

# PHÂN TÍCH ỔN ĐỊNH PHI TUYẾN CỦA PANEL TRỤ LÀM BẰNG VẬT LIỆU COMPOSITE FGM CÓ GÂN GIA CƯỜNG TRÊN NỀN ĐÀN HỒI CHỊU TẢI CƠ, NHIỆT VÀ CƠ – NHIỆT KẾT HỢP

NHÓM SINH VIÊN: 1. NGUYỄN VĂN QUYỀN  
2. TRẦN VĂN ANH

GIẢNG VIÊN HƯỚNG DẪN: GS. TSKH NGUYỄN ĐÌNH ĐỨC

## Giới thiệu

Vật liệu có cơ tính biến đổi (FGM) là một loại composite thể hệ mới với các tính chất được biến đổi thông minh theo chiều dày thành kết cấu phù hợp với các yêu cầu cụ thể của kết cấu, nhằm đáp ứng các nhu cầu thực tiễn trong việc chế tạo các kết cấu hiện đại và thỏa mãn các điều kiện khắc nghiệt.

Đặc tính kháng nhiệt nổi bật của loại vật liệu FGM giúp nó trở thành sự lựa chọn lý tưởng cho các kết cấu thường xuyên làm việc trong môi trường nhiệt độ cao.



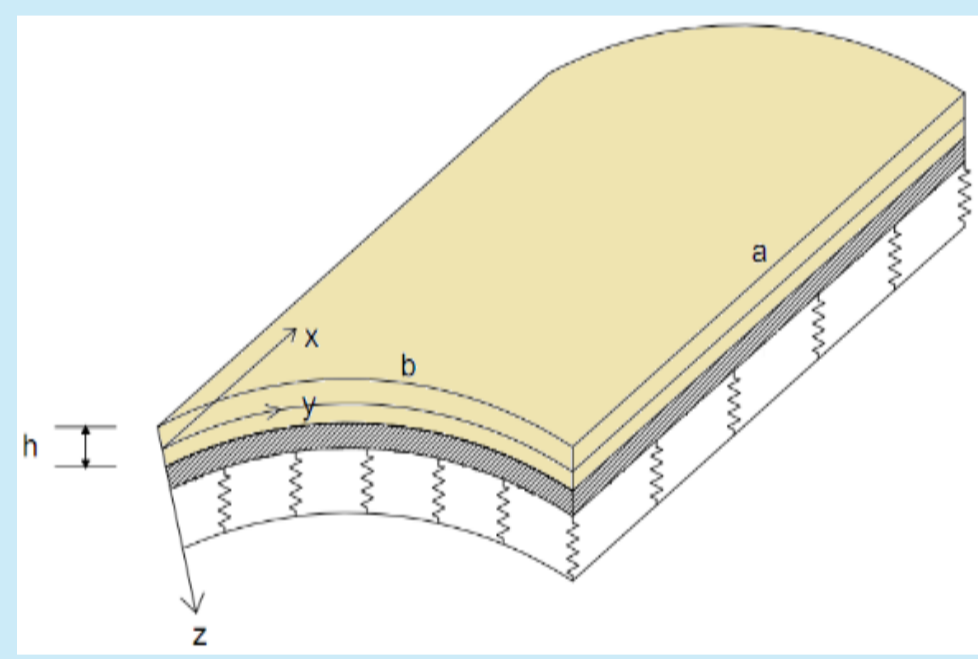
Hình 1. Ứng dụng của composite FGM trong ngành công nghiệp hàng không – vũ trụ.

## Phương pháp nghiên cứu

Trong công trình này, phương pháp giải tích được sử dụng dựa trên lý thuyết vỏ cô điển. Bài toán được đặt theo ứng suất cùng với sự tác động của các gân gia cường được tính toán theo phương pháp san gân Lekhnitsky. Các phương trình cơ bản sẽ được dẫn ra có xét đến ảnh hưởng của tính phi tuyến hình học và tính không hoàn hảo hình dáng ban đầu. Sau đó các phương trình này sẽ được giải theo phương pháp Galerkin và phương pháp lập. Đồng thời, nghiên cứu cũng sử dụng các phần mềm tính toán rất thông dụng để tính toán các bài toán kỹ thuật là Malab, Maple. Các kết quả phân tích được so sánh với các kết quả của các tác giả khác đã được công bố trước đó để đảm bảo độ tin cậy.

## Mục tiêu và đối tượng nghiên cứu

Công trình này sẽ phân tích ổn định phi tuyến của panel trụ không hoàn hảo làm bằng vật liệu composite FGM được gia cường bởi các gân dọc và gân ngang. Panel được đặt trên nền đàn hồi và chịu sự tác động của tải cơ, nhiệt và cơ – nhiệt kết hợp. Các tính chất vật liệu của panel được giả sử phụ thuộc vào nhiệt độ.



Hình 2. Mô hình của panel trụ FGM và gân gia cường theo phương dọc và phương vòng.

## Ý nghĩa khoa học của công trình

Bài toán về phân tích ổn định phi tuyến của các kết cấu như panel là một trong những vấn đề được quan tâm nhiều trong lĩnh vực cơ học kết cấu. Các kết quả nhận được sẽ là thông tin rất cần thiết cho việc thiết kế các kết cấu quan trọng như thân vỏ các lò phản ứng, tên lửa, các ống dẫn kỹ thuật làm việc trong môi trường nhiệt độ cao... Hơn nữa, các kết quả nhận được là dưới dạng giải tích, do đó nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học cho các nhà thiết kế, chế tạo kết cấu FGM, xây dựng các công trình sử dụng vật liệu FGM... có thể đưa ra các lựa chọn phù hợp cho sự phân bố vật liệu thành phần trong FGM cũng như các tham số của kết cấu và nền để vừa phát huy được khả năng chịu tải, khả năng kháng nhiệt ưu việt của vật liệu trong môi trường nhiệt độ cao, lại vừa hạn chế được khả năng rạn nứt hoặc phá hủy của kết cấu có thể xảy ra khi chịu tải.

## Các phương trình cơ bản

Hệ phương trình cân bằng của panel trụ FGM dựa trên lý thuyết vỏ cô điển:

$$N_{x,xx} + N_{xy,y} = 0 \quad (1)$$

$$N_{xy,x} + N_{y,yy} = 0 \quad (2)$$

$$M_{x,xx} + 2M_{xy,xy} + M_{y,yy} + \frac{N_y}{R} + \quad (3)$$

$$N_x w_{,xx} + 2N_{xy} w_{,xy} + N_y w_{,yy} + q - k_1 w + k_2 \nabla^2 w = 0,$$

Phương trình tương thích biến dạng của panel trụ FGM không hoàn hảo:

$$\varepsilon_{x,yy}^0 + \varepsilon_{y,xx}^0 - \gamma_{xy,xy}^0 = w_{,xy}^2 - w_{,xx} w_{,yy} + 2w_{,xy} w_{,xy}^* \quad (4)$$

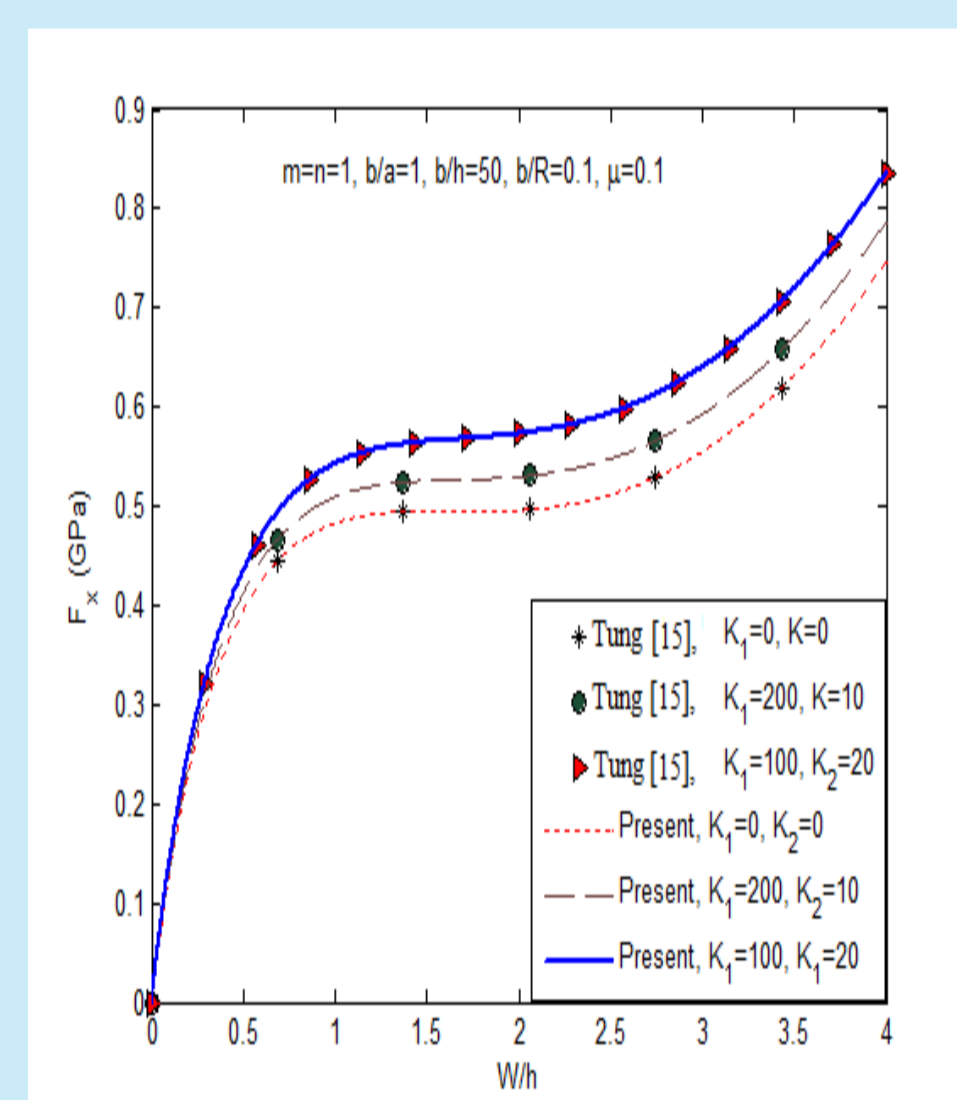
$$-w_{,xx} w_{,yy}^* - w_{,yy} w_{,xx}^* - \frac{w_{,xx}}{R}$$

## Kết quả

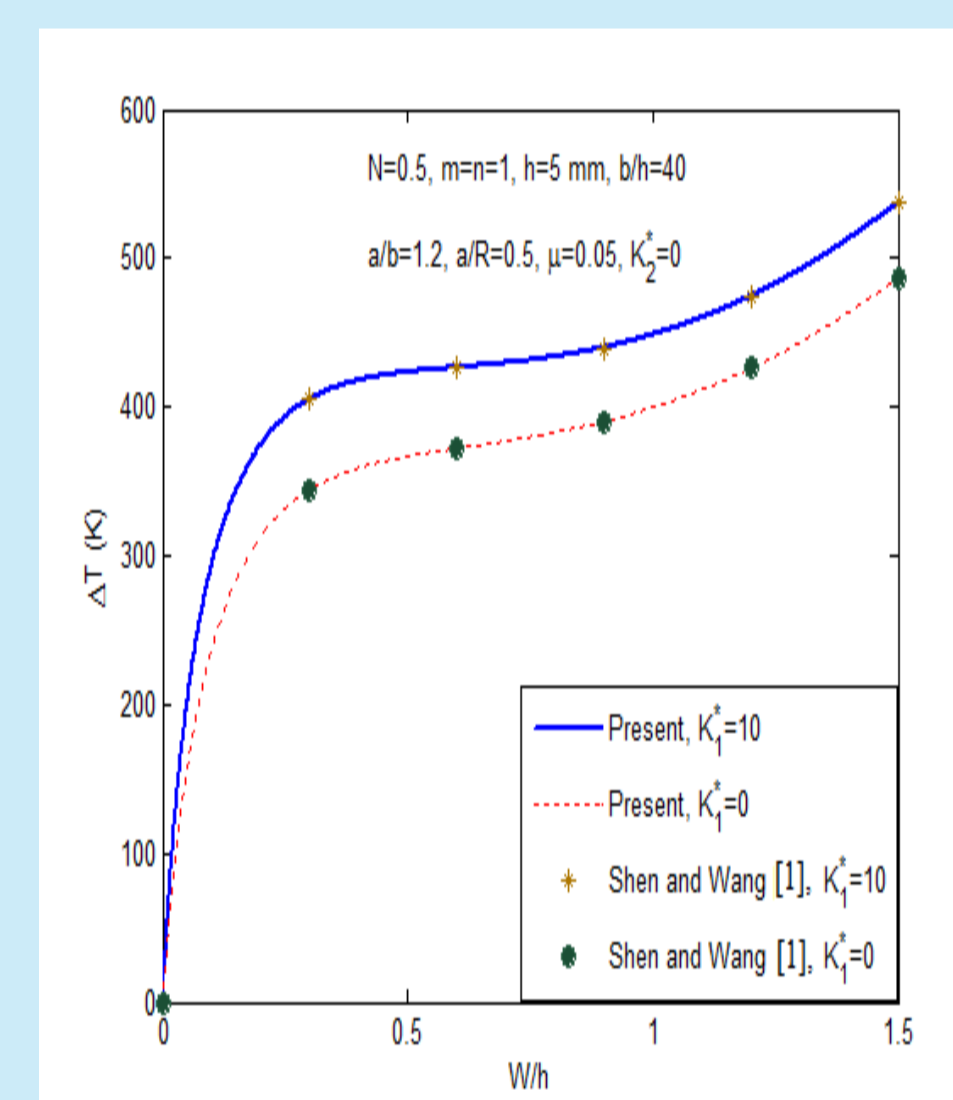
Để kiểm tra độ tin cậy của phương pháp được sử dụng trong công trình này, các tác giả đã so sánh kết quả số với kết quả nghiên cứu của Tung [1] trong trường hợp không có gân gia cường với các giá trị khác nhau của hệ số nền đàn hồi trong trường hợp tính chất vật liệu không phụ thuộc vào nhiệt độ, được thể hiện như trong hình 3. Tiếp theo, hình 4 là kết quả so sánh của công trình này cho panel trụ FGM không có gân gia cường đặt trong môi trường nhiệt độ tăng đều với hai giá trị độ cứng nền đàn hồi của mô hình Winkler với kết quả của Shen và Wang [2] dựa trên lý thuyết biến dạng trượt bậc cao.

Trong đó:  $K_1 = \frac{k_1 b^4}{E_m h^3}$ ,  $K_2 = \frac{k_2 b^2}{E_m h^3}$  với  $E_m$  được xác định ở nhiệt độ phòng.

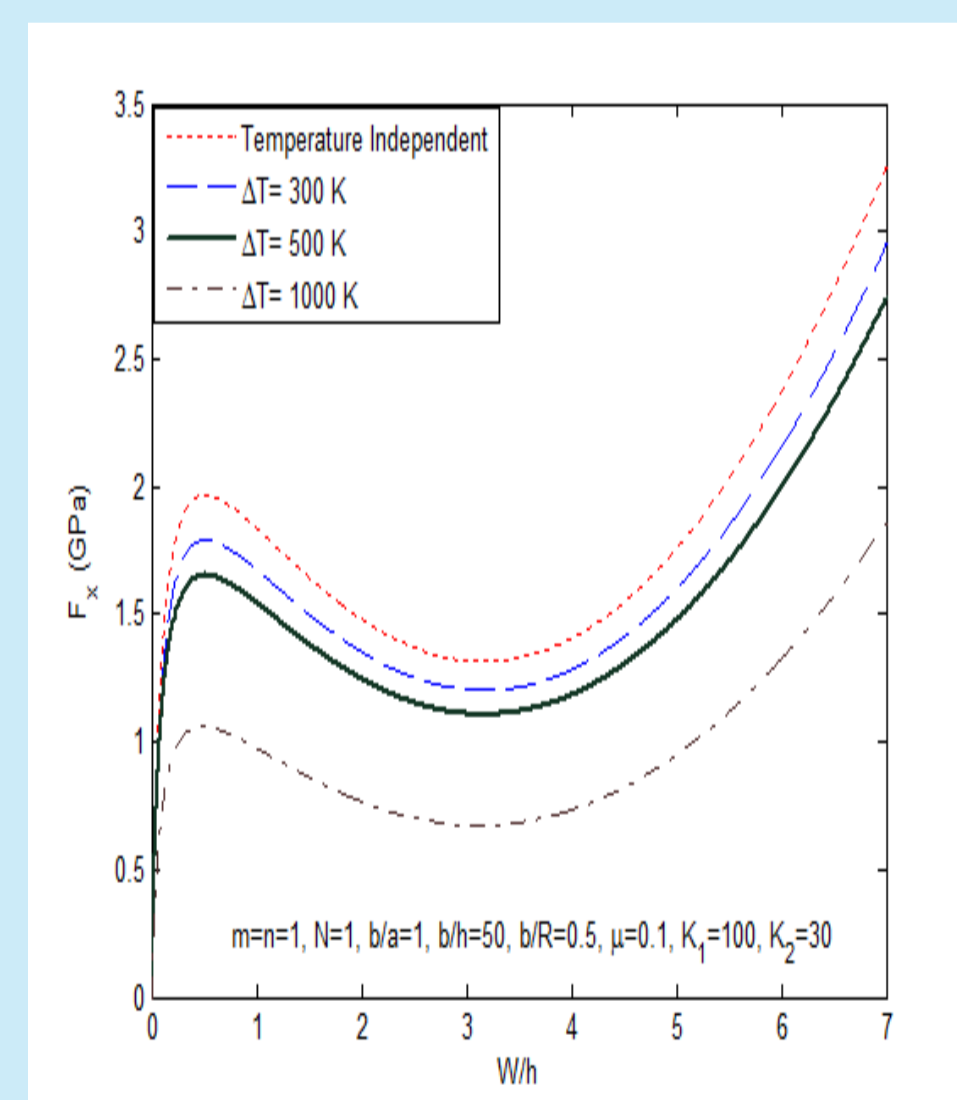
Có thể thấy rằng, kết quả so sánh là hoàn toàn trùng khớp với các công bố trước đó hay nói cách khác, kết quả của công trình này là hoàn toàn tin cậy.



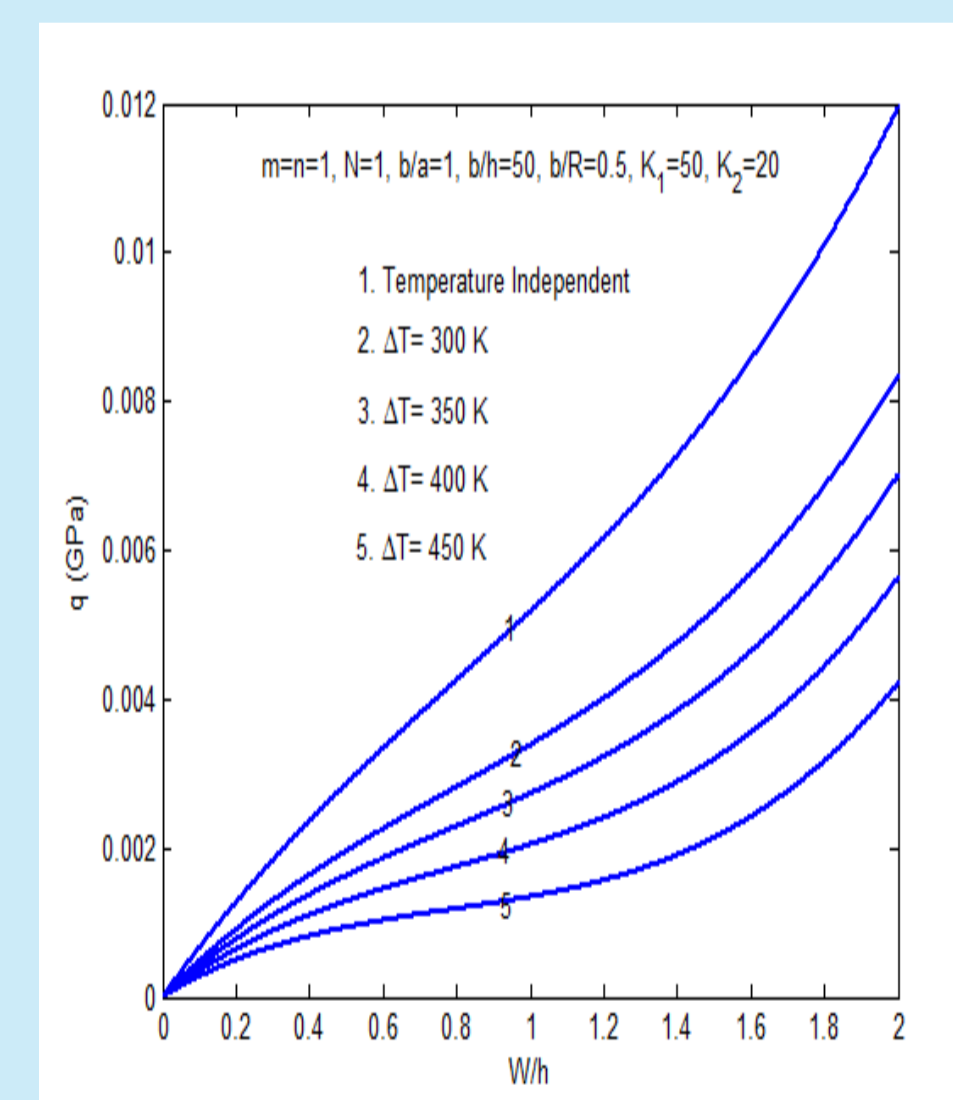
Hình 3. So sánh đường cong phi tuyến tải trọng – độ võng với kết quả của Tung [1] cho panel trụ FGM không có gân gia cường dưới tác dụng của tải trọng nén dọc trục.



Hình 4. So sánh đường cong phi tuyến nhiệt độ – độ võng với kết quả của Shen và Wang [2] cho panel trụ FGM không có gân gia cường trong môi trường nhiệt độ tăng đều.



Hình 5. Ảnh hưởng của gia số nhiệt độ lên ổn định của panel trụ FGM có gân gia cường dưới tác dụng của tải nén dọc trục.

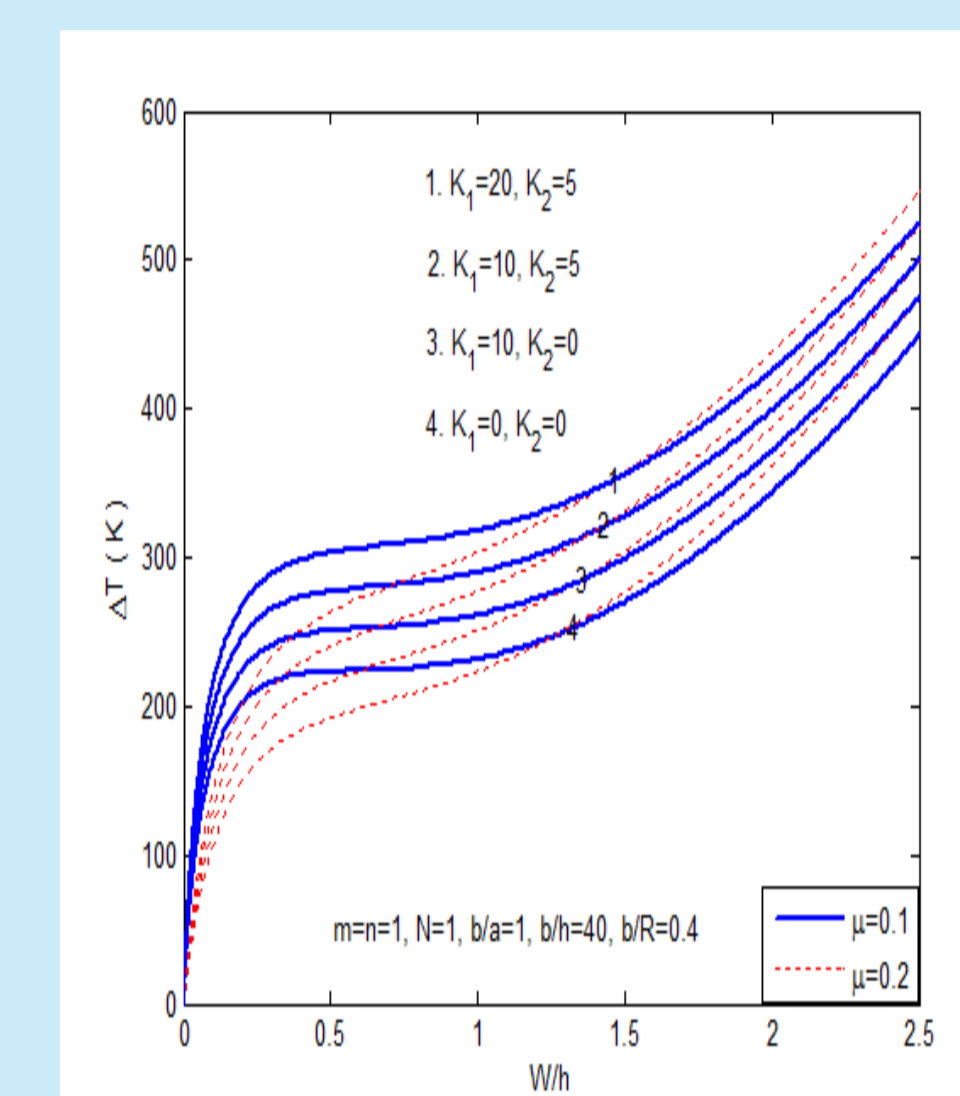


Hình 6. Ảnh hưởng của gia số nhiệt độ lên ổn định của panel trụ FGM có gân gia cường dưới tác dụng của áp lực bên ngoài.

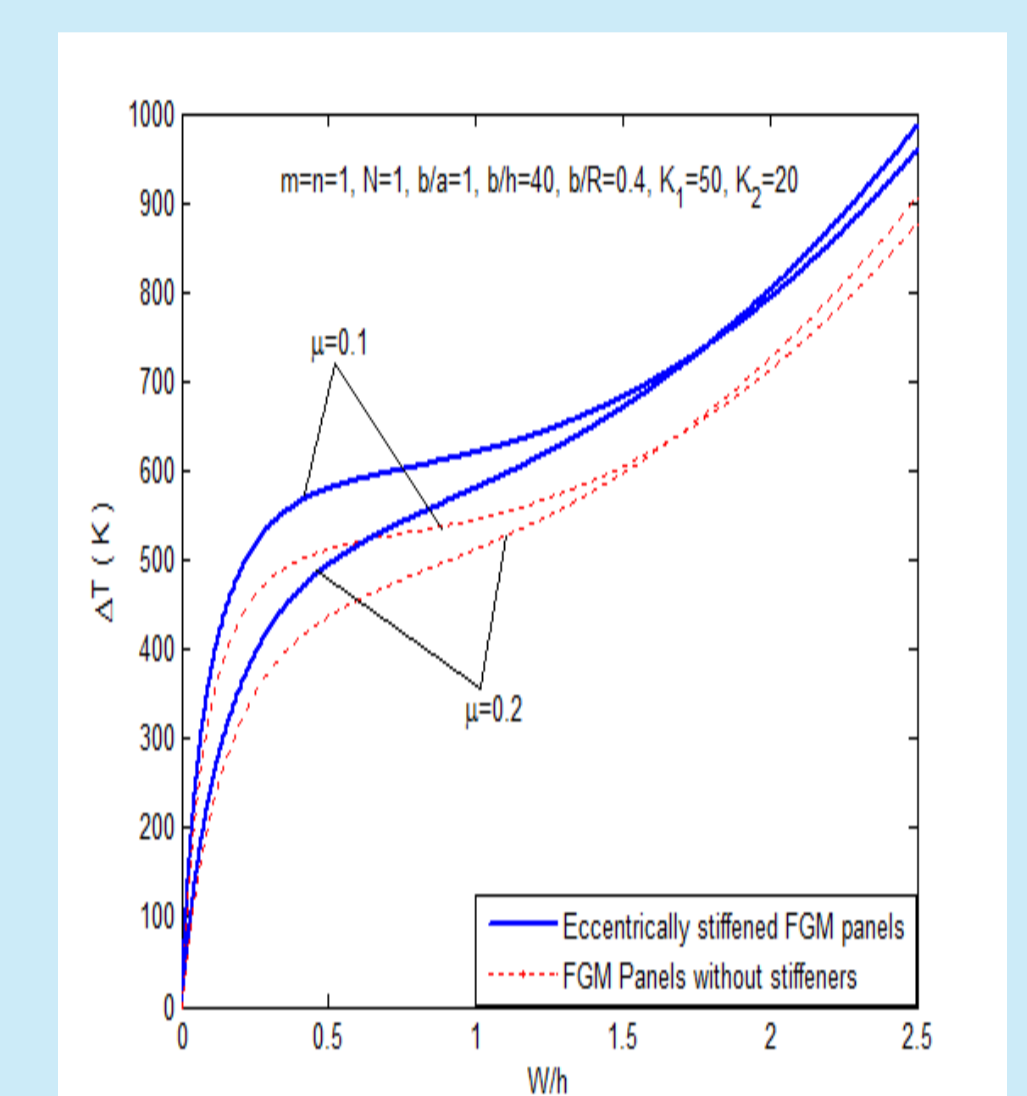
## Kết quả (tiếp)

Hình 5 và hình 6 biểu diễn ảnh hưởng của gia số nhiệt độ lên ổn định phi tuyến của panel trụ FGM có gân gia cường khi chịu tải nén dọc trục và chịu áp lực ngoài phân bố đều. Kết quả từ các hình vẽ cho ta thấy khả năng chịu tải của panel FGM tốt nhất khi không chịu tác dụng của nhiệt độ và giảm dần khi nhiệt độ tăng.

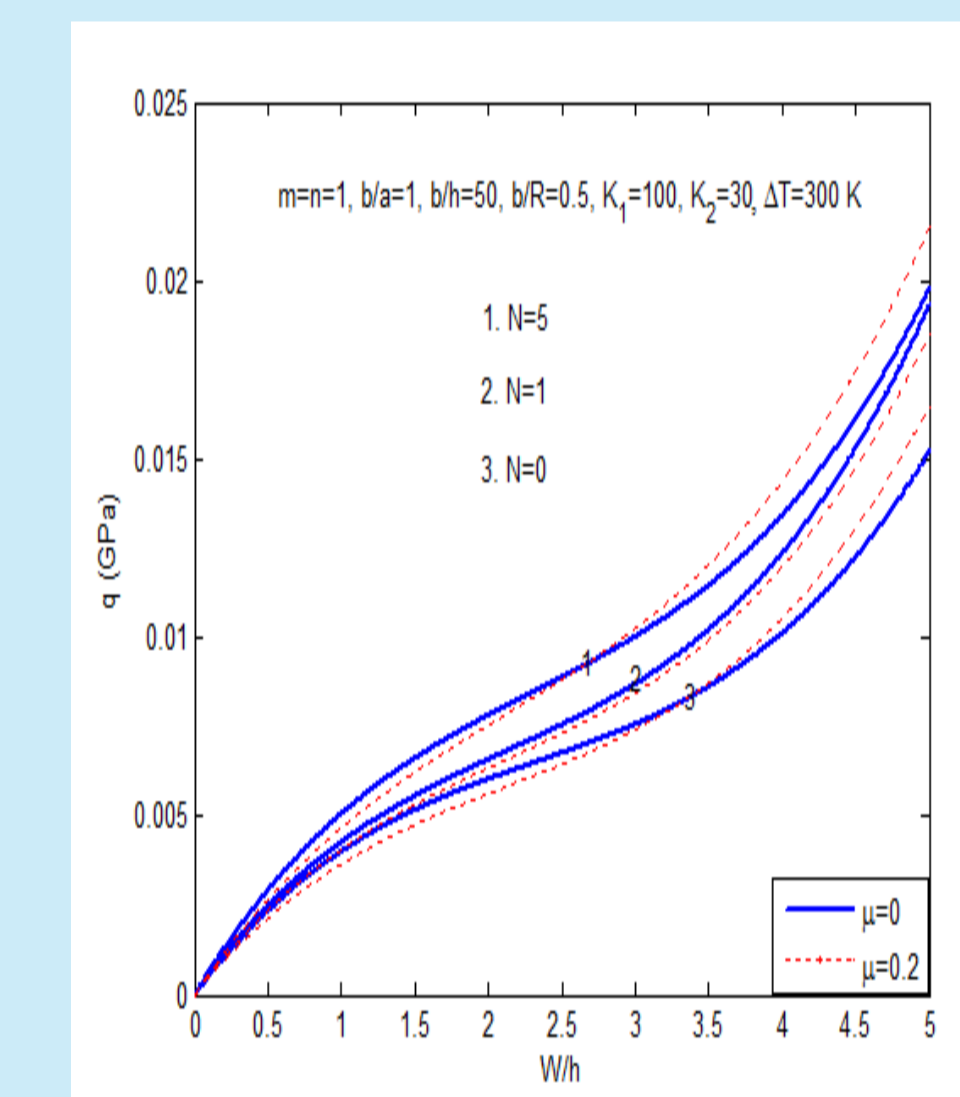
Hình 7 và hình 8 lần lượt biểu diễn sự ảnh hưởng của nền đàn hồi và gân gia cường lên ổn định phi tuyến của panel trụ FGM. Khả năng chịu tải của panel được tăng lên đáng kể khi có nền đàn hồi và gân gia cường. Trong đó, độ cứng nền đàn hồi của mô hình Pasternak  $K_2$  có ảnh hưởng lớn hơn so với mô đun  $K_1$  của mô hình Winkler. Bên cạnh đó, ta cũng nhận thấy rằng panel trụ có tính hoàn hảo về hình dáng ban đầu sẽ chịu tải trọng cơ và nhiệt tốt hơn panel trụ có tính không hoàn hảo.



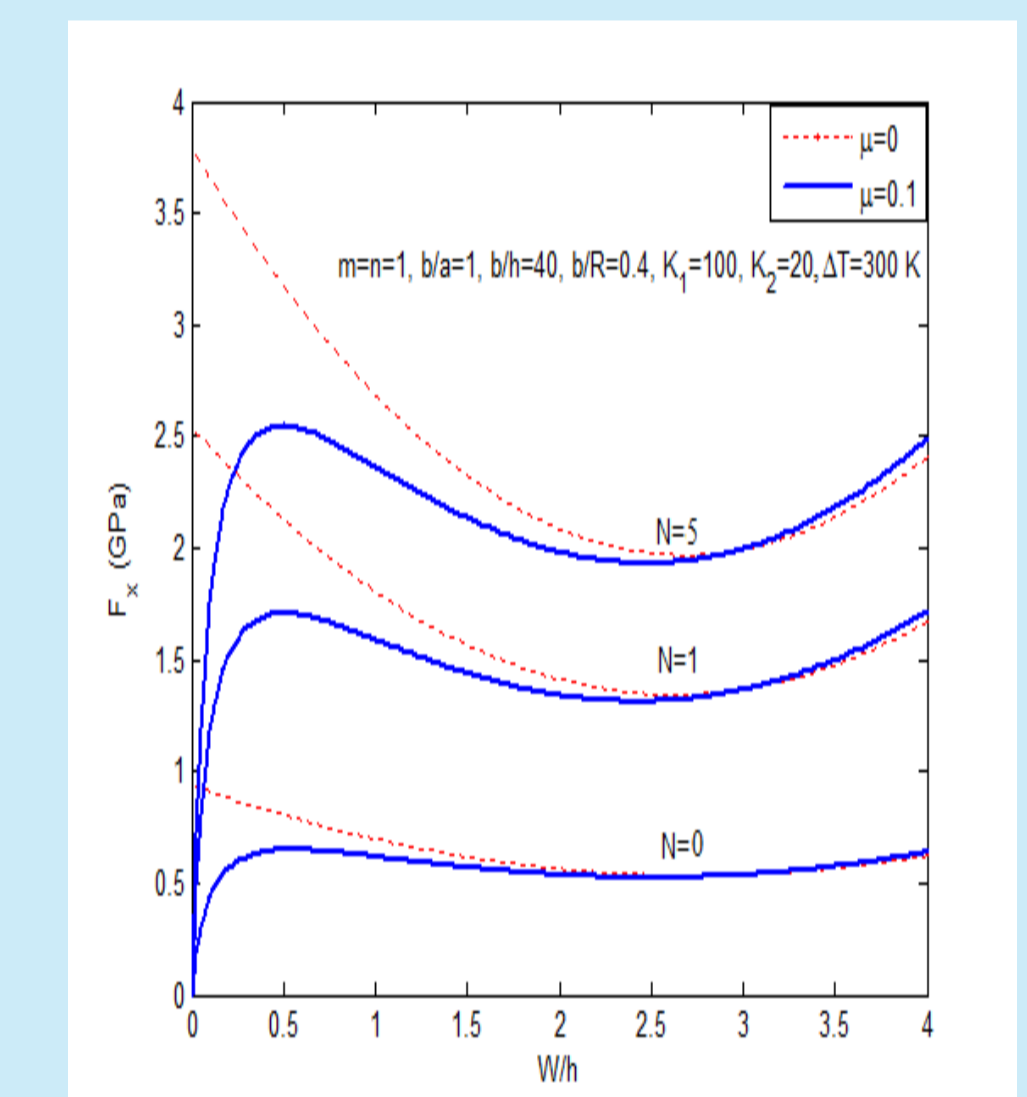
Hình 7. Ảnh hưởng của nền đàn hồi lên ổn định của panel trụ FGM có gân gia cường dưới tác dụng của nhiệt độ tăng đều.



Hình 8. Ảnh hưởng của gân gia cường lên ổn định của panel trụ FGM dưới tác dụng của nhiệt độ tăng đều.



Hình 9. Ảnh hưởng của hệ số tỉ lệ thể tích N lên ổn định của panel trụ FGM có gân gia cường dưới tác dụng của áp lực ngoài.



Hình 10. Ảnh hưởng của tỉ lệ thể tích N lên ổn định của panel trụ FGM có gân gia cường dưới tác dụng của tải nén dọc trục.

Hình 9 và hình 10 lần lượt biểu diễn sự ảnh hưởng của tỉ lệ thể tích N lên ổn định phi tuyến của panel trụ FGM. Ta thấy khả năng chịu tải của panel trụ FGM tốt hơn khi hệ số tỉ lệ thể tích N tăng lên. Điều này hợp lý vì khi hệ số tỉ lệ N tăng thì tỉ lệ thể tích của gân sẽ tăng lên, đồng nghĩa tăng độ cứng của panel.

## Kết luận

Điểm mới của công trình này là nghiên cứu ổn định của panel trụ FGM không hoàn hảo có gân gia cường trong môi trường nhiệt độ. Panel trụ FGM được gia cường thêm bởi các gân dọc và gân vòng, đồng thời xét đến tính chất phụ thuộc vào nhiệt độ của vật liệu trong cả ba trường hợp tải trọng là tải cơ, nhiệt và cơ – nhiệt kết hợp trên nền đàn hồi.

Một số kết quả tính toán số về ảnh hưởng của thông số hình học, gân gia cường, tính chất vật liệu, tính không hoàn hảo, nền đàn hồi, tải cơ, nhiệt và cơ – nhiệt thu được như sau:

- Khả năng chịu tải của panel FGM tốt nhất khi không chịu tác dụng của nhiệt độ và giảm dần khi nhiệt độ tăng dần.
- Độ cứng nền đàn hồi của mô hình Pasternak  $K_2$  có ảnh hưởng lớn hơn so với mô đun  $K_1$  của mô hình Winkler lên ổn định phi tuyến của panel trụ FGM.
- Panel trụ FGM khả năng chịu tải tốt hơn khi hệ số tỉ lệ thể tích N tăng lên.
- Khi gia cố thêm các gân gia cường thì khả năng chịu tải của panel cao hơn so với khi panel không có gân gia cường.
- Khả năng chịu tải của panel tăng khi tăng các tỉ lệ b/a, b/h.

## Tài liệu tham khảo

- [1] Tung HV. Postbuckling behavior of functionally graded cylindrical panels with tangential edge constraints and resting on elastic foundations. Compos Struct 2013;100:532–41.
- [2] Shen HS, Wang H. Thermal postbuckling of FGM cylindrical panels resting on elastic foundations. Aero Sci Tech 2014;38:9–19.
- [3] Duc ND, Quan TQ. Nonlinear response of imperfect eccentrically stiffened FGM cylindrical panels on elastic foundation subjected to mechanical loads. Eur J Mech A/Solids 2014;46:60–71.

## Kết quả nghiên cứu đã công bố trên tạp chí quốc tế SCI (IF = 1.75)



Nonlinear mechanical, thermal and thermo-mechanical postbuckling of imperfect eccentrically stiffened thin FGM cylindrical panels on elastic foundations

Nguyen Dinh Duc<sup>a,\*</sup>, Ngo Duc Tuan<sup>b</sup>, Tran Quoc Quan<sup>a</sup>, Nguyen Van Quyen<sup>a</sup>, Tran Van Anh<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Vietnam National University, Hanoi, 144 Xuan Thuy-Cau Giay, Hanoi, Vietnam  
<sup>b</sup> The University of Melbourne, Parkville, VIC 3010, Australia

