

ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ CONG BAN ĐẦU LÊN ĐÁP ỨNG PHI TUYẾN CỦA MỘT TẤM CHỮ NHẬT CHỊU KÍCH ĐỘNG THÔNG SỐ

Nguyễn Hải

Trường Đại Học Kỹ Thuật

(Nhận được ngày 13/03/1998)

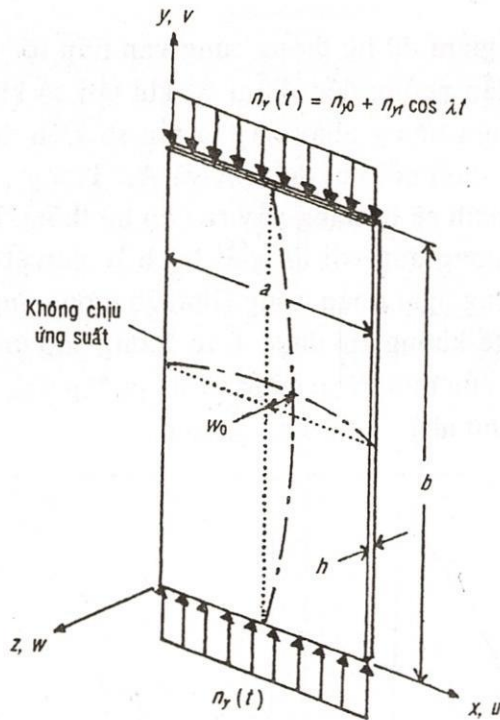
Tóm tắt:

Bài báo này trình bày những khả năng đáp ứng của một tấm chữ nhật vốn không hoàn chỉnh chịu động lực kích thích thông số trong bề mặt của nó. Các kết quả đưa ra là kết quả thực nghiệm và lý thuyết dự đoán. Những hiện tượng chính như *nhảy* và *rơi* được giải thích một cách rõ ràng.

Nói một cách tổng quát, tấm chữ nhật là phần tử kết cấu được dùng rất rộng rãi. Như đã biết, khi lực kích thích cùng chiều với chuyển động ngang của tấm, dao động trong trường hợp này gọi là dao động cưỡng bức. Trái lại, khi lực kích động nằm trong bề mặt của tấm, dao động ngang lại được gọi là dao động tham số và vấn đề bất ổn định của tấm trong trường hợp này thuộc loại bất ổn định động. Trong thực tế, các tấm mỏng vốn không hoàn chỉnh, nghĩa là thường có độ võng tự nhiên giữa tấm. Do đó, khi một tấm như vậy chịu một lực điều hòa có dạng $n(t) = n_0 + n_1 \cos \lambda t$ trong bề mặt của tấm, ngoài việc tấm trở nên mất ổn định ngang trong những vùng không gian tham số (n_0, n_1, λ) , hay là có dao động tham số, còn có sự hiện diện của dao động cưỡng bức. Tuy nhiên, những kết quả thực nghiệm cho thấy là biên độ đáp ứng thuộc dao động cưỡng bức không quan trọng bằng biên độ đáp ứng thuộc dao động tham số. Vì lý do này mà chỉ có đáp ứng thuộc dao động tham số được trình bày ở đây.

Trên thế giới, đã có rất nhiều tác giả nghiên cứu về dao động của các tấm (hoàn toàn) phẳng với biên độ dao động lớn. Kết quả chung cho thấy là đáp ứng của một tấm phẳng đồng thể, với đủ loại lực kích động, dạng và điều kiện biên của tấm, luôn luôn thuộc loại lò xo cứng. Ngược lại, tác động của độ cong ban đầu lên dao động của tấm với biên độ đáp ứng nhỏ và lớn lại được ít được nghiên cứu. Như đã đề cập, độ cong ban đầu, hay là sự không hoàn chỉnh hình học, của một tấm mỏng trong thực tế thường khó tránh được. Vì sự kiện này mà sự tác động của sự không hoàn chỉnh ban đầu lên dao động phi tuyến của tấm rất đáng được quan tâm.

Cơ hệ cho nghiên cứu (lý thuyết và thực nghiệm) là một tấm chữ nhật không hoàn chỉnh, với lực kích động được chia đều trên hai cạnh ngang (xem hình 1). Hai cạnh thẳng đứng của tấm được cho là không chịu ứng suất. Mỗi cạnh của tấm có thể được nâng đơn giản hoặc ngâm lỏng và nói chung các tấm chữ nhật với bốn điều kiện biên khác nhau đã được nghiên cứu. Tấm có bề dày đều đặn và chất liệu (polycarbonate) của tấm được xem là đàn hồi, thuần nhất và đẳng hướng. Để đơn giản hóa vấn đề, bài báo này chỉ liên quan đến phần thực nghiệm.

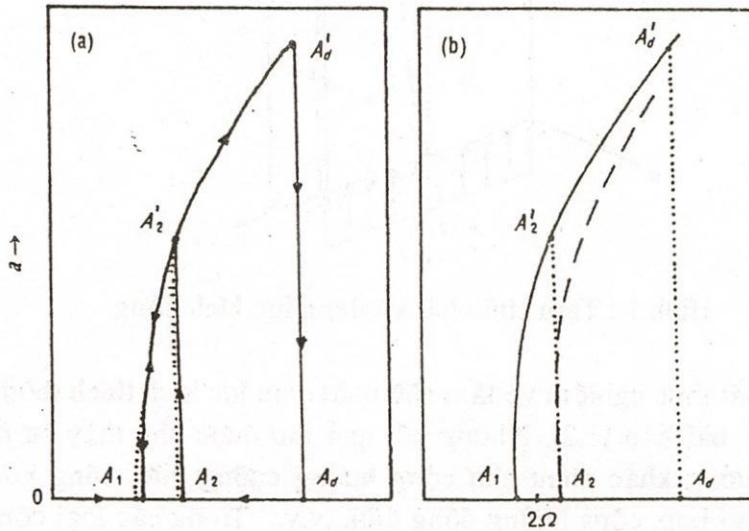


Hình 1 : Tấm chữ nhật và dạng lực kích động.

Việc khảo sát thực nghiệm về tấm chữ nhật chịu lực kích thích thông số đã được trình bày trong các bài báo [1,2]. Những kết quả thu được cho thấy sự hiện hữu của nhiều loại cộng hưởng khác nhau như cộng hưởng cưỡng bức, cộng hưởng tham số chính, cộng hưởng tổ hợp, cộng hưởng đồng thời, .v.v.. Trong các loại cộng hưởng vừa kể, bài báo này chỉ tập trung vào cộng hưởng tham số chính vì đó là loại cộng hưởng cơ bản, quan trọng nhất của các hệ chịu lực kích thích thông số. Ngoài ra, như đã đề cập là các tấm chữ nhật có độ cong ban đầu tự nhiên. Mức độ không hoàn chỉnh hình học này có thể thuộc loại yếu, vừa phải hoặc mạnh. Những kết quả tiêu biểu về tác động của ba loại mức độ không hoàn chỉnh lên đáp ứng phù hợp với cộng hưởng tham số chính của tấm chữ nhật được trình bày trong các Hình 2 đến 4. Trong mỗi hình, kết quả thực nghiệm được trình bày trước, sau đó mới đến kết quả lý thuyết phỏng đoán. Kết quả lý thuyết ở đây tuy là phỏng đoán nhưng được dựa vào các nghiên cứu lý thuyết gần đây nhất của tấm chữ nhật không hoàn chỉnh.

Tác động của đường cong ban đầu nhỏ lên những đường đáp ứng tương ứng với cộng hưởng tham số chính được trình bày trong hình 2. Mức độ không hoàn chỉnh của một tấm chữ nhật được xem là nhỏ nếu đại lượng của nó trên bề dày của tấm, nghĩa là W_0/h , nhỏ thua 15%. Đường chấm trong hình 2a tượng trưng cho đáp ứng của một tấm hoàn toàn phẳng. Khi công việc thử nghiệm được bắt đầu với một tần số kích động nằm trước điểm A_1 và được tăng lên rất chậm, hệ thống luôn luôn ổn định cho đến điểm A_1 . Tại điểm này, biên độ dao động sẽ tăng dần đến điểm A_2 và tiếp tục đến điểm A_d khi tần số kích thích vẫn tăng đều. Tại điểm A_d , chỉ cần tăng nhẹ tần số kích thích cũng đủ làm cho biên độ dao động rơi từ điểm này xuống điểm A_d và hệ thống trở lại ổn định. Lý do cho hiện tượng rơi vừa nêu trên đã được giải thích trong [2] và [3]. Tại điểm A_d , nếu tần số quét tăng thì hệ thống vẫn ổn định, nghĩa là không có cộng hưởng.

Ngược lại, nếu tần số quét giảm thì hệ thống cũng vẫn tiếp tục ổn định cho đến điểm A_2 , rồi từ điểm này giảm dần xuống đến điểm A_1 khi tần số kích thích tiếp tục giảm đều và chậm. Lý do cho hiện tượng nhảy này là tần số kích thích thích đi vào vùng chính bất ổn định được xác định bởi hai điểm A_1 và A_2 . Trong vùng chính bất ổn định này, cộng hưởng tham số chính sẽ tự động xảy ra nên hệ thống luôn mất ổn định. Như vậy, đường cong $A_1 A_2 A_d$ tương ứng với lời giải thích lý thuyết ổn định nên ghi được bằng thực nghiệm. Còn đường ngắt đoạn trong Hình 2b tương ứng với lời giải lý thuyết bất ổn định nên trong thực tế không ghi được. Các đường đáp ứng đều nghiêng về bên phải, tiêu biểu cho đáp ứng của một lò xo cứng và dạng đáp ứng cũng tương tự như đáp ứng thông số của một tấm chữ nhật hoàn toàn phẳng.

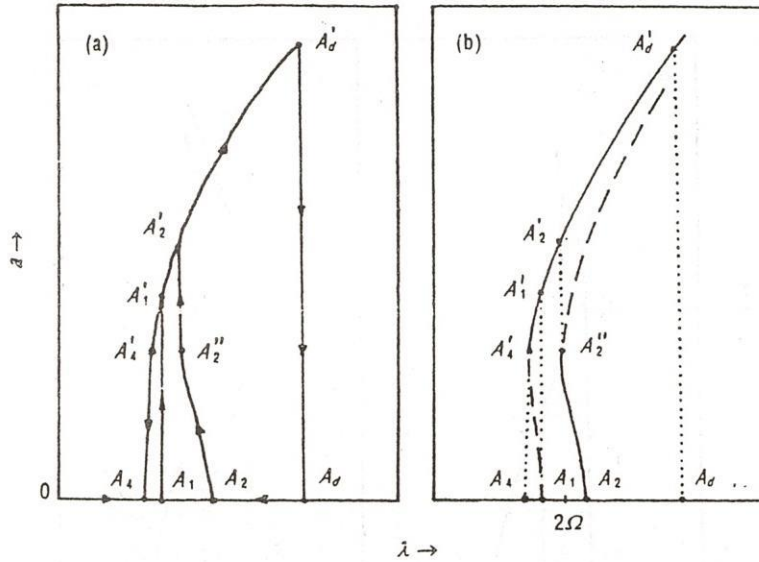


Hình 2 : Tác động của độ võng ban đầu yếu lên đáp ứng tham số.

- (a) Đáp ứng thực nghiệm tham số: → quét tăng ; ← quét giảm.
 (b) Đáp ứng lý thuyết phỏng đoán: — ổn định; - - - không ổn định.

Hình 3 trình bày tác động của độ cong ban đầu vừa phải, tức là tỷ số của độ cong trên bề dày tấm ở trong khoảng từ 15% đến 55%, lên đáp ứng tham số. Lần này, điểm bắt đầu thực nghiệm có thể bắt đầu trước điểm A_4 hoặc giữa điểm này với điểm A_1 , biên độ dao động sẽ có cú nhảy lớn từ điểm này đến điểm A_1 thuộc đáp ứng ổn định cùng loại với lò xo cứng. Tiếp theo đó, việc tăng λ sẽ làm cho biên độ dừng tiếp tục đi theo đường này đến điểm A_d là điểm mà biên độ thực nghiệm sẽ rơi xuống không và biến mất. Đối với tiến trình quét ngược, hệ thống vẫn tiếp tục ổn định cho đến khi tần số kích động tiến đến điểm A_2 . Tại điểm này, việc giảm λ sẽ làm cho biên độ dao động tăng nhanh đến điểm A_2'' . Đường cong $A_2 A_2''$ như vậy phù hợp với lời giải dừng ổn định vì có thể ghi được bằng thực nghiệm và đặc biệt là thuộc loại đáp ứng có đặc tính lò xo mềm. Và tại A_2'' , có một sự thay đổi tác động lò xo mềm sang tác động lò xo cứng là đặc tính cố hữu của loại vật liệu được dùng. Vì dự thay đổi này mà biên độ dao động nhảy từ điểm A_2'' lên điểm A_2 . Từ điểm này, nếu λ tiếp tục giảm xuống, biên độ dao động cũng giảm từ từ cho đến điểm A_4 . Tại A_4 , biên độ dao động

dừng gặp lời giải không ổn định, nghĩa là lời giải không ghi được trong thực tế, của đường cong có đặc tính lò xo mềm nên sẽ rơi xuống biên độ zero tại điểm A_4 .



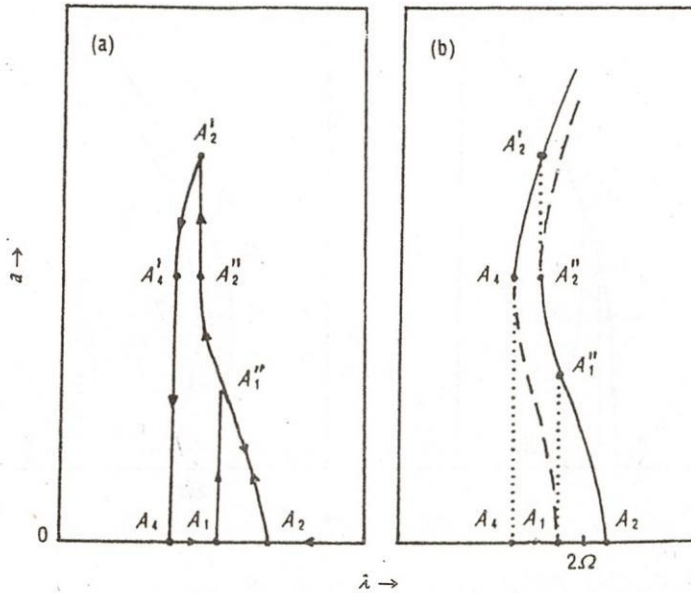
Hình 3 : Tác động của độ võng ban đầu vừa phải lên đáp ứng tham số.

- (a) Đáp ứng thực nghiệm : \rightarrow quét tăng ; \leftarrow quét giảm.
- (b) Đáp ứng lý thuyết phỏng đoán: — ổn định; - - - không ổn định.

Tác động của độ võng ban đầu lớn, nghĩa là tỉ số của độ võng trên bề dày tấm lớn hơn 55%, lên các đường đáp ứng tham số được minh họa trong hình 4. Điều đáng quan tâm là với tiến trình quét tăng, biên độ dao động nhảy từ điểm A_1 (biên độ zero) lên điểm A_1'' thuộc đường cong ghi được có đặc tính lò xo mềm mà không phải là điểm A_1' thuộc lời giải ổn định có đặc tính lò xo cứng như trong trường hợp trước. Tiếp theo, việc tăng λ sẽ làm cho biên độ dừng giảm dần xuống điểm A_2 và tấm trở lại ổn định, nghĩa là không còn cộng hưởng. Vì biên độ dao động cực đại của tiến trình này khá nhỏ, ta có thể kết luận là một độ võng ban đầu lớn sẽ tạo ra một tác động không nguy hiểm lắm cho đáp ứng của hệ thống. Đối với tiến trình quét ngược, đáp ứng của hệ thống ứng xử giống như trong trường hợp của độ võng ban đầu vừa phải.

Trong mỗi trường hợp, các mũi tên cho phép theo dõi cả hai tiến trình quét tăng và quét giảm để ghi được các đường đáp ứng thông số. Trong các hình trình bày các đường đáp ứng lý thuyết, Ω là tần số riêng tương ứng với một dạng dao động nào đó của một tấm chữ nhật chịu một tải trọng (thành phần tĩnh của lực kích động điều hòa) trong bề mặt của nó. Như vậy $\lambda = 2\Omega$ là biểu thức tượng trưng cho cộng hưởng tham số chính của một dạng dao động nào đó. Các điểm A_1 và A_2 là hai điểm đặc trưng thuộc vùng chính bất ổn định phù hợp với cộng hưởng tham số chính của dạng dao động tương ứng. Với lực kích động điều hòa đã cho, nếu thành phần tải tĩnh n_{y0} được cố định và chỉ thay đổi thành phần động lực n_{y1} , dùng hai tiến trình quét tăng và quét lùi đã

nêu cho mỗi thành phần động lực khác nhau, ta sẽ thu được các tần số đặc trưng khác nhau. Các tần số đặc trưng này sẽ cho phép xác định vùng chính bất ổn định trong không gian thông số $(n_{y0}, n_{yt}, \lambda)$. Trong cả ba trường hợp về độ võng ban đầu của bất kỳ một tấm chữ nhật nào được gọi là tấm mỏng, ta có thể kết luận là trường hợp độ võng ban đầu khá lớn được xem là ít nguy hiểm nhất cho kết cấu khi xảy ra cộng hưởng tham số chính.



Hình 4 : Tác động của độ võng ban đầu lớn lên đáp ứng tham số.

(a) Đáp ứng thực nghiệm : \rightarrow quét tăng ; \leftarrow quét giảm.

(b) Đáp ứng lý thuyết phỏng đoán: — ổn định; - - - không ổn định.

INFLUENCE OF INITIAL CURVATURE ON THE NONLINEAR RESPONSE OF A PARAMETRICALLY- EXCITED RECTANGULAR PLATE

Nguyễn Hải

Abstract:

This paper describes the possible response of a rectangular plate with initial imperfections subjected to the action of in-plane loads. Experiment and estimated theoretical results are presented. Some physical aspects of the problem such as jump and drop-out phenomena are clearly explained.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Hải, 1997, "những phát triển mới nhất về bất ổn định động và dao động thông số của các tấm chữ nhật", Tuyển tập Công trình Hội nghị Cơ học Toàn quốc lần thứ VI, Hà Nội ngày 3 ÷ 5 tháng 12, 3 : 97 – 111.

2. Nguyen, H., Ostiguy, G.L, Samson, L.P, 1989, “ effect of boundary conditions on the dynamic instability and non-linear response of rectangular plates, Part II : Experiment “ Journal of Sound and Vibration, 133(3) : 401 – 422.
3. Nguyễn Hải, 1996 “ Về cộng hưởng tham số chính của các hệ thống chịu lực kích thích thông số” Kỷ yếu hội nghị Cơ học Toàn quốc TP.Hồ Chí Minh lần thứ hai, TP.Hồ Chí Minh ngày 24 ÷ 25 tháng 9, 86 –95.