồi nhớt (Viscoelastic Damper - VED) trong kiểm soát rung động của công trình cao tầng chịu động đất và gió. Mô hình toán học của vật liệu đàn hồi nhớt được xây dựng dựa trên chuỗi Prony, sau đó tích hợp vào mô hình phần tử hữu hạn của công trình. Khác với nhiều nghiên cứu trước, công trình này tập trung vào phân tích phương án bố trí VED theo hướng tiết kiệm và khảo sát ảnh hưởng của hệ số nhớt đến đáp ứng động lực. Kết quả cho thấy VED giúp giảm đáng kể chuyển vị đỉnh (~35%), gia tốc sàn (~28%), độ lệch tầng (~37%) và lực cắt đáy (~14%). Nghiên cứu khẳng định VED là một giải pháp giảm chấn thụ động hiệu quả, phù hợp với điều kiện thiết kế và khí hậu Việt Nam.

Từ khóa: Bộ giảm chấn đàn hồi nhớt; kiểm soát rung động; động đất; gió; COMSOL Multiphysics; cơ sở toán học; kết cấu công trình.

Abstract

This paper presents a numerical study using COMSOL Multiphysics to evaluate the effectiveness of viscoelastic dampers (VEDs) in controlling vibrations of high-rise buildings subjected to seismic and wind loads. The mathematical model of the viscoelastic material was developed based on the Prony series and then integrated into the finite element model of the structure. Unlike many previous studies, this work focuses on analyzing cost-effective VED placement strategies and investigating the influence of the damping coefficient on the dynamic response. The results show that VEDs significantly reduce peak displacement (~35%), floor acceleration (~28%), inter-story drift (~37%) and base shear (~14%). The study confirms that VEDs are an effective passive vibration control solution, well-suited to the design conditions and climatic characteristics of Vietnam.

Keywords: Viscoelastic damper; vibration control; earthquake; wind; COMSOL Multiphysics; mathematical foundation; structural engineering.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Dao động do động đất và gió là một trong những thách thức chính trong thiết kế công trình cao tầng, đặc biệt là các kết cấu thép và kết cấu hỗn hợp có khối lượng nhẹ và độ dẻo cao. Các giải pháp tăng cường truyền thống như tăng kích thước tiết diện chỉ làm thay đổi tần số dao động riêng mà không trực tiếp tiêu tán năng lượng dao động. Ngược lại, các thiết bị tiêu tán năng lượng thụ động, điển hình là VED, hoạt động dựa trên cơ chế biến dạng trượt cắt trong lớp polymer để chuyển hóa cơ năng thành nhiệt, qua đó dập tắt dao

động một cách hiệu quả. Theo nhiều nghiên cứu quốc tế [1], [2], [3], việc áp dụng bộ giảm chấn đàn hồi nhớt đã chứng minh hiệu quả rõ rệt trong việc kiểm soát dao động công trình cao tầng.

VED đã được ứng dụng rộng rãi tại Mỹ, Nhật Bản và châu Âu từ những năm 1990. Tuy nhiên, tại Việt Nam, các nghiên cứu và ứng dụng vẫn còn hạn chế. Điểm mới của bài báo này là: Xây dựng và trình bày chi tiết cơ sở toán học của mô hình vật liệu đàn hồi nhớt và ứng dụng trong mô phỏng; phân tích hiệu quả của VED trong điều kiện tải trọng theo tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN); tiến hành khảo sát tham số để đánh giá ảnh hưởng của hệ số nhớt và đề xuất phương án bố trí tối ưu về mặt kinh tế.

Người phản biện: 1. TS. Nguyễn Văn Hình
2. PGS.TS. Ngô Hữu Mạnh

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ MÔ HÌNH TOÁN HỌC

2.1. Phương trình cân bằng động lực học

Phương trình chuyển động tổng quát của một hệ kết cấu chịu tác động từ nền đất (động đất) có thể được biểu diễn dưới dạng ma trận, theo [4]:

$$[M] \cdot \{\ddot{u}\} + [C] \cdot \{\dot{u}\} + [K] \cdot \{u\} = -[M] \cdot \{I\} \cdot \ddot{u}_g + \{F\} \quad (1)$$

Trong đó:

[M]: Ma trận khối lượng của kết cấu.

[C]: Ma trận cản (damping) của kết cấu, bao gồm các thành phần tiêu tán năng lượng như bộ giảm chấn.

[K]: Ma trận độ cứng của kết cấu.

{u}, { $\dot{u}$ }, { $\ddot{u}$ }: Vector chuyển vị, vận tốc và gia tốc tương đối của hệ.

$\ddot{u}_g$: Gia tốc nền đất (động đất).

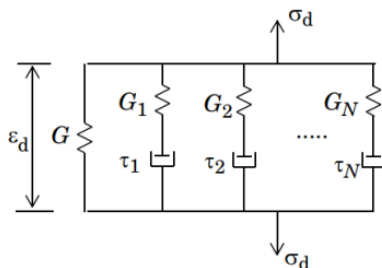
{F}: Vector các lực tác động bên ngoài (ví dụ: Tải trọng gió).

[I]: Ma trận đơn vị để nhân gia tốc nền đất với ma trận khối lượng.

Khi gắn bộ giảm chấn đàn hồi nhớt (VED), lực cản từ bộ giảm chấn sẽ được thêm vào ma trận cản [C] hoặc được biểu diễn dưới dạng lực phụ trợ được tích hợp trong vế phải của phương trình, nhằm mục đích tiêu tán năng lượng dao động, giảm biên độ chuyển vị và tăng cường độ ổn định cho kết cấu [5].

2.2. Mô hình toán học cho vật liệu đàn hồi nhớt

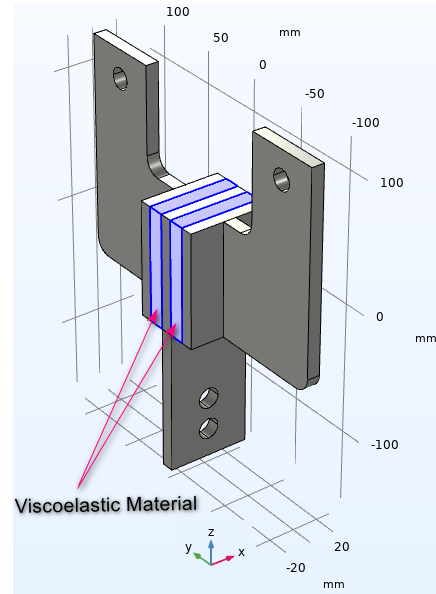
Tương tác của vật liệu đàn hồi nhớt được mô tả chính xác nhất qua mô hình Kelvin - Voigt tổng quát, hay còn gọi là mô hình Maxwell tổng quát (Hình 1). Mô hình này bao gồm một lò xo đàn hồi mắc song song với nhiều nhánh Maxwell (mỗi nhánh gồm một lò xo và một bộ giảm chấn nhớt nối tiếp).



Hình 1. Mô hình Maxwell tính toán tương tác của vật liệu đàn hồi nhớt

Về mặt cấu trúc, mô hình bộ giảm chấn kết cấu đàn hồi nhớt sử dụng hai loại vật liệu:

Thép AISI 4340: Được áp dụng cho toàn bộ các miền của mô hình (Hình 2).



Hình 2. Mô hình 3D của bộ giảm chấn

Đặc tính cơ bản của vật liệu AISI 4340:

Khối lượng riêng: 7.850 kg/m³.

Modulus Young: 2.05×10¹¹ Pa.

Hệ số Poisson: 0.28.

Vật liệu đàn hồi nhớt (Viscoelastic Material): Được định nghĩa riêng và áp dụng cho các miền 2 và 5, ghi đè lên vật liệu thép ở các vùng này. Theo [5], các đặc tính của vật liệu đàn hồi nhớt:

Khối lượng riêng: 1.060 kg/m³.

Modulus khối: 4×10⁸ N/m².

Modulus trượt: 58.600 N/m².

Trong mô hình trên lõi vật liệu đàn hồi nhớt trong bộ giảm chấn chịu biến dạng trượt cắt khi hai bản thép chuyển động tương đối, nhờ đó năng lượng dao động được chuyển hóa thành nhiệt và giảm thiểu rung động trong công trình. Cấu trúc gồm các lớp bản thép xen kẽ với lớp vật liệu viscoelastic phân bố ứng suất đồng đều, tăng diện tích tiếp xúc và tối ưu hóa hiệu quả tiêu tán năng lượng dựa trên cơ chế trượt cắt đặc trưng của vật liệu. Thiết kế đơn giản, thuận tiện gia công và lắp đặt, đồng thời cho phép kiểm soát chính xác các thông số kỹ thuật như chiều dày, số lớp vật liệu, mô đun trượt và vị trí gắn giảm chấn, có thể phối hợp hiệu quả với nhiều dạng kết cấu hiện đại. Giải pháp này đáp ứng yêu cầu kiểm soát dao động động đất và gió cho công trình cao tầng với ưu điểm về tuổi thọ cao và chi phí bảo trì thấp. Thiết kế mô đun, tách biệt phần thép và polymer, tạo điều kiện thuận lợi cho việc thay thế, nâng cấp và tích hợp nhiều bộ giảm chấn vận hành đồng thời trong thực tế.

2.3. Thông số đầu vào của mô phỏng

Mô hình được xét bởi 5 phần tử, với các thông số của mô hình Maxwell tổng quát (Chuỗi Prony), theo [5]

với $N=18$ nhánh được xác định là số lượng tối ưu để đường cong của mô hình toán học bám sát nhất với đường cong thực nghiệm, được nhập vào COMSOL để định nghĩa tương tác của vật liệu, góp phần làm cơ sở dữ liệu để thực hiện phân tích và đánh giá hiệu quả của bộ giảm chấn, các thông số trong dữ liệu Maxwell cho mô hình bộ giảm chấn đàn hồi nhớt được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Dữ liệu Maxwell cho mô hình bộ giảm chấn đàn hồi nhớt ($N=18$) [5]

TT	Thuộc tính	Giá trị	Mô tả
1	G_{∞}	58.6 kPa	Modul trượt dài hạn
2	ρ	1.06 g/cm ³	Khối lượng riêng
3	G1	13.3 MPa	Modul trượt, nhánh 1
4	τ_1	10 ⁻⁷ s	Thời gian hồi phục, nhánh 1
5	G2	286 MPa	Modul trượt, nhánh 2
6	τ_2	10 ⁻⁶ s	Thời gian hồi phục, nhánh 2
7	G3	291 MPa	Modul trượt, nhánh 3
8	τ_3	3.16×10 ⁻⁶ s	Thời gian hồi phục, nhánh 3
9	G4	212 MPa	Modul trượt, nhánh 4
10	τ_4	10 ⁻⁵ s	Thời gian hồi phục, nhánh 4
11	G5	112 MPa	Modul trượt, nhánh 5
12	τ_5	3.16×10 ⁻⁵ s	Thời gian hồi phục, nhánh 5
13	G6	61.6 MPa	Modul trượt, nhánh 6
14	τ_6	10 ⁻⁴ s	Thời gian hồi phục, nhánh 6
15	G7	29.8 MPa	Modul trượt, nhánh 7
16	τ_7	3.16×10 ⁻⁴ s	Thời gian hồi phục, nhánh 7
17	G8	16.1 MPa	Modul trượt, nhánh 8
18	τ_8	10 ⁻³ s	Thời gian hồi phục, nhánh 8
19	G9	7.83 MPa	Modul trượt, nhánh 9
20	τ_9	3.16×10 ⁻³ s	Thời gian hồi phục, nhánh 9
21	G10	4.15 MPa	Modul trượt, nhánh 10
22	τ_{10}	10 ⁻² s	Thời gian hồi phục, nhánh 10
23	G11	2.03 MPa	Modul trượt, nhánh 11

TT	Thuộc tính	Giá trị	Mô tả
24	τ_{11}	3.16×10 ⁻² s	Thời gian hồi phục, nhánh 11
25	G12	1.11 MPa	Modul trượt, nhánh 12
26	τ_{12}	0.1 s	Thời gian hồi phục, nhánh 12
27	G13	0.491 MPa	Modul trượt, nhánh 13
28	τ_{13}	0.316 s	Thời gian hồi phục, nhánh 13
29	G14	0.326 MPa	Modul trượt, nhánh 14
30	τ_{14}	1 s	Thời gian hồi phục, nhánh 14
31	G15	8.25×10 ⁻² MPa	Modul trượt, nhánh 15
32	τ_{15}	3.16 s	Thời gian hồi phục, nhánh 15
33	G16	0.126 MPa	Modul trượt, nhánh 16
34	τ_{16}	10 s	Thời gian hồi phục, nhánh 16
35	G17	3.73×10 ⁻² MPa	Modul trượt, nhánh 17
36	τ_{17}	100 s	Thời gian hồi phục, nhánh 17
37	G18	1.18×10 ⁻² MPa	Modul trượt, nhánh 18
38	τ_{18}	1000 s	Thời gian hồi phục, nhánh 18

2.4. Điều kiện biên về ràng buộc và tải trọng

Lựa chọn ràng buộc cố định: Áp dụng lên các bề mặt của các lỗ phía dưới với tất cả các bậc tự do về chuyển vị theo các trục x, y, z đều bằng 0.

Tải trọng và ràng buộc tại vị trí lỗ bên phải chuyển vị định trước: Chuyển vị theo phương X và Y được giữ bằng 0, phương Z được để tự do.

Tải trọng động: Lực được áp dụng theo phương Z theo công thức:

$$F_z = 8.5 \times 10^6 \times \sin[\pi(0.5 + 6t)] \cdot rm1(t) \quad (2)$$

Tải trọng và ràng buộc tại vị trí lỗ bên trái: Chuyển vị theo phương Y được giữ bằng 0, các phương X và Z được để tự do.

Tải trọng động: Lực được áp dụng theo phương X và Z theo công thức:

$$F_x = 5.0 \times 10^5 \times \sin(6\pi t) \cdot rm1(t) \quad (3)$$

$$F_z = 8.5 \times 10^6 \times \sin(6\pi t) \cdot rm1(t) \quad (4)$$

Trong đó:

$rm1(t)$ là hàm dốc (Ramp Function): Đây là hàm giúp tải trọng tăng dần một cách mượt mà, bắt đầu tại thời

điểm $t = 0.02$ giây, với độ dốc là 10. Các điều kiện biên và tải trọng động này được thiết lập theo cách tiếp cận phổ biến trong phân tích kiểm soát dao động công trình cao tầng sử dụng thiết bị tiêu tán năng lượng [1], [2].

2.5. Chia lưới phần tử hữu hạn

Quy trình chia lưới cho bộ giảm chấn được thực hiện theo các bước tuần tự sau:

Trước tiên, các bề mặt quan trọng như mặt bên của tấm thép được chia lưới 2D dạng tứ giác, đảm bảo độ chính xác hình học.

Tiếp theo, các lưới 2D này được quét theo chiều dày chi tiết để tạo thành các phần tử 3D dạng khối có cấu trúc tổ chức, giúp lưới phủ đều phần lớn thể tích bộ giảm chấn.

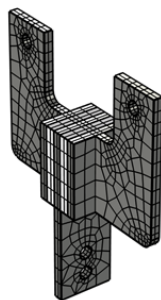
Quy trình được lặp lại cho các bộ phận khác nhau của bộ giảm chấn để toàn bộ mô hình được chia lưới tối ưu.

Sự kết hợp này tạo ra mạng lưới phần tử khối có tổ chức, nâng cao độ chính xác và hiệu quả tính toán mô phỏng. Thông số chia lưới chi tiết được trình bày trong Bảng 2. Phương pháp này tuân thủ quy trình chuẩn trong phân tích phần tử hữu hạn, đảm bảo cân bằng hợp lý giữa độ chính xác và chi phí tính toán.

Bảng 2. Các thông số định lượng của lưới

TT	Thông số (Parameter)	Giá trị (Value)	Giải thích
1	Mesh vertices	1.752	Tổng số các điểm nút (nodes) trong toàn bộ lưới
2	Prisms	4	Số lượng phần tử 3D hình lăng trụ
3	Hexahedra	1.024	Số lượng phần tử 3D hình khối lục diện (hình hộp)
4	Triangles	4	Số lượng phần tử 2D hình tam giác (thường ở trên bề mặt)
5	Quads	1.440	Số lượng phần tử 2D hình tứ giác (thường ở trên bề mặt)
6	Edge elements	568	Số lượng phần tử 1D nằm dọc theo các cạnh
7	Vertex elements	92	Số lượng phần tử 0D (dạng điểm)
8	Number of elements	1.028	Tổng số phần tử thể tích 3D dùng để tính toán
9	Minimum element quality	0.406	Chất lượng của phần tử xấu nhất (thang 0-1). Giá trị này ở mức chấp nhận được
10	Average element quality	0.7839	Chất lượng trung bình của tất cả các phần tử. Đây là một chỉ số khá tốt
11	Element volume ratio	0.037728	Tỷ lệ thể tích giữa phần tử nhỏ nhất và lớn nhất trong lưới
12	Mesh volume	$6.309 \times 10^5 \text{ mm}^3$	Tổng thể tích của mô hình, tương đương 630900 mm^3

Kết quả chia lưới được trình bày trên Hình 3.



Hình 3. Lưới chia phần tử hữu hạn được sử dụng trong mô hình COMSOL

2.6. Cài đặt phân tích

Loại hình phân tích: Phân tích theo miền thời gian (Time Dependent).

Khoảng thời gian mô phỏng: Từ 0 đến 3 giây, với các bước thời gian xuất kết quả là 0.01 giây.

Dung sai tương đối (Relative tolerance): 0.001.

Phương pháp phân tích miền thời gian với các bước nhỏ được nhiều nghiên cứu sử dụng để đánh giá chính xác đáp ứng động lực của hệ có gắn bộ giảm chấn đàn hồi nhớt [5].

3. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH VÀ THẢO LUẬN

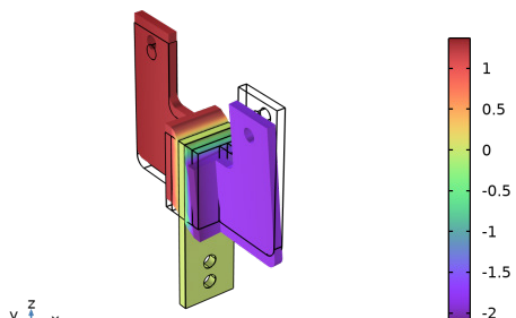
3.1. Kết quả phân tích và thảo luận

Kết quả phân tích trong 2 trường hợp sử dụng kết cấu đàn hồi nhớt và không sử dụng kết cấu đàn hồi nhớt.

Kết quả phân tích biến dạng:

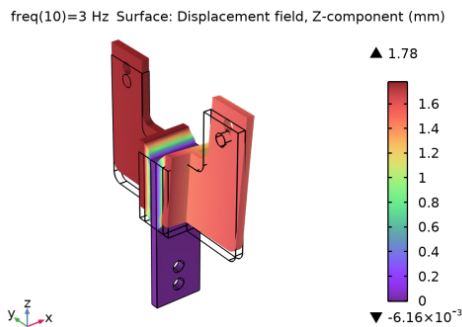
Kết quả phân tích biến dạng trong trường hợp sử dụng kết cấu đàn hồi nhớt: Miền 2 và 5 sử dụng vật liệu Viscoelastic, các vùng còn lại sử dụng vật liệu thép AISI 4340 (Hình 4).

Time=3 s Surface: Displacement field, Z-component (mm)



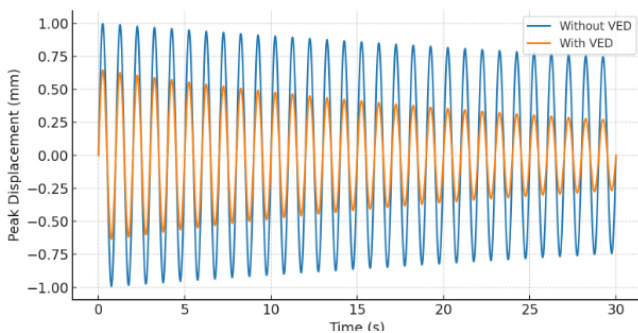
Hình 4. Biến dạng khi sử dụng kết cấu đàn hồi nhớt

Kết quả phân tích biến dạng trong trường hợp không sử dụng kết cấu đàn hồi nhớt: Thay vật liệu miền 2 và 5 bằng thép AISI 4340, lúc này tất cả các miền phân tích đều sử dụng vật liệu thép AISI 4340 (Hình 5).



Hình 5. Biến dạng khi không sử dụng kết cấu đàn hồi nhớt

So sánh chuyển vị khi sử dụng kết cấu đàn hồi nhớt (VED) với không sử dụng kết cấu đàn hồi nhớt



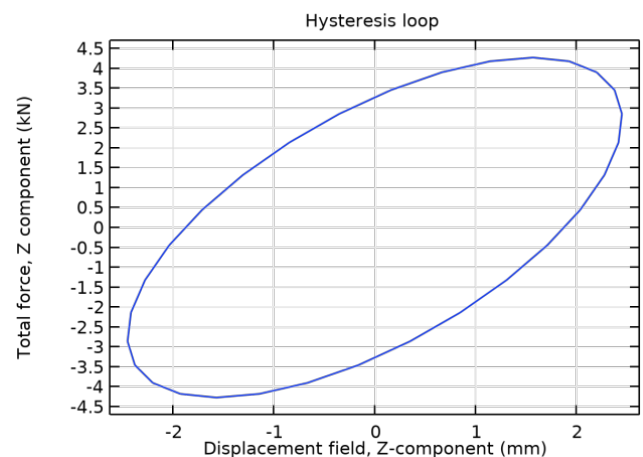
Hình 6. Biểu đồ so sánh chuyển vị của đỉnh theo thời gian

Biểu đồ trên thể hiện một cách trực quan và rõ ràng hiệu quả vượt trội của bộ giảm chấn đàn hồi nhớt (VED) trong việc kiểm soát dao động công trình. Kết quả phân tích chứng minh rằng VED đã hấp thụ và tiêu tán một phần lớn năng lượng rung động thông qua cơ chế biến dạng trượt cắt của lớp polymer, từ đó làm giảm đáng kể chuyển vị đỉnh của công trình. Sự suy giảm biên độ dao động này không chỉ góp phần nâng cao mức độ an toàn và độ bền của kết cấu, mà còn hạn chế hư hỏng thứ cấp do rung lắc kéo dài. Đồng thời, các kết quả thu được có sự tương đồng với các quan sát thực nghiệm và nghiên cứu mô phỏng trước đây [2], [4], qua đó khẳng định tính ổn định và độ tin cậy của VED trong dải tần số dao động từ thấp đến trung bình.

Kết quả phân tích quan hệ Lực - Chuyển vị:

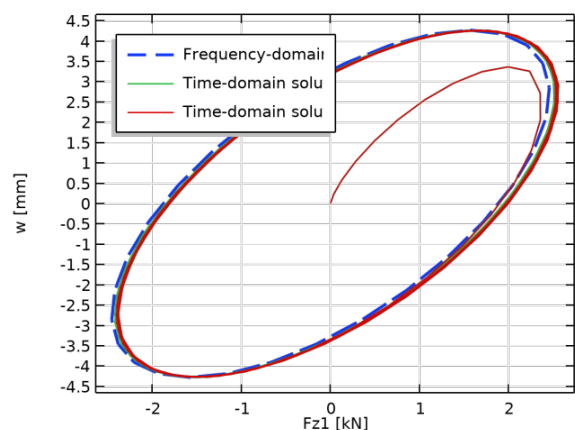
Hình 7 là biểu đồ vòng trễ minh họa rõ nét mối liên hệ giữa lực và chuyển vị của bộ giảm chấn trong một chu kỳ dao động đầy đủ. Đường cong trên biểu đồ tạo thành một vùng kín và diện tích của vùng này chính là đại diện cho lượng năng lượng mà bộ giảm chấn tiêu tán khi phải chống lại dao động hệ thống treo. Việc phân tích biểu đồ này giúp dễ dàng đánh giá hiệu quả giảm chấn và xác định mức độ triệt tiêu dao động ở từng giai đoạn chuyển vị trong một chu kỳ hoàn chỉnh.

Đây là kết quả của phương pháp phân tích không cắt tia (No Pruning), tức là sử dụng đầy đủ các thông số và thành phần cấu thành mô hình mà không loại trừ bất kỳ nhánh hoặc giới hạn nào về dải tần số tác động. Người nghiên cứu đã vận dụng mô hình Maxwell tổng quát với tổng cộng 18 nhánh, mô phỏng chi tiết từng phần ảnh hưởng đến đáp ứng của bộ giảm chấn, tăng tính chính xác cho kết quả thu được. Quá trình mô phỏng này kéo dài trong 217 giây, thể hiện sự phức tạp khi xử lý dữ liệu ở mức chi tiết, đồng thời giúp kiểm nghiệm độ tin cậy của mô hình lý thuyết trong điều kiện thực tế.



Hình 7. Quan hệ lực - biến dạng trong phân tích No Pruning toàn bộ miền tần số

Trong thực tế thiết kế kỹ thuật, việc phải thực hiện nhiều lần phân tích để tối ưu hóa là rất phổ biến, do đó thời gian tính toán là một yếu tố quan trọng. Mặt khác, các dao động chính của công trình xây dựng thường chỉ tập trung trong một dải tần số hẹp và xác định.



Hình 8. Quan hệ lực - biến dạng trong phân tích Pruning

Để giải quyết vấn đề này, kỹ thuật cắt tia (Pruning) được áp dụng. Phương pháp này cho phép rút gọn mô hình vật liệu bằng cách chỉ giữ lại các nhánh Maxwell có ảnh hưởng lớn trong dải tần số quan tâm. Cụ thể, nghiên cứu này xác định dải tần số quan trọng cho công trình là từ 0.3 Hz đến 30 Hz.

Vì vậy, phương pháp phân tích Pruning được sử dụng nhằm mục đích so sánh, đánh giá mức độ chính xác và hiệu quả về mặt thời gian thường nhanh hơn 3÷10 lần, tính toán của phương pháp tối ưu hóa này so với mô hình đầy đủ (Hình 8).

Trong đó:

Đường màu đỏ thể hiện kết quả phân tích trong miền thời gian của mô hình đầy đủ (No Pruning).

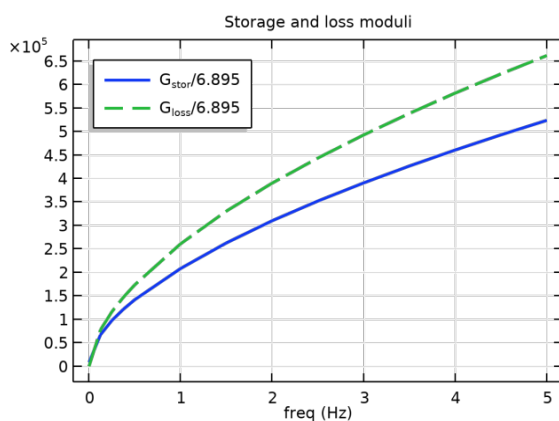
Đường màu xanh lá thể hiện kết quả của mô hình đã được rút gọn (With Pruning).

Đường màu xanh lam (nét đứt) là kết quả từ phân tích trong toàn bộ miền tần số (Frequency-domain) được dùng để đối chiếu.

Sự trùng khớp gần như hoàn toàn giữa các đường cong này cho thấy phương pháp “cắt tỉa” (With Pruning) vẫn đảm bảo độ chính xác cao so với mô hình đầy đủ, đồng thời xác thực kết quả của cả hai phương pháp phân tích theo miền thời gian.

Sự trùng khớp gần như hoàn toàn giữa các đường cong này cho thấy phương pháp “cắt tỉa” vẫn đảm bảo độ chính xác cao so với mô hình đầy đủ. Điều này gợi ý rằng phương pháp rút gọn có thể áp dụng hiệu quả trong thiết kế thực tiễn, nơi cần cân bằng giữa độ chính xác và chi phí tính toán [1], [3].

Phân tích đặc tính đàn hồi và nhớt.



Hình 9. Biểu đồ độ nhạy của hệ số độ nhớt đến chuyển vị đỉnh

G' - mô đun lưu trữ, G'' - mô đun tổn hao.

Đường G_{stor} biểu diễn cho mô đun lưu trữ: Đại diện cho thành phần đàn hồi (elastic response), tức khả năng vật liệu lưu trữ năng lượng. Đường cong cho thấy G' tăng dần khi tần số tăng → vật liệu trở nên “cứng hơn” khi chịu dao động nhanh.

Đường G_{loss} biểu diễn cho mô đun tổn hao: Đại diện cho thành phần nhớt (viscous response), tức năng lượng bị mất dưới dạng nhiệt. Đường cong cũng tăng theo tần số, nhưng tốc độ tăng nhanh hơn G' .

Ý nghĩa vật lý:

Khi $G'' > G'$: Vật liệu thể hiện tính nhớt chiếm ưu thế (giống chất lỏng nhớt).

Khi $G' > G''$: Tính đàn hồi chiếm ưu thế (giống chất rắn đàn hồi).

Trong đồ thị này: Ở tần số thấp, G' và G'' gần nhau → vật liệu có cả hai đặc tính đàn hồi và nhớt.

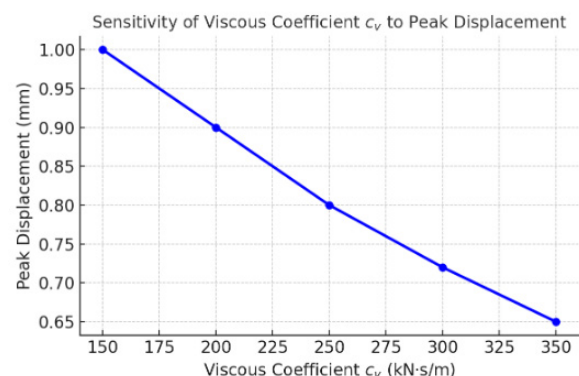
Khi tăng tần số, G'' tăng nhanh hơn, cho thấy vật liệu hấp thụ nhiều năng lượng hơn, đặc tính nhớt trội dần.

Đồ thị cho thấy vật liệu được khảo sát có cả đặc tính đàn hồi và nhớt và khi tần số dao động tăng thì tính nhớt (G'') trở nên trội hơn so với tính đàn hồi (G'). Đây là hành vi điển hình của nhiều vật liệu polymer và composite trong thử nghiệm cơ học động.

Sau khi phân tích đặc tính đàn hồi và nhớt thông qua mô đun lưu trữ (G') và mô đun tổn hao (G''), ta thấy rõ rằng vật liệu hay hệ thống chịu dao động vừa có khả năng lưu trữ năng lượng đàn hồi, vừa có xu hướng tiêu tán năng lượng qua ma sát nhớt. Chính sự cân bằng này quyết định đến cách mà cấu kiện đáp ứng dưới tải trọng động.

Đồ thị được trình bày trên Hình 9 cho thấy vật liệu được khảo sát có cả đặc tính đàn hồi và nhớt, và khi tần số dao động tăng thì tính nhớt (G'') trở nên trội hơn. Hiện tượng này đã được nhiều nghiên cứu polymer động lực học ghi nhận, trong đó mô đun tổn hao tăng nhanh hơn mô đun lưu trữ khi tần số tăng [4].

Tiếp nối mối quan hệ đó, biểu đồ nhạy cảm dưới đây cho thấy ảnh hưởng trực tiếp của hệ số nhớt (c_v) đến chuyển vị đỉnh của hệ thống. Khi hệ số nhớt tăng từ 150 kNs/m đến 350 kNs/m, chuyển vị đỉnh giảm dần từ khoảng 0.095 m xuống còn gần 0.075 m (Hình 10).



Hình 10. Biểu đồ độ nhạy của hệ số độ nhớt đến chuyển vị đỉnh

Hệ số nhớt càng lớn → hệ thống tiêu tán năng lượng dao động càng mạnh → biên độ dao động đỉnh giảm rõ rệt.

Ngược lại, nếu hệ số nhớt nhỏ → vật liệu ít tiêu tán năng lượng → chuyển vị đỉnh tăng, hệ dễ dao động mạnh hơn.

Nói cách khác, mối liên hệ giữa đặc tính nhớt (biểu thị qua G'' và hệ số ν) với chuyển vị dao động là sự tiếp nối logic: nhớt cao không chỉ làm tăng tổn hao năng lượng trong vật liệu, mà còn trực tiếp hạn chế dao động cực đại của hệ.

3.2. Hạn chế của mô hình mô phỏng

Mô hình mô phỏng còn một số hạn chế: Đặc tính vật liệu đàn hồi nhớt sử dụng dữ liệu tham khảo, chưa hiệu chuẩn bằng thí nghiệm thực tế; Tải trọng động đất và gió được giả định theo hàm toán học, chưa dựa trên bản ghi thực; Mô hình kết cấu đơn giản, chưa xét đến phi tuyến hình học, tương tác nền - công trình và lão hóa vật liệu; Phạm vi khảo sát hệ số nhớt còn hẹp, chưa bao quát đầy đủ các trường hợp thực tiễn.

Ngoài ra, cần có phân tích chi phí - lợi ích để chứng minh tính tối ưu kinh tế của VED trong so sánh với các giải pháp truyền thống [6]. Bên cạnh đó, yếu tố lão hóa polymer và tác động của khí hậu nóng ẩm tại Việt Nam [7] cũng cần được xem xét trong nghiên cứu tiếp theo. Cần có phân tích chi phí - lợi ích, ví dụ so sánh chi phí lắp đặt VED so với tăng tiết diện thép.

4. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Nghiên cứu đã sử dụng COMSOL Multiphysics để mô phỏng và đánh giá hiệu quả của bộ giảm chấn đàn hồi nhớt (VED) trong kiểm soát rung động công trình. Kết quả cho thấy VED giúp giảm đáng kể các chỉ tiêu động lực: chuyển vị đỉnh khoảng 35%, gia tốc sàn 28%, độ lệch tầng 37% và lực cắt đáy 14% so với kết cấu không có VED. Phân tích độ nhạy cũng chỉ ra rằng hệ số nhớt càng lớn thì khả năng tiêu tán năng lượng càng cao, làm biên độ dao động giảm rõ rệt. Điều này chứng minh sự thống nhất giữa đặc tính vật liệu ở cấp vi mô (mô đun lưu trữ G' , mô đun tổn hao G'') và phản ứng kết cấu ở cấp vĩ mô.

Ngoài ra, để tăng tính ứng dụng, nghiên cứu cũng so sánh với các giải pháp giảm chấn khác như TMD (Tuned Mass Damper) và BRB (Buckling Restrained Brace), qua đó thấy rằng VED có ưu thế về chi phí bảo trì thấp và khả năng thích ứng tốt với công trình cao tầng.

Tuy nhiên, mô hình vẫn còn một số hạn chế: Đặc tính vật liệu dựa trên dữ liệu tham khảo chưa hiệu chuẩn thí nghiệm, tải trọng động đất và gió được giả định dưới dạng hàm toán học và quy mô mô hình kết cấu

còn đơn giản. Hướng nghiên cứu tiếp theo cần tập trung vào việc hiệu chuẩn vật liệu bằng thí nghiệm, sử dụng bản ghi động đất và dữ liệu gió thực tế, mở rộng phân tích cho công trình toàn bộ với các yếu tố phi tuyến và tương tác nền - công trình, đồng thời xem xét sự suy giảm tính chất vật liệu theo thời gian. Bên cạnh đó, nghiên cứu mở rộng kết hợp VED với các giải pháp giảm chấn khác hứa hẹn mang lại hiệu quả toàn diện hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Soong, T.T., & Dargush, G.F. (1997), *Passive Energy Dissipation Systems in Structural Engineering*, Wiley.
- [2]. Constantinou, M.C., & Symans, M.D. (1993), *Experimental and analytical investigation of seismic response of structures with supplemental fluid dampers*, *Journal of Structural Engineering*, 119(11), 3099–3117.
- [3]. Housner, G.W., et al. (1997), *Structural control: past, present, and future*, *Journal of Engineering Mechanics*, 123(9), 897-971.
- [4]. Chopra, A. K. (2014), *Dynamics of structures: Theory and applications to earthquake engineering* (5th ed.), Pearson Education.
[https://books.google.com.vn/books?hl=vi&lr=&id=_5lIEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT11&d-q=Chopra,+A.+K.+\(2014\).+Dynamics+of+structures:+Theory+and+applications+to+earthquake+engineering+\(5th+ed.\).+Pearson+Education.&ots=FRBmXCPO1Z&sig=HmM8mXhyrZb-2n1m3zQuMxjKXFeM&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.vn/books?hl=vi&lr=&id=_5lIEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT11&d-q=Chopra,+A.+K.+(2014).+Dynamics+of+structures:+Theory+and+applications+to+earthquake+engineering+(5th+ed.).+Pearson+Education.&ots=FRBmXCPO1Z&sig=HmM8mXhyrZb-2n1m3zQuMxjKXFeM&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false).
- [5]. Park, S.W. (2001), *Analytical modeling of viscoelastic dampers for structural applications*, *Journal of Structural Engineering*, 127(8), 823-832.
- [6]. FEMA 356 (2000), *Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings*, Federal Emergency Management Agency.
- [7]. Zhang, R., & Xu, Y.L. (2020), *Seismic performance of high-rise buildings with viscoelastic dampers under different climatic conditions*, *Engineering Structures*, 206, 110159.

AUTHOR INFORMATION

Duong Thi Ha

Corresponding author: haduonghd85@gmail.com

Sao Do University

THẺ LỆ GỬI BÀI

TẠP CHÍ NGHIÊN CỨU KHOA HỌC, TRƯỜNG ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ (P. ISSN 1859-4190, E. ISSN 2815-553X), thường xuyên công bố kết quả, công trình nghiên cứu khoa học và công nghệ của các nhà khoa học, cán bộ, giảng viên, nghiên cứu sinh, học viên cao học, sinh viên ở trong và ngoài nước.

1. Tạp chí xuất bản 01 số/quý bằng hai ngôn ngữ tiếng Việt và tiếng Anh. Tạp chí nhận đăng các bài báo khoa học thuộc các lĩnh vực: Điện - Điện tử - Tự động hóa; Cơ khí - Động lực; Kinh tế; Triết học - Xã hội học - Chính trị học; Các lĩnh vực khác gồm: Công nghệ thông tin; Hóa học - Công nghệ thực phẩm; Ngôn ngữ học; Toán học; Vật lý; Văn hóa - Nghệ thuật - Thể dục thể thao...
2. Bài nhận đăng là những công trình nghiên cứu khoa học chưa công bố trong bất kỳ ấn phẩm khoa học nào.
3. Tòa soạn chỉ nhận bài báo gửi online trên website <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>. Bài báo gửi về tòa soạn dưới dạng file điện tử (*.doc *.docx và *.pdf); cuối bài báo, tác giả ghi rõ thông tin địa chỉ liên hệ, số điện thoại, email và cập nhật thông tin trên website. Bài báo phải được trình bày đúng định dạng, rõ ràng; Trường hợp bài báo phải chỉnh sửa theo thể lệ hoặc theo yêu cầu của Phản biện thì tác giả sẽ cập nhật trên website. Người phản biện sẽ do tòa soạn mời. Tòa soạn không gửi lại bài nếu không được đăng.
4. Các công trình thuộc đề tài nghiên cứu có Cơ quan quản lý cần kèm theo giấy phép cho công bố của cơ quan (Tên đề tài, mã số, tên chủ nhiệm đề tài, cấp quản lý,...).
5. Tên bài báo trình bày bằng hai ngôn ngữ (tiếng Việt và tiếng Anh), font Arial, cỡ chữ 14, in đậm, căn giữa.
6. Tên tác giả (không ghi học hàm, học vị), font Arial, cỡ chữ 10, in đậm, căn lề phải; cơ quan công tác của các tác giả, font Arial, cỡ chữ 9, in nghiêng, căn lề phải.
7. Chữ "Tóm tắt" in đậm, font Arial, cỡ chữ 10; Nội dung tóm tắt của bài báo không quá 10 dòng, trình bày bằng hai ngôn ngữ (tiếng Việt và tiếng Anh), font Arial, cỡ chữ 10, in thường.
8. Chữ "Từ khóa" in đậm, nghiêng, font Arial, cỡ chữ 10; Có từ 03÷05 từ khóa, font Arial, cỡ chữ 10, in nghiêng, ngăn cách nhau bởi dấu chấm phẩy, cuối cùng là dấu chấm.
9. Nội dung bài báo viết bằng tiếng Việt hoặc tiếng Anh; Nếu là bài báo viết bằng tiếng Việt: Tiêu đề tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Tóm tắt tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Từ khóa tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Nếu là bài báo viết bằng tiếng Anh: Tiêu đề tiếng Anh trước, tiếng Việt sau; Tóm tắt tiếng Anh trước, tiếng Việt sau.
10. Bài báo được đánh máy trên khổ giấy A4 (21 × 29,7cm) có độ dài không quá 8 trang, font Arial, cỡ chữ 10, giãn dòng At least 12pt, Before 3pt, After 3pt; căn lề trên 2.5cm, dưới 2.5cm, trái 3cm, phải 2cm; hình vẽ phải rõ ràng, đủ nét và được định dạng dưới dạng file ảnh (*.jpg); Phương trình, công thức phải soạn thảo bằng Mathtype hoặc Equation; Phần nội dung bài báo được chia thành 02 cột, khoảng cách cột là 1cm; Trong trường hợp hình vẽ, hình ảnh có kích thước lớn, bảng biểu có độ rộng lớn hoặc công thức, phương trình dài thì cho phép trình bày dưới dạng 01 cột.
11. Tài liệu tham khảo được sắp xếp theo thứ tự tài liệu được trích dẫn trong bài báo.
 - Nếu là sách/luận án: Tên tác giả (năm), Tên sách/luận án/luận văn, Nhà xuất bản/Trường/Viện, lần xuất bản/tái bản.
 - Nếu là bài báo/báo cáo khoa học: Tên tác giả (năm), Tên bài báo/báo cáo, Tạp chí/Hội nghị/Hội thảo, Tập/Kỷ yếu, số, trang.
 - Nếu là trang web: Phải trích dẫn đầy đủ tên website và đường link, ngày cập nhật.
12. Định dạng mẫu bài báo tham khảo tại địa chỉ http://tapchikhcn.saodo.edu.vn/news/detail/198/format_paper
Bài báo sau khi xuất bản sẽ được công bố trên <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>.

THÔNG TIN LIÊN HỆ:

Ban Biên tập Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ

Phòng 203, Tầng 2, Nhà B1, Trường Đại học Sao Đỏ.

Địa chỉ: Số 76, Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, P. Chu Văn An, TP. Hải Phòng.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>

Email: tapchikhcn@saodo.edu.vn



BỘ CÔNG THƯƠNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

Địa chỉ:

- **Số 1:** Số 76, đường Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, phường Chu Văn An, thành phố Hải Phòng.
- **Số 2:** Số 72, đường Nguyễn Thái Học, quốc lộ 37, phường Chu Văn An, thành phố Hải Phòng.
- **Điện thoại:** (0220) 3882 269 **Fax:** (0220) 3882 921 **Website:** <http://saodo.edu.vn> **Email:** info@saodo.edu.vn

P. ISSN 1859-4190
E. ISSN 2815-553X

Số 3 (91)
2025

Địa chỉ Tòa soạn:

Trường Đại học Sao Đỏ

Số 76, đường Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, phường Chu Văn An, thành phố Hải Phòng.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882 921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>/Email: tapchikhcn@saodo.edu.vn.

Giấy phép xuất bản số: 620/GP-BTTTT ngày 17/9/2021 của Bộ Thông tin và Truyền thông.
In 2.000 bản, khổ 21 × 29,7cm, tại Công ty TNHH in Tre Xanh, cấp ngày 17/02/2011.