

THÍ NGHIỆM KHẢ NĂNG GIẢM ÁP LỰC NỔ LÊN KẾT CẤU ĐẶT TRONG MÔI TRƯỜNG ĐẤT BẰNG VẬT LIỆU ĐÀN HỒI

TS.LÊ ANH TUẤN, ThS.NGUYỄN CÔNG NGHỊ, ThS.TẠ ĐỨC TUÂN

Học viện Kỹ thuật Quân sự

Tóm tắt: Bài báo trình bày nghiên cứu thực nghiệm hiện trường về khả năng hấp thụ, tiêu tán năng lượng nổ của vật liệu đàn hồi. Kết quả thí nghiệm nổ trong đất cho thấy vật liệu đàn hồi làm suy giảm đáng kể giá trị cực đại của giá trị sóng nổ và làm thay đổi dạng biểu đồ áp lực theo thời gian, kéo dài thời gian áp lực sóng nổ đạt đến giá trị cực đại.

Từ khóa: Sóng nổ, vật liệu đàn hồi, hấp thụ, tiêu tán.

Abstract: This paper presents experimental research on the energy absorption, dissipation possibility of elastomer materials. The results of the explosion tests in the soil showed that the elastic material significantly reduced the maximum value of the explosive wave value, deforming the pressure graph over time, extending the time the explosion pressure reached the maximum value and reducing the momentum of compression wave at the measurement point.

Keywords: explosive wave, possibility of elastomer materials, absorption, dissipation.

1. Mở đầu

Tác dụng của vụ nổ gây ra áp lực và rung động lớn lên kết cấu công trình làm ảnh hưởng lớn đến sự ổn định của công trình và hoạt động của con người trên công trình. Do đó cần có các nghiên cứu làm giảm áp lực nổ cho công trình từ đó làm giảm nội lực trên kết cấu. Khi giảm được nội lực do tải trọng động sẽ cho phép giảm được kích thước tiết diện của kết cấu và tăng sự ổn định cho công trình.

Trên thế giới việc nghiên cứu ứng dụng các vật liệu đàn hồi chống rung động cho các công trình chịu tác dụng rung động từ hệ thống đường sắt cao tốc, hệ thống nhà xưởng đã được ứng dụng rộng rãi và đem lại hiệu quả lớn [5]. Bên cạnh đó đã có một số nghiên cứu sử dụng các vật liệu đàn hồi cho kết cấu chịu tác động nổ.

Trong nước, đã có một số công trình nghiên cứu đưa ra được phương pháp giảm dao động bằng các thiết bị tiêu tán năng lượng. Tuy nhiên,

các nghiên cứu này chủ yếu tập trung vào các phương pháp giảm dao động cho kết cấu nhà cao tầng chịu tác động của các loại tải ngang như gió và động đất bằng các thiết bị giảm chấn và cách chấn như TMD (Tuned Mass Damper), TLD (Tuned Liquid Damper),... Với yêu cầu chế tạo phức tạp, quá trình sử dụng cần bảo dưỡng thường xuyên [1]. Các nghiên cứu về ứng dụng các vật liệu đàn hồi để hấp thụ năng lượng, giảm áp lực nổ cho các công trình quân sự ít được đề cập đến.

Việc sử dụng các thiết bị chuyên dụng kiểu TMD, TLD không thực sự phù hợp với điều kiện xây dựng và làm việc của các công trình quân sự thường chìm sâu dưới đất, đòi hỏi thời gian xây dựng nhanh chóng, không gian nhỏ hẹp, không có điều kiện bảo dưỡng thường xuyên. Cũng như các dạng công trình này được tính toán chịu tác dụng cực hạn do bom đạn nổ gây ra với áp lực lớn và thời gian tác dụng rất ngắn, do đó việc nghiên cứu giải pháp làm giảm tác dụng của áp lực do vụ nổ gây ra là hết sức cần thiết.

Một trong những giải pháp đặt ra nhằm giảm áp lực nổ lên kết cấu công trình đặc thù là sử dụng các lớp vật liệu có khả năng đàn hồi tốt nhằm hấp thụ và tiêu tán năng lượng của tải trọng tác dụng vào kết cấu [5], [8]. Các sản phẩm từ vật liệu đàn hồi thường được chế tạo dạng tấm nên dễ thi công và phù hợp với việc tạo ra các lớp giảm chấn hoặc gia cường cho kết cấu nhằm giảm tác dụng do xung nổ gây ra [7].

Áp lực sóng nén tác dụng lên công sự được xác định bằng các công thức thực nghiệm, phụ thuộc vào các tham số của môi trường đất đá, do vậy độ chính xác không cao. Trong nội dung nghiên cứu sử dụng thí nghiệm trong môi trường đồng nhất, khối lượng chất nổ và chiều sâu chôn chất nổ như nhau và đo bằng các đầu đo áp lực sóng nén để lấy năng lượng nổ tương đương trong mỗi lần thí nghiệm so sánh.

2. Các đặc trưng của vật liệu đàn hồi

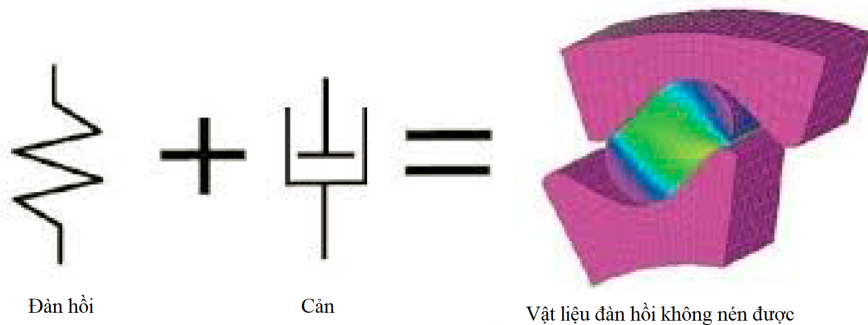
Vật liệu có tính đàn hồi tốt được nghiên cứu ứng dụng trong chống rung động và hấp thụ năng lượng thường được chia làm hai loại là vật liệu đàn

hồi không nén được (incompressible elastic) và vật liệu đàn hồi dạng xốp nén được (incompressible foam). Trong phần này trình bày các đặc trưng cơ bản của hai dạng vật liệu này.

2.1. Đặc trưng vật liệu đàn hồi không nén được

Một trong những đặc trưng cơ bản nhất của loại vật liệu này là tính đàn hồi rất cao đặc biệt khi so sánh tính chất này với các loại vật liệu

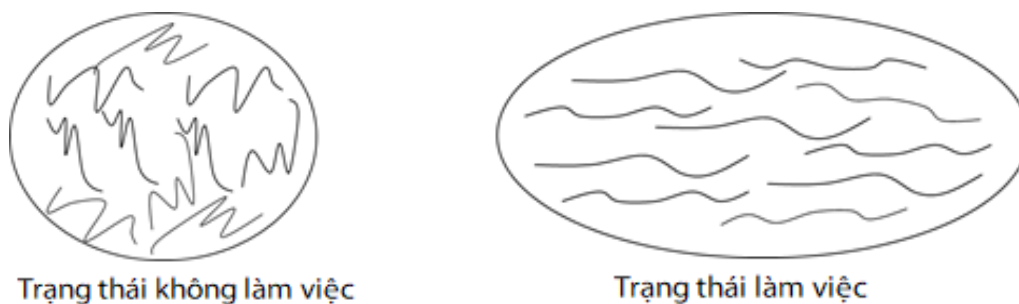
khác như thép, nhựa, bê tông,... Có thể biểu diễn tính chất của vật liệu dưới dạng kết hợp của lò xo đàn hồi và khả năng cản của vật liệu. Đặc trưng quan trọng về khả năng đàn hồi của vật liệu là khả năng phục hồi trạng thái ban đầu của vật liệu sau khi bị kéo, nén và biến dạng bất kỳ theo cách nào khi tác nhân gây biến dạng bị loại bỏ.



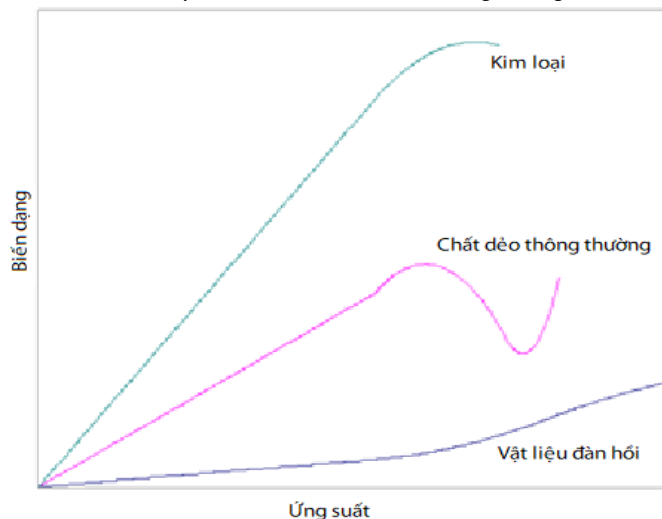
Hình 1. Biểu diễn tính chất của vật liệu đàn hồi dạng không nén được

Vật liệu đàn hồi có khả năng phục hồi trạng thái ban đầu cao gấp khoảng 400 lần so với vật liệu thép. So với vật liệu đàn hồi, thép bao gồm các nguyên tử kim loại được sắp xếp theo mạng lưới tinh thể trong khi cấu trúc vật liệu đàn hồi bao gồm các dạng phân tử sợi dài. Khi ở trạng thái thông thường các phân tử

của vật liệu đàn hồi không được định hướng theo dạng thẳng mà theo trạng thái dạng cuộn. Dưới tác dụng của áp lực ngoài các phân tử dạng cuộn không định hướng này sẽ được sắp xếp theo thứ tự. Cấu trúc vật liệu và quan hệ ứng suất - biến dạng được thể hiện trong các hình 2 và hình 3[4].



Hình 2. Cấu trúc phân tử vật liệu đàn hồi dạng không nén được

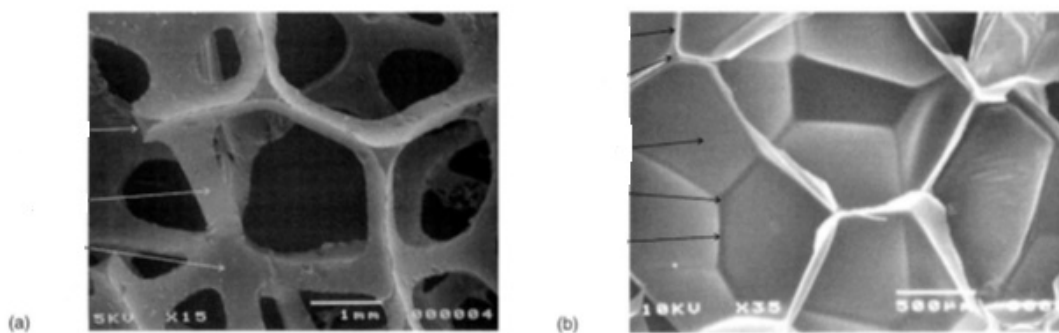


Hình 3. Đường cong ứng suất - biến dạng kim loại, chất dẻo thông thường và vật liệu đàn hồi không nén được

2.2. Đặc trưng vật liệu đàn hồi nén được

Vật liệu cấu trúc dạng xốp là vật liệu có mật độ thấp biểu diễn quan hệ phi tuyến tính và thường được dùng trong các ứng dụng hấp thụ năng lượng. Cấu trúc dạng xốp được phân loại theo dạng lỗ rỗng mở hoặc đóng kín

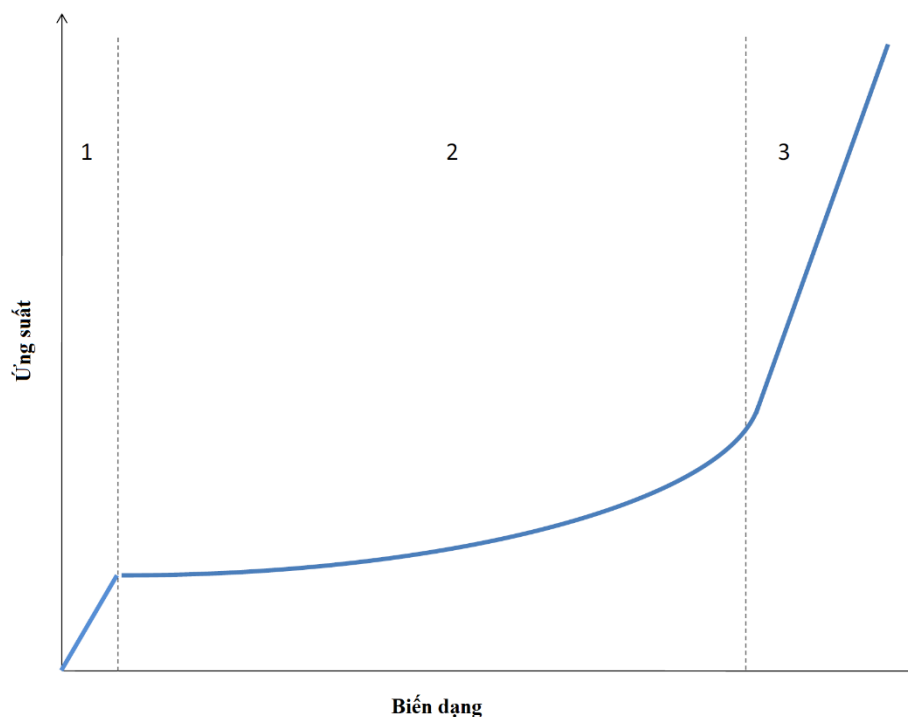
(hình 4). Các lỗ rỗng đóng kín được ngăn cách bởi các vách ngăn của pha rắn vật liệu sẽ ngăn không cho không khí thoát ra ngoài các lỗ rỗng. Còn đối với các lỗ rỗng mở là cấu trúc dạng xương cho phép không khí có thể luân chuyển giữa các lỗ rỗng.



Hình 4. Cấu trúc lỗ rỗng mở (a) và lỗ rỗng đóng kín (b)

Đối với cấu trúc xốp dạng lỗ rỗng đường cong quan hệ ứng suất - Biến dạng được chia thành ba giai đoạn. Ban đầu là quan hệ tuyến tính thể hiện ứng xử quá trình trước khi bị ép

sát của cấu trúc lỗ rỗng, sau đó là quá trình ép sát của màng hoặc xương trong cấu trúc lỗ rỗng và cuối cùng là quá trình ép chặt của pha rắn vật liệu trên hình 5.



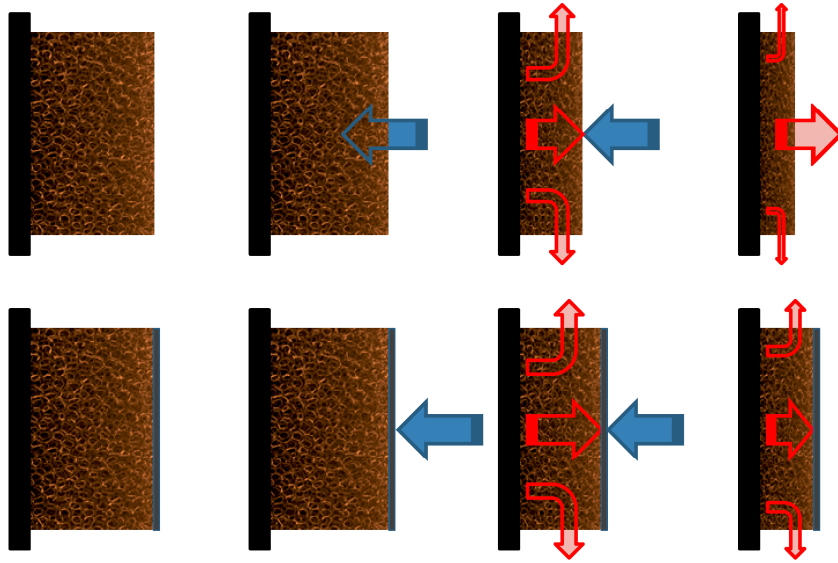
Hình 5. Đường cong quan hệ ứng suất - biến dạng vật liệu đàn hồi nén được

Khi chịu áp lực nổ, nếu kết cấu đàn hồi xốp thì cấu trúc lỗ rỗng mở sẽ phức tạp hơn trong ứng xử với tác dụng của áp lực. Khi cấu trúc lỗ rỗng mở không có lớp màng chắn phía trước không khí áp suất cao sẽ đi vào trong lỗ rỗng trước khi quá trình nén xảy ra, sau đó khi cấu trúc vật liệu bị

nén không khí có thể thoát ra ngoài. Trong trường hợp có lớp màng chắn phía trước cho phép không khí bên trong vật liệu bị nén ép tạo thành phản áp với áp lực nổ, quá trình tiếp theo là sự nén ép vật liệu làm cho không khí bên trong lỗ rỗng vượt quá áp lực và bắt đầu thoát ra ngoài.

Quá trình thay đổi áp lực không khí bên trong lỗ rỗng và sự nén ép cấu trúc vật liệu do nén ép của

áp lực sẽ làm tiêu tán áp lực khi đi qua lớp vật liệu dạng này [6].



Hình 6. Sự khác biệt luồng khí vào và ra lỗ rỗng trong quá trình bị nén

3. Thực nghiệm đánh giá khả năng giảm áp lực nổ của vật liệu đàn hồi dạng xốp

Nhằm đánh giá khả năng hấp thụ và giảm áp lực nổ của vật liệu đàn hồi, tiến hành thí nghiệm nổ trong môi trường cát đồng nhất và đo các áp lực trong môi trường bằng các đầu đo áp lực ở hai trường hợp có và không có lớp đệm bằng vật liệu đàn hồi cao su xốp dạng tấm trước đầu đo.

3.1. Mô tả thí nghiệm

Tiến hành thí nghiệm nổ trong môi trường cát đồng nhất, kích thước vùng thí nghiệm 1.5x1.5x1m; lượng nổ TNT 25g chôn độ sâu 0.4m; 01 đầu đo áp lực đất KDC-1MPa và 03 đầu đo áp lực đất KDE-200KPa đặt cùng độ sâu cách lượng nổ 0.4m; sử dụng máy đo động đa kênh NCXI-1000DC ghi dữ liệu từ các đầu đo; vật liệu đàn hồi dùng trong thí nghiệm dùng cao su xốp dạng tấm, kích thước 200x200x20mm, đặt phía trước đầu đo.



Đầu đo KDC-1MPa



Máy đo NCXI-1000DC

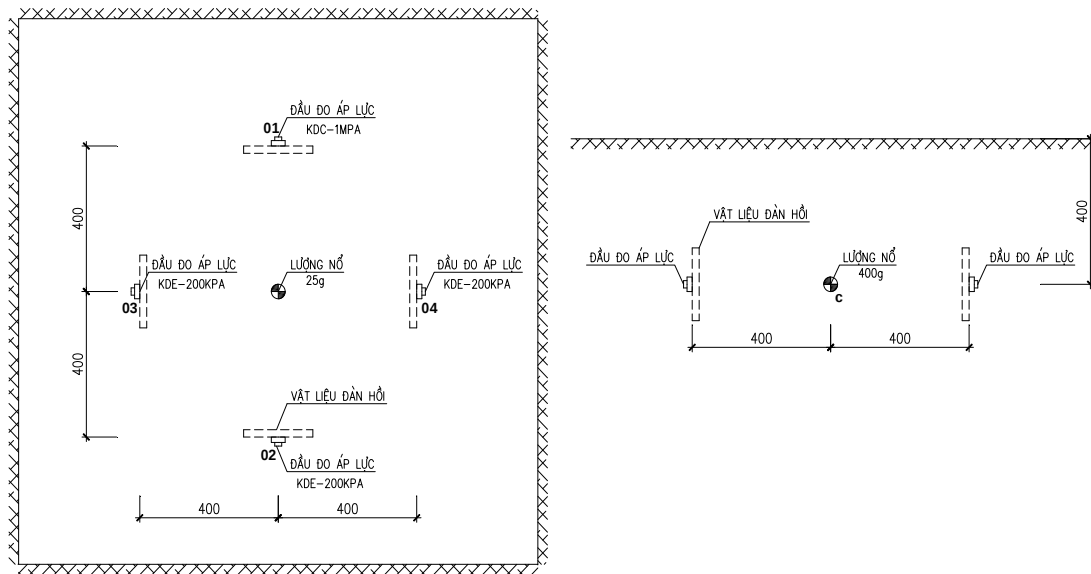


Đầu đo KDE-200KPa



Vật liệu đàn hồi (Cao su xốp dạng tấm)

Hình 7. Thiết bị thí nghiệm



Hình 8. Sơ đồ bố trí thí nghiệm

3.2. Tiến hành thí nghiệm

Tiến hành làm các công tác chuẩn bị thí nghiệm (mỗi vụ nổ được tiến hành tương tự nhau):

- Chế tạo lượng nổ TNT;
- Tiến hành đổ và đầm cát theo từng lớp 20cm;

- Đặt lượng nổ, đầu đo và tấm đệm đàn hồi vào vị trí và được cân chỉnh chính xác bằng các dụng cụ đo;

- Chuẩn bị dây tín hiệu, máy đo và đánh số thứ tự kênh đo;

- Kiểm tra thông mạch hệ thống đo.

Hình ảnh thí nghiệm tại hiện trường:



a. Chuẩn bị thí nghiệm hiện trường

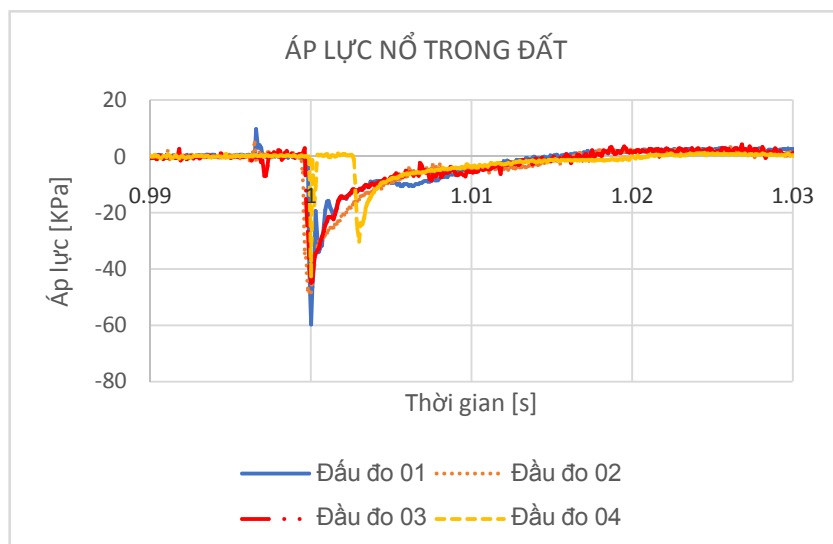


b. Phễu nổ hình thành khi nổ trong môi trường đất

Hình 9. Công tác tiến hành thí nghiệm tại hiện trường

3.3. Kết quả và bàn luận

3.3.1. Kết quả áp lực nổ không có tấm đệm đàn hồi trước đầu đo

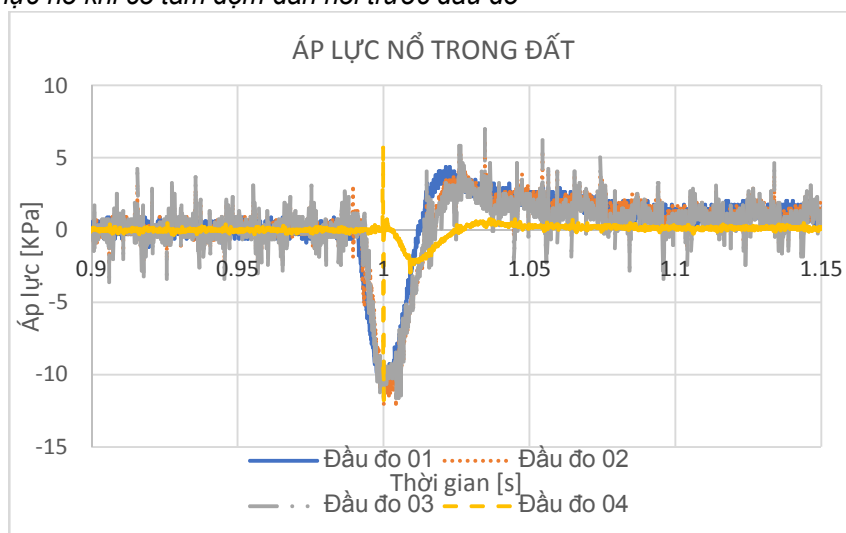


Hình 10. Kết quả áp lực nổ không có tấm đệm đàn hồi trước đầu đo

Bảng 1. Kết quả áp lực nổ không có tấm đệm đàn hồi trước đầu đo

Đầu đo	Lần TN 01	Lần TN 02	Lần TN 03	Trung bình (KPa)
01	40.95	59.63	42.60	47.73
02	35.18	48.27	58.44	47.30
03	52.51	44.98	56.62	51.37
04	47.00	42.76	52.64	47.47

3.3.2. Kết quả áp lực nổ khi có tấm đệm đàn hồi trước đầu đo

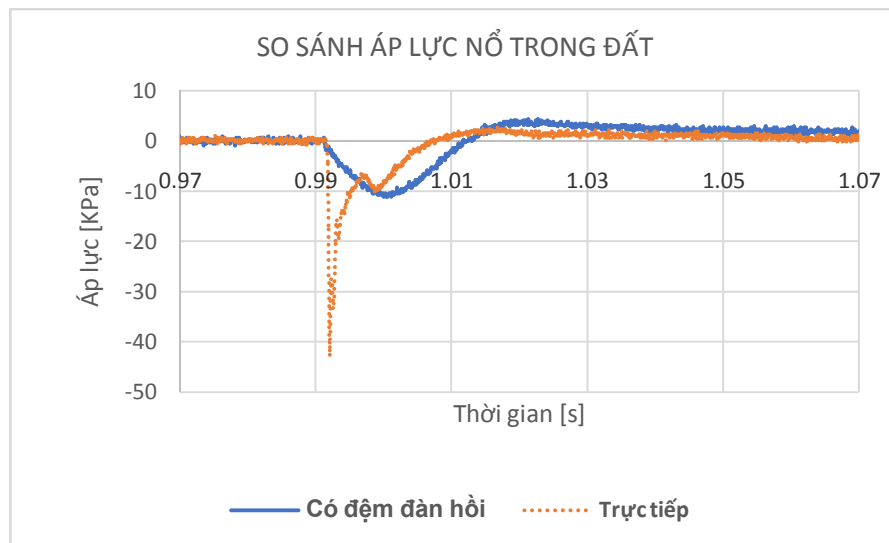


Hình 11. Kết quả áp lực nổ khi có tấm đệm đàn hồi trước đầu đo

Bảng 2. Kết quả áp lực nổ khi có tấm đệm đàn hồi trước đầu đo

Đầu đo	Lần TN 01	Lần TN 02	Lần TN 03	Trung bình (KPa)
01	12.01	15.45	11.03	12.83
02	28.55	12.42	12.03	17.67
03	23.36	17.84	11.63	17.61
04	20.54	16.34	11.74	16.21

3.3.3. So sánh áp lực nổ trong đất



Hình 12. Kết quả đánh giá khả năng giảm áp lực và thời gian áp lực nổ của vật liệu đàn hồi

Bảng 3. So sánh kết quả suy giảm áp lực nổ cực đại

Đầu đo	Trực tiếp	Có đệm đh	Suy giảm (%)
01	47.73	12.83	73.11
02	47.30	17.67	62.65
03	51.37	17.61	65.72
04	47.47	16.21	65.86

Bảng 4. So sánh thời gian duy trì áp lực và thời gian tăng tải đến cực đại

Đầu đo	Thời gian	Trực tiếp (s)	Có đệm đh (s)	Chênh lệch (%)
01	θ	0.016	0.0212	32.5
	τ_1	0.00073	0.00973	1232.88
02	θ	0.0172	0.0268	55.81
	τ_1	0.0007	0.00935	1235.71
03	θ	0.0165	0.0236	43.03
	τ_1	0.00065	0.0095	1361.54
04	θ	0.0179	0.0213	18.99
	τ_1	0.00066	0.00728	1093.03

Các kết quả áp lực sau khi xử lý các tín hiệu đo cho thấy lớp đệm đàn hồi dạng xốp có tác dụng hấp thụ và tiêu tán phần lớn áp lực của sóng nén do nổ trong đất và làm kéo dài thời gian tăng áp lực sóng nén lên cực đại.

Các kết quả đo ở 04 đầu đo có sự khác là do các yếu tố trong quá trình thí nghiệm hiện trường

như khoảng cách sai lệch nhỏ khi đặt đầu đo tới vị trí tâm nổ, hiệu quả mỗi lần gây nổ,...

4. Kết luận

Nghiên cứu bài toán cụ thể ở trên cho thấy tác dụng của vật liệu đàn hồi trong việc làm giảm áp lực nổ:

- Làm suy giảm đáng kể giá trị cực đại của áp lực do tác dụng cực hạn của nổ gây ra (từ 62 đến 73%);

- Làm thay đổi đặc trưng tăng tải của sóng nổ, kéo dài thời gian tăng sóng nén lên giá trị cực đại (trên 1000%);

- Kết quả thí nghiệm là cơ sở khoa học cho hướng nghiên cứu sử dụng vật liệu đàn hồi dạng xốp nhằm giảm tác dụng nổ lên kết cấu công trình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Đông Anh, Lã Đức Việt (2007), Giảm dao động bằng thiết bị tiêu tán năng lượng, *Nhà xuất bản Khoa học tự nhiên và công nghệ*.
2. Võ Văn Thảo (2001), Phương pháp khảo sát - nghiên cứu thực nghiệm công trình, *Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật*.
3. Lê Anh Tuấn, Bài giảng Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm công trình, *Học viện Kỹ Thuật Quân Sự*.
4. Franta I., *Elastomers and rubber compounding materials: manufacture, properties and applications*, Elsevier, 1989.
5. Getzner (2014), Increasing Value through Elastic Shielding of Buildings, 7726 _Getzner_Broschuere_Gebaeudeabschirmung_en.indd.
6. J.G. Nerenberg (1998), Blast Wave Loading of Polymeric Foams, *McGill University, Montreal, Quebec, Canada*.
7. S.N. Raman, T. Ngo, P. Mendis and T. Pham, "Elastomeric polymers for retrofitting of reinforced concrete structures against the explosive effects of blast", *Hindawi Publishing Corporation, Advances in Materials Science and Engineering, Vol.1012, Article ID 754142, 8 pages, doi:10.1155/2012/754212*.
8. TMS-1300, *Design of Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions*, US Department of the Army Technical Manual, 1991.

Ngày nhận bài: 14/8/2017.

Ngày nhận bài lần cuối: 16/10/2017.