

MÔ HÌNH MÀNG ĐỒNG NHẤT TRỰC HƯỚNG TƯƠNG ĐƯƠNG THAY THẾ VÁCH KHOÉT LỖ TỔ ONG TRONG THIẾT KẾ NHÀ

ĐOÀN CƯỜNG QUỐC¹; TRINH DUY KHÁNH²; TRẦN QUỐC PHONG³

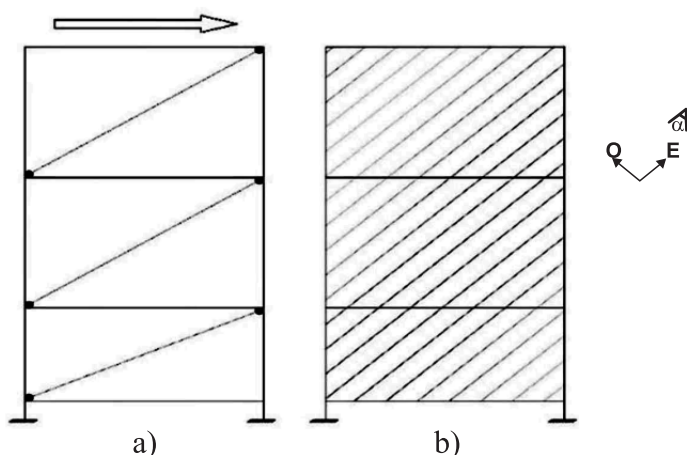
¹Ban QLDA ĐTXD CTGT tỉnh Quảng Trị; ²Trường Đại học Xây dựng Hà Nội; ³Trường Đại học Quảng Bình

1. Giới thiệu

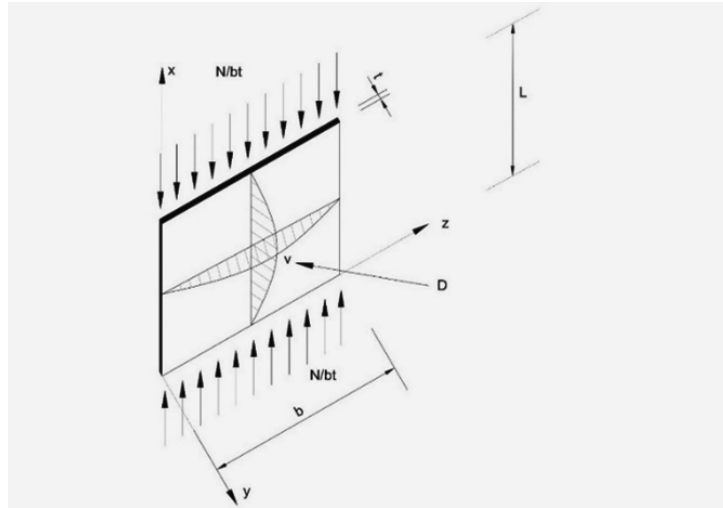
1.1. Vách thép khoét lỗ tổ ong

Vách thép là một giải pháp xây dựng tiên chế, thời gian thi công nhanh, không gây ô nhiễm và đảm bảo vệ sinh công trường. Nếu được thiết kế với các liên kết phù hợp với dầm, cột trong khung thép, các kỹ sư sẽ rất dễ dàng đề quan trắc, thay thế kết cấu này trong trường hợp xuất hiện các hư hỏng, biến dạng lớn trong quá trình sử dụng. Ngoài đặc thù của giải pháp sử dụng vách là tăng độ cứng cho công trình khi chịu tác động của tải trọng ngang [1] vách thép cũng có thể được thiết kế để trở thành điểm kết cấu “mềm” hấp thụ và tiêu tán năng lượng do động đất tác động lên công trình nhà, bằng cách sử dụng thép cường độ thấp [2] hoặc khoét lỗ trên vách thép [3]. Khi phân tích tổng thể sự làm việc của cả công trình, vách thép thường được mô tả bằng một phần tử thanh chéo trong khoang gồm dầm cột [4] hoặc bằng một phần tử màng đồng [5]. Đối với giải pháp mô hình vách bằng phần tử thanh, các kỹ sư, nhà nghiên cứu thường gán thanh là một phần tử chỉ chịu kéo. Đối với giải pháp màng trực hướng (có hai hướng với độ cứng vật liệu khác nhau), thì các nhà nghiên cứu thường gán hướng chịu kéo (nghe nghiêng góc với phương ngang) có độ cứng lớn (bằng với độ cứng của vật liệu thép), đối với hướng vuông góc còn lại (tức là vùng bị chi phối bởi ứng suất nén) thì độ cứng thường được bỏ qua. Hay nói cách khác, các kỹ sư chỉ xem xét ứng suất chịu kéo trên vách và bỏ qua các vùng chịu nén. Hình 1 giới thiệu mô hình thanh chỉ chịu kéo và mô hình vỏ trực hướng đã nêu, trong trường hợp tải trọng ngang có chiều từ trái sang phải. Tuy nhiên, tất cả các mô hình vừa nêu đều dành cho loại vách thép đặc, không khoét lỗ. Về mặt cơ học, để kiểm tra mặt ổn định tổng thể của vách thép, ta cần xác định được độ cứng chống uốn ngoài mặt phẳng của tấm $D = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)}$

là mô đun đàn hồi của thép, t là độ dày của tấm vách, ν là chuyển vị ngoài mặt phẳng của tấm vách và các ký hiệu được minh họa trong Hình 2. Với việc bỏ qua trạng thái phá hoại do mất trong đó E ổn định tổng thể, ta có thể sử dụng mô hình màng đồng nhất (chỉ có độ cứng trong mặt phẳng) để thay thế cho các vách thép khoét lỗ.



Hình 1. Các mô hình thay thế vách thép trong phân tích kết cấu nhà (tải trọng ngang có chiều tác động trùng với chiều mũi tên: a) mô hình thanh chỉ chịu kéo, b) mô hình vách trực hướng có modul đàn hồi theo phương góc α là E và phương vuông góc là 0



Hình 2. Mô hình mất ổn định tổng thể của tấm khi chịu nén trong mặt phẳng

2.2. Màng trực hướng

Màng trực hướng là sự kết hợp của mô hình màng với vật liệu trực hướng. Thực tế, vật liệu thép thường được coi như một vật liệu đẳng hướng; tuy nhiên, khi tiến hành đục lỗ trên vách thép, tùy vào hình dạng, sự phân bố lỗ mở mà vách thép sẽ bị giảm yếu khác nhau theo các phương. Vì vậy, việc sử dụng mô hình màng trực hướng sẽ thích hợp hơn mô hình màng đẳng hướng trong việc mô phỏng sự làm việc của một vách thép khoét lỗ. Khác với mô hình được mô tả trong Hình 1, mô hình màng trực hướng mà nghiên cứu này hướng tới dùng để thay thế vách khoét lỗ và có các tính chất vật liệu theo các phương cố định, không bị thay đổi theo góc α CT(1) mô tả ma trận độ mềm của màng đẳng hướng với các đặc trưng vật liệu E, ν CT(1) mô tả ma trận độ mềm của màng đẳng hướng với các đặc trưng vật liệu E_1, E_2, ν_{12} . Trong đó, mô đun chống cắt G được xác định theo công thức: $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$. Vì ma trận độ cứng của vật liệu trực hướng có công thức phức tạp hơn hẳn ma

trận độ mềm nên trong nghiên cứu này, sẽ thao tác trên ma trận độ mềm để đơn giản hóa quá trình tính toán.

$$\frac{1}{t} \begin{bmatrix} \frac{1}{E} & \frac{-\nu}{E} & 0 \\ \frac{-\nu}{E} & \frac{1}{E} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{G} \end{bmatrix} \quad (1)$$

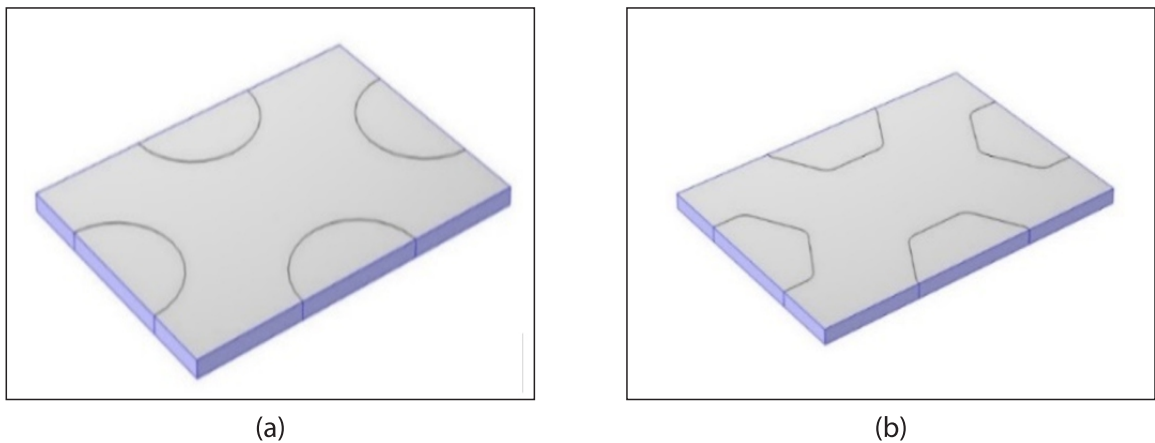
$$\frac{1}{t} \begin{bmatrix} \frac{1}{E_1} & \frac{-\nu_{12}}{E_2} & 0 \\ \frac{-\nu_{21}}{E_1} & \frac{1}{E_2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{G_{12}} \end{bmatrix} \quad (2)$$

1.3. Đồng nhất hóa

Đồng nhất hóa là phương pháp xây dựng mô hình cấu kiện, kết cấu đồng nhất có sự làm việc tương đương với cấu kiện, kết cấu ban đầu được tạo nên từ nhiều loại vật liệu khác nhau. Lý thuyết đồng nhất hóa được bắt đầu khá muộn, từ những năm 80 của thế kỷ XX với một số nghiên cứu nền

tăng của Zaoui và Sanchez-Palencia [6]. Đồng nhất hóa chia thành hai nhánh phát triển lớn, một nhánh chuyên nghiên cứu các kết cấu có sự phân bố vật liệu một cách ngẫu nhiên, nhánh còn lại đi vào việc nghiên cứu các kết cấu có sự phân bố vật liệu theo một quy luật nhất định, đặc biệt là các loại kết cấu có sự phân bố vật liệu lặp đi lặp lại, hay còn gọi ngắn gọn là các kết cấu tuần hoàn (hiểu theo nghĩa rộng bao gồm cả những kết cấu có chứa lỗ rỗng được bố trí tuần hoàn), chẳng hạn tường gạch[7], kết cấu sandwich[8], các loại sàn rỗng[9]. Tùy theo mức độ tuần hoàn theo 3 phương hay 1 phương mà người ta sử dụng các mô hình truyền thống trong cơ học môi trường liên tục như: tấm vỏ (plate, shell) với 6 bậc tự do[10], hoặc mô hình khối (solid) với 3 bậc tự do[11].

Trong bài viết này, nhóm nghiên cứu sẽ thực hiện đồng nhất hóa, biến đổi vách thép khoét lỗ (một kết cấu tuần hoàn 2 chiều được tạo nên từ hai loại “vật liệu” (thép và vật liệu rất mềm đại diện cho lỗ mở) thành kết cấu màng (membrane) đồng nhất trục hướng. Quá trình đồng nhất hóa được thực hiện bằng cách áp một điều kiện biên dạng chuyển vị cưỡng bức lên các mặt xung quanh của phần tử đại diện (PT2D) như trong Hình 3.



Hình 3. Phần tử đại diện (PT2D) và các mặt xung quanh (gạch sọc) được áp điều kiện biên tuần hoàn, a) phần tử đại diện PSPSWc-180, b) phần tử đại diện PSPSWh-99

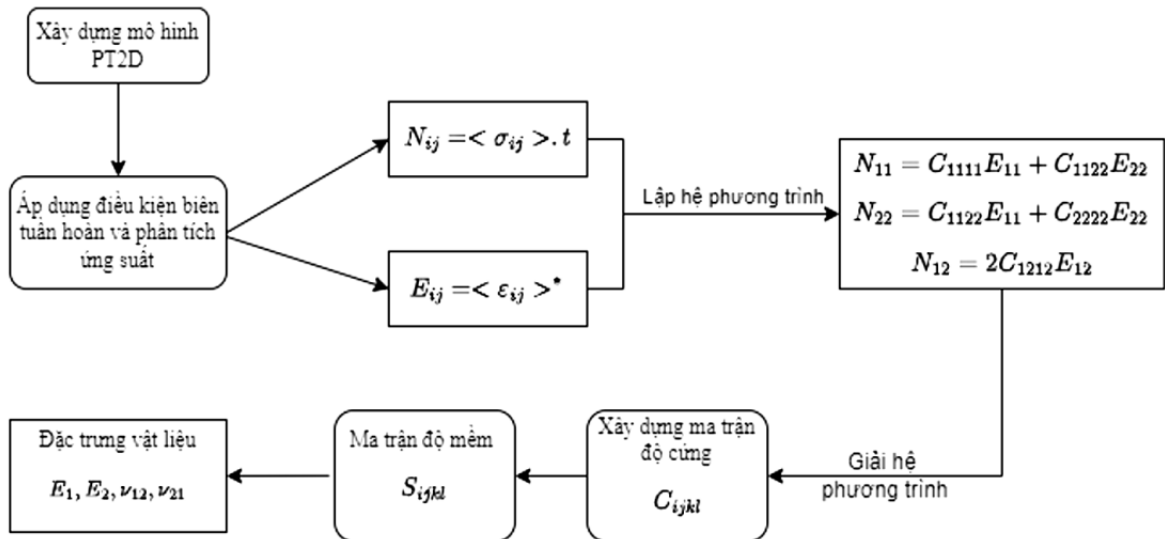
Điều kiện biên đặc biệt này có tên là điều kiện biên tuần hoàn, có như mô tả sau:

$$\begin{cases} u_1 &= E_{11}^0 x_1^0 + E_{12} x_2 + v_1 \\ u_2 &= E_{12}^0 x_1^0 + E_{22} x_2 + v_2 \end{cases} \quad (3)$$

Trong đó: u_i là thành phần theo trục i của chuyển vị, x_i là thành phần theo trục i tọa độ của điểm đang xét, v_i là các thành phần theo trục i của nhiễu tuần hoàn (nghĩa là ở các vị trí biên đối xứng của phần tử đại diện, thì các nhiễu có giá trị bằng nhau), E_{ij}^0 là các hằng số mà sau khi áp điều kiện biên tuần hoàn lên PT2D, ta sẽ thu được trường trung bình của biến dạng ε_{ij} bằng chính các hằng số đó.

2. Xây dựng mô hình màng trục hướng

Để thực hiện mục tiêu xây dựng mô hình màng đồng nhất, sẽ sử dụng phương pháp được nêu trong [12]. Ta có thể tóm tắt quá trình như trong Hình 4, gồm các bước:



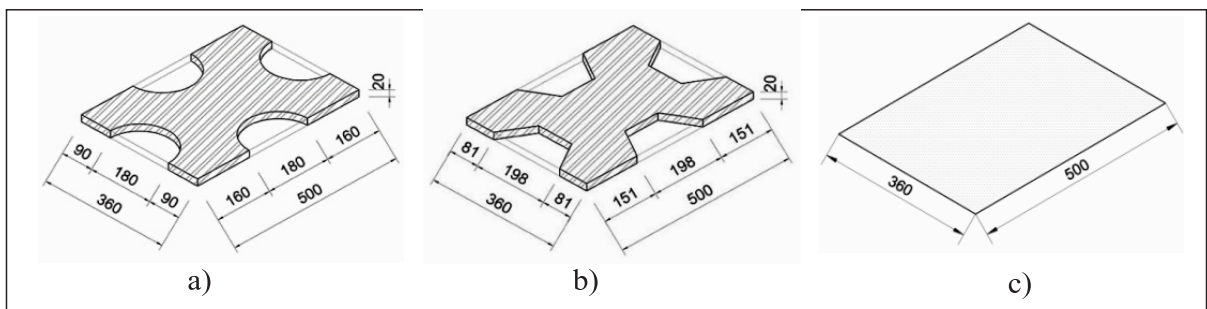
Hình 4. Quy trình đồng nhất hóa vách thép thành màng trực hướng đồng nhất

Trong bài viết này, nhóm nghiên cứu sử dụng phần mềm COMSOL để tiến hành kiểm chứng và so sánh sự làm việc của một vách thép khoét lỗ dạng 3D, chịu tải trọng ngang và khi vách thép chịu đồng thời tải trọng ngang và tải trọng thẳng đứng.

Cụ thể hơn, ta sẽ tiến hành phân tích các vách thép được khoét lỗ tròn và lỗ lục giác, các vách được đặt tên và mô tả như trong Bảng 1. Xây dựng các phần tử đại diện (PT2D) hình chữ nhật như trong Hình 5. Phần gạch sọc là vật liệu thép ($E = 210000 \text{ MPa}$ và $\nu = 0,3$), phần trong suốt là vật liệu mềm có độ cứng rất nhỏ ($E = 0,5 \text{ MPa}$ và $\nu = 0,3$).

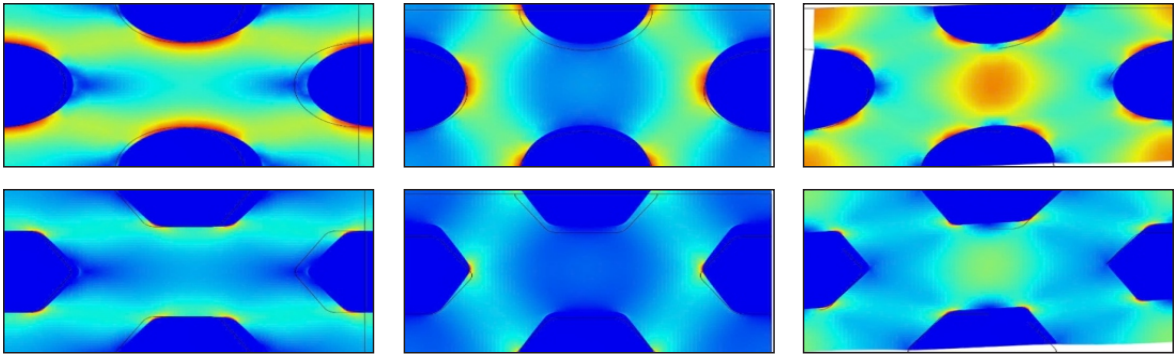
Bảng 1. Tên và ký hiệu các loại vách thép được khảo sát

TT	Tên	Loại lỗ mở	Đường kính/Cạnh (mm)	Độ rỗng (%)
1	PSPSWc - 180	Tròn	180	28.3
2	PSPSWh - 99	Lục giác đều	99	28.3
3	PSPSWc - 200	Tròn	200	34.9
4	PSPSWh - 110	Lục giác đều	110	34.9
5	PSPSWc - 220	Tròn	220	42.2



Hình 5. Phần tử đại diện (PT2D) của một số mẫu thử: a) mẫu thử PSPSWc - 180, b) mẫu thử PSPSWh - 99, c) Phần tử đại diện tương đương sau khi đồng nhất hóa

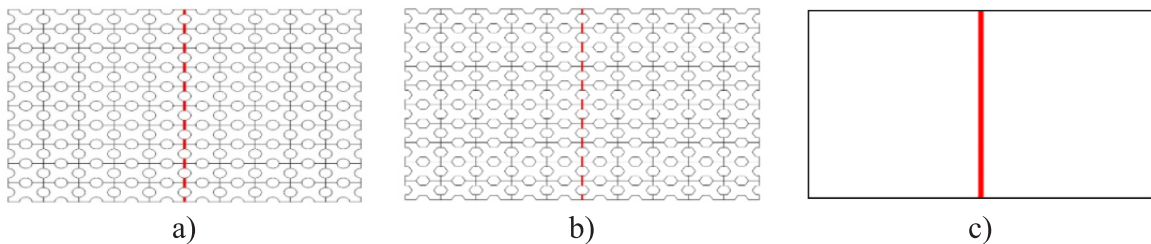
Với mỗi mô hình vách khoét lỗ, ta sẽ tính toán được đặc trưng vật liệu tương ứng, nhờ vào quá trình đồng nhất hóa như đã nói ở trên. Hình 6 mô tả biến dạng của PT2D khi ta sử dụng các điều kiện biên tuần hoàn với các hằng số cụ thể.



Hình 6. Biến dạng của phần tử đại diện PPSWc và PPSWh khi sử dụng điều kiện biên tuần hoàn:

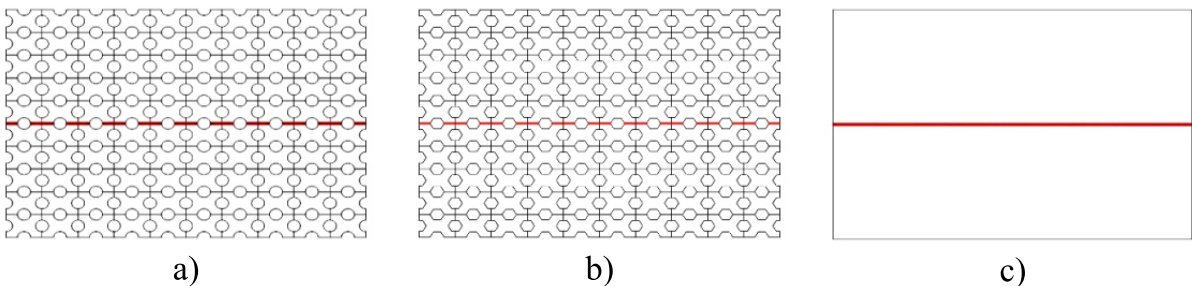
a) $u_1 = x_1 + v_1, u_2 = v_2$ b) $u_1 = v_1, u_2 = x_2 + v_2$ c) $u_1 = \frac{1}{2}x_2 + v_1, u_2 = \frac{1}{2}x_1 + v_2$

Tiến hành kiểm chứng sự làm việc của mô hình màng đồng nhất tương đương với vách thép ban đầu, bằng cách so sánh chuyển vị ngang của đường thẳng đứng nằm giữa màng đồng nhất và vách thép như Hình 7 ở 2 mẫu thử và màng tương đương (chuyển vị thẳng đứng của một đường nằm ngang đi qua lỗ mở và vật liệu trên vách thép). Ta tiến hành tương tự việc so sánh với chuyển vị thẳng đứng của các đường ngang được minh họa trong Hình 8. Các vách thép có kích thước $5.000 \times 3.600\text{mm}$.



Hình 7. Vị trí so sánh chuyển vị ngang trên của đường thẳng đứng nằm giữa:

a) mẫu thử PPSWc - 180, b) mẫu thử PPSWh - 99, c) màng đồng nhất trực hướng tương đương



Hình 8. Vị trí so sánh chuyển vị thẳng đứng trên của đường ngang nằm giữa:

a) mẫu thử PPSWc - 180, b) mẫu thử PPSWh - 99, c) màng đồng nhất trực hướng tương đương

Các vách thép và mô hình màng tương đương đều chịu lực giống nhau, và chia ra hai trường hợp: chịu tải trọng ngang (trong trường hợp tải trọng động đất hoặc gió bão chi phối) và chịu đồng thời tải trọng đứng và tải trọng ngang (tải trọng gió bão và tải trọng thẳng đứng có độ lớn đáng kể so với nhau).

Tiến hành đồng nhất hóa các vách thép được kí hiệu trong Bảng 1. Ta thu được các đặc trưng vật liệu của màng đồng nhất như giới thiệu trong Bảng 2.

Bảng 2. Tên và ký hiệu các loại vách thép được khảo sát

TT	Tên	E_1	E_2	μ_{12}	μ_{21}	G_{12}
1	PSPSWc - 180	86472	83715	0.40264	0.3898	40328
2	PSPSWh - 99	80964	79088	0.41952	0.4098	38535
3	PSPSWc - 200	67785	64850	0.44842	0.4290	34373
4	PSPSWh - 110	61035	59671	0.46460	0.4646	32021
5	PSPSWc - 220	49900	47213	0.51038	0.4829	28209

3. Kết luận

Mô hình tương đương được xây dựng từ phương pháp đồng nhất hóa cho thấy sự làm việc tương đồng giữa mô hình và vách thép khoét lỗ được mô phỏng chi tiết; trong trường hợp vách chỉ chịu tải trọng ngang và trong trường hợp chịu cả tải trọng ngang và tải trọng thẳng đứng. Chuyển vị của mô hình vách khoét lỗ và mô hình tương đương có sai lệch rất nhỏ (tối đa 1%).

Nghiên cứu cũng cho thấy phương pháp đồng nhất hóa trong việc xây dựng mô hình vỏ tương đương hoàn toàn có thể áp dụng để xác định độ cứng trong mặt phẳng của các loại sàn công nghệ mới như sàn liên hợp thép - bê tông, sàn hộp rỗng, sàn bóng, sàn xốp, vốn là một vấn đề đang chưa được xử lý trong thiết kế công trình nhà hiện nay ■

Tài liệu tham khảo:

1. R. Resmi and S. Y. Roja, “*A review on performance of shear wall*”, International Journal of Applied Engineering Research, vol. 11, no. 3, pp. 369-373, 2016.
2. A. S. Whittaker, V. V. Bertero, C. L. Thompson, and L. J. Alonso, “*Seismic testing of steel plate energy dissipation devices*”, Earthquake spectra, vol. 7, no. 4, pp. 563-604, 1991.
3. M. Ghasemzadeh, M. Ghalehnovi, and A. Bahrpeyma, “*Effect of FRP on the Energy Absorbed by Steel Shear Walls with Openings*”, Journal of Structural Construction Engineering, vol. 2, no. 1, pp. 34-45, 2015.
4. M. Bruneau, J. W. Berman, D. Lopez-Garcia, and D. Vian, “*A review of steel plate shear wall design requirements and research*”, Engineering Journal, vol. 44, no. 1, pp. 27-38, 2007.
5. R. Sabelli and M. Bruneau, “*Design guide 20: steel plate shear walls*”, American Institute of Steel Construction. Chicago, IL, USA, 2007.
6. D. Caillerie, “*Homogenization in elasticity*”, in Homogenization Techniques for Composite Media: Lectures Delivered at the CISM International Center for Mechanical Sciences Udine, Italy, July 15, 1985: Springer, 2005, pp. 1-13.

7. B. Peng, D. Wang, G. Zong, and Y. Zhang, “Homogenization strategy for brick masonry walls under in-plane loading”, Construction Building Materials, vol. 163, pp. 656-667, 2018.
8. A. Marek and T. Garbowski, “Homogenization of sandwich panels”, Computer Assisted Methods in Engineering Science, vol. 22, no. 1, pp. 39-50, 2017.
9. W. Derkowski and M. Surma, “Prestressed hollow core slabs for topped slim floors Theory and research of the shear capacity”, Engineering Structures, vol. 241, p. 112464, 2021.
10. E. Ventsel, T. Krauthammer, and E. Carrera, “Thin plates and shells: theory, analysis, and applications”, Appl. Mech. Rev., vol. 55, no. 4, pp. B72-B73, 2002.
11. K.-H. Chang, “Chapter 3 solid modeling, e-design”, in Computer-Aided Engineering Design, 2015, pp. 125-167.
12. T. D. Khánh, “Đánh giá ảnh hưởng của vách ngăn trong khung phẳng bằng mô hình màng trực hướng”, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng - ĐHXDH, vol. 15, no. 5V, pp. 108-119, 2021.

ỨNG DỤNG KHOA HỌC... (Tiếp theo trang 17)

xuất theo hướng hàng hóa.

Điểm nổi bật của các mô hình trồng nấm sò hiện nay là việc áp dụng đồng bộ quy trình kỹ thuật từ khâu lựa chọn nguyên liệu, xử lý giá thể, cấy giống, chăm sóc đến thu hoạch và bảo quản sản phẩm. Nhờ đó, tỷ lệ nhiễm bệnh giảm đáng kể, năng suất và chất lượng nấm được nâng lên, sản phẩm đáp ứng yêu cầu về vệ sinh an toàn thực phẩm, tạo được niềm tin đối với người tiêu dùng.

Bên cạnh hiệu quả kinh tế, nghề trồng nấm còn góp phần tận dụng hiệu quả nguồn phụ phẩm nông nghiệp, giảm thiểu ô nhiễm môi trường, tạo việc làm thường xuyên cho lao động nông thôn, đặc biệt là phụ nữ và người lớn tuổi. Đây là mô hình phù hợp với điều kiện sản xuất của nhiều địa phương trong tỉnh, không đòi hỏi diện tích lớn nhưng mang lại giá trị kinh tế tương đối cao.

Thông qua việc ứng dụng khoa học và công nghệ, nhiều mô hình trồng nấm sò trên địa bàn tỉnh Quảng Trị đang từng bước phát triển theo hướng chuyên nghiệp, bền vững. Việc người dân chủ động tiếp cận các tiến bộ



Sản phẩm nấm sò

Ảnh: A.N

kỹ thuật, sử dụng giống chất lượng và tuân thủ quy trình sản xuất đã góp phần nâng cao năng suất, chất lượng sản phẩm, mở rộng thị trường tiêu thụ.

Trong thời gian tới, việc tiếp tục đẩy mạnh chuyển giao tiến bộ khoa học và công nghệ, nhân rộng các mô hình sản xuất hiệu quả, đồng thời tăng cường liên kết giữa người sản xuất với các đơn vị tiêu thụ sẽ là tiền đề quan trọng để nghề trồng nấm sò phát triển bền vững, góp phần nâng cao giá trị sản xuất nông nghiệp, tạo thêm việc làm và thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội trên địa bàn tỉnh Quảng Trị ■