

# THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Tên luận án : NGHIÊN CỨU ỨNG XỬ TĨNH, ỔN ĐỊNH VÀ DAO ĐỘNG DẦM COMPOSITE VỚI TIẾT DIỆN KHÁC NHAU

Họ & tên NCS : Nguyễn Ngọc Dương MSNCS: 1500101

Thuộc chuyên ngành : Cơ kỹ thuật Khoá: 2015

Người hướng dẫn chính : PGS.TS. Nguyễn Trung Kiên

Người hướng dẫn phụ : TS. Võ Phương Thức

Cơ sở đào tạo : Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM

## 1. Tóm tắt nội dung luận án

Ngày nay, vật liệu composite được sử dụng phổ biến trong nhiều lĩnh vực kỹ thuật nhờ vào độ cứng và cường độ cao, hệ số giãn nở vì nhiệt thấp và khả năng chống ăn mòn tốt. Trong các loại kết cấu composite, dầm composite được sử dụng rất rộng rãi và thu hút sự quan tâm của các nhà khoa học. Nhiều lý thuyết dầm được đề xuất để phân tích tĩnh, ổn định và dao động của dầm. Các lý thuyết dầm này bao gồm lý thuyết dầm Euler, lý thuyết bậc nhất, lý thuyết bậc cao và lý thuyết tựa ba chiều. Các lý thuyết này phù hợp cho các dầm có kích thước lớn, khi dầm có kích thước nhỏ hoặc siêu nhỏ phải kể đến hiệu ứng kích thước bằng cách sử dụng các lý thuyết phi cổ điển. Một trong những lý thuyết phi cổ điển được sử dụng rất hiệu quả và đơn giản đó là lý thuyết hiệu chỉnh ứng suất. Bên cạnh việc phát triển lý thuyết, để dự báo chính xác ứng xử của dầm, các nhà khoa học đã đề xuất các phương pháp bao gồm phương pháp số, giải tích và bán giải tích. Mặc dù, phương pháp số ngày càng nhiều nhưng các nhà khoa học vẫn rất quan tâm các phương pháp giải tích nhờ vào sự chính xác và đơn giản của nó. Trong đó, phương pháp Ritz có tính tổng quát nhất và có thể áp dụng cho các điều kiện biên bất kỳ. Tính hiệu quả của phương pháp Ritz phụ thuộc vào hàm xấp xỉ được chọn trước. Hiện tại, hàm đa thức và đa thức trực giao được sử dụng phổ biến để phân tích ứng xử dầm. Các hàm đa thức thường không thỏa các điều kiện biên động học nên nhân tử Lagrange hoặc hàm phạt được sử dụng để xử lý điều kiện biên của bài toán. Hướng tiếp cận này làm cho chi phí tính toán tăng lên. Trong khi đó, các hàm đa thức trực giao có thể thỏa được các điều kiện biên của bài toán nhưng nó hầu như không được sử dụng trong phân tích tĩnh bài toán dầm. Vì vậy, việc phát triển các hàm xấp xỉ đơn giản và hiệu quả để phân tích ứng xử tĩnh, dao động tự do và ổn định của dầm là cần thiết và có ý nghĩa khoa học. Với ý tưởng đó, luận án đề xuất các hàm xấp xỉ mới phân tích ứng

xử dầm composite có tiết diện và điều kiện biên khác nhau. Trường chuyển vị dựa trên lý thuyết biến dạng cắt bậc nhất, bậc cao và lý thuyết tựa ba chiều. Hiệu ứng kích thước được khảo sát bằng cách sử dụng lý thuyết hiệu chỉnh ứng suất. Ảnh hưởng của hệ số Poisson được kể đến trong quy luật ứng xử. Phương trình chủ đạo được thiết lập từ nguyên lý Lagrange. Các kết quả số được giới thiệu và so sánh với các kết quả đã công bố. Các ảnh hưởng của hướng sợi, tỷ số chiều dài/chiều cao, tính dị hướng của vật liệu, biến dạng cắt, biến dạng pháp tuyến đến chuyển vị, ứng suất, tần số, dạng dao động và lực ổn định của dầm được khảo sát. Một số kết quả lần đầu tiên được công bố làm cơ sở so sánh cho lời giải số. Bên cạnh đó, một nghiên cứu về tính hiệu quả của hàm xấp xỉ cho dầm có điều kiện biên tựa đơn-tựa đơn và ngầm-ngầm được thực hiện.

## **2. Các đóng góp mới của luận án**

- Đề xuất các hàm xấp xỉ mới dạng lượng giác và dạng “hybrid” giữa hàm mũ-đa thức cho lời giải Ritz để phân tích ứng xử dầm composite có tiết diện khác nhau.
- Phát triển mô hình lý thuyết tựa ba chiều (quasi-3D) với luật ứng xử có kể đến ảnh hưởng của hệ số Poisson cho các dầm composite. Lần đầu tiên mô hình này được áp dụng hiệu quả ở cả ba dạng phân tích tĩnh, ổn định và dao động tự do của dầm composite có hướng sợi bất kỳ.
- Phát triển mô hình lý thuyết bậc cao (HOBT) kết hợp với lý thuyết hiệu chỉnh ứng suất (MCST) có kể đến hiệu ứng Poisson để phân tích các dầm composite kích thước vi mô. Lần đầu tiên, tần số riêng, lực ổn định tới hạn, chuyển vị và ứng suất của dầm vi mô có hướng sợi bất kỳ được công bố.
- Áp dụng lời giải Ritz phân tích dầm composite thành mỏng tiết diện dạng chữ C và I có xét đến ảnh hưởng của biến dạng cắt bậc nhất.

*Tp. Hồ Chí Minh, ngày 29 tháng 12 năm 2019*

**Nghiên cứu sinh**

Nguyễn Ngọc Dương

# INFORMATION OF RESEARCH RESULTS

Dissertation title : VIBRATION, BUCKLING AND STATIC ANALYSIS OF LAMINATED COMPOSITE BEAMS WITH VARIOUS CROSS-SECTIONS

PhD candidate : Ngoc-Duong Nguyen Fellows code: 1500101

Major : Engineering Mechanics Major code: 2015

Supervisor one : Associate Professor Dr. Trung-Kien Nguyen

Supervisor two : Dr. Thuc P. Vo

Training facilities : HCMC University of Technology and Education

## 1. Summary of the dissertation:

Composite materials are widely used in many engineering fields owing to their high stiffness-to-weight, strength-to-weight ratios, low thermal expansion, enhanced fatigue life and good corrosive resistance. Among them, laminated composite beams are popular in application and attract a huge attention from researchers to study their structural behaviours. Many theories are proposed for the bending, buckling and vibration analysis of beams. They can be divided into classical beam theory (CBT), first-order beam theory (FOBT), higher-order beam theory (HOBT) and quasi-three dimension (quasi-3D) beam theory. It should be noted that classical continuum mechanics theories, which are just suitable for macro beams, thus many non-classical ones are proposed for microbeams. The modified couple stress theory (MCST) is the most popular and commonly applied owing to its simplicity in formulation and programming. In order to accurately predict behaviours of beams, a large number of methods are developed. Numerical approaches are used increasingly, however, analytical methods are also used by researchers owing to their accuracy and efficiency. Among analytical approaches, Ritz method is the most general one, which accounts for various boundary conditions. Efficacy of Ritz method depends on approximate functions. Up to now, polynomial and orthogonal polynomial functions are used commonly for laminated composite beams. The polynomial functions usually do not satisfy the boundary conditions. Therefore, the penalty method or Lagrange multiplier method are used to compose the boundary conditions. This leads to an increase in the dimension of the stiffness and mass matrices and thus causes computational costs. The orthogonal polynomial functions overcome this drawback by satisfying the specific boundary conditions, however, it has seldom been used to analyse the bending behaviours of beams. Therefore, developing the simple, effective and accurate approximation

functions to solve structural behaviours of composite beams with various cross-sections is one of the primary motivations of this study.

This dissertation focuses on proposing new approximation functions for analysing laminated composite beams with various cross-sections and boundary conditions. The displacement field is based on the FOBT, HOBTs and quasi-3D theories. Size-dependent effect for microbeams is investigated using the MCST. Poisson's effect is considered by integrating in the constitutive equations. The governing equations of motion are derived from Lagrange's equations. Numerical results for beam with various boundary conditions are presented and compared with existing ones available in the literature. The effects of fiber angle, length-to-height ratio, material anisotropy, shear and normal strains on the displacements, stresses, natural frequencies, mode shape and buckling loads of the composite beams are investigated. Some of numerical results are presented at the first time and can be used as the benchmark results for numerical methods. Besides, a study on efficacy of approximation functions for analysis of laminated composite beams with simply-supported and clamped-clamped boundary conditions is presented.

## **2. Theoretical and academic contribution of the dissertation:**

- Propose new approximation functions to analyse buckling, bending and vibration behaviours of laminated composite beams with various cross-section and boundary conditions based on FOBT, HOBT and quasi-3D theory.
- Develop a model of the general laminated composite beams based on quasi-3D theory including Poisson's effect. This model is efficacy in analysing both buckling, bending and free vibration of the general laminated composite beams.
- Develop a model of micro general laminated composite beams (MGLCB) including Poisson's effect. The numerical results of bending, buckling and free vibration behaviours of MGLCB are presented at the first time.
- Successfully apply Ritz solution for bending, buckling and vibration analysis of thin-wall laminated composite with various cross-sections and boundary conditions based on FOBT.

*HCMC, 29/12/2019*

**PhD candidate**

*Nguyễn Ngọc Dương*