BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

TẠ THỊ HIỀN

Nghiên cứu dao động của kết cấu tấm và vỏ Composite có tính đến tương tác với chất lỏng

LUẬN ÁN TIẾN SĨ CƠ HỌC

HÀ NỘI - 2014

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

TẠ THỊ HIỀN

Nghiên cứu dao động của kết cấu tấm và vỏ Composite có tính đến tương tác với chất lỏng

Chuyên ngành: Cơ học vật thể rắn
Mã số: 62440107

LUẬN ÁN TIẾN SĨ CƠ HỌC

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:
1. GS.TS. TRẦN ÍCH THỊNH

2.TS. NGUYỄN MẠNH CƯỜNG

HÀ NỘI - 2014

LỜI CAM ĐOAN

Tôi tên là: **Tạ Thị Hiền**

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các số liệu, kết quả trong luận án là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Hà Nội, ngày tháng năm 2014

Người cam đoan

Tạ Thị Hiền

LỜI CẢM ƠN

Tác giả xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến thầy giáo hướng dẫn: GS. TS. Trần Ích Thịnh, TS. Nguyễn Mạnh Cường đã tận tình hướng dẫn, giúp đỡ, tạo điều kiện và động viên trong suốt quá trình học tập, nghiên cứu và hoàn thành luận án.

Tác giả chân thành cảm ơn tập thể các thầy, cô Bộ môn Cơ học vật liệu và kết cấu, trường Đại học Bách Khoa Hà Nội đã tạo điều kiện thuận lợi giúp đỡ và hướng dẫn trong suốt thời gian tác giả nghiên cứu tại Bộ môn.

Tác giả trân trọng cảm ơn tập thể các thành viên trong nhóm Seminar "Cơ học Vật rắn biến dạng" - ĐH Bách Khoa Hà Nội, ĐH Khoa học tự nhiên, ĐH Công nghệ, ĐH Xây Dựng, ĐH Kiến Trúc, Viện Khoa học Vật liệu Xây dựng, ĐH Giao Thông Vận tải, Học viện Hậu cần, Học viện Kỹ thuật Quân sự, ĐH Thái Nguyên...đã đóng góp nhiều ý kiến quí báu và có giá trị cho nội dung đề tài luận án.

Tác giả xin chân thành cảm ơn TS. Nguyễn Văn Đạt – Viện Nghiên cứu và Chế tạo Tàu thủy - Đại học Thủy sản Nha Trang đã hướng dẫn, giúp đỡ chế tạo mẫu thí nghiệm.

Tác giả xin chân thành cảm ơn Tập thể các cán bộ, giảng viên Viện Cơ học Việt Nam, Phòng thí nghiệm kiểm soát Rung và Ồn - Viện Cơ học Việt Nam giúp đỡ, tạo điều kiện trong suốt quá trình đo đạc thực nghiệm.

Tác giả xin chân thành cảm ơn Tập thể các cán bộ giảng viên Bộ môn Sức bền vật liêu, khoa Công trình, đại học Giao Thông Vận Tải đã giúp đỡ tạo điều kiện thuận lợi về thời gian, đóng góp nhiều ý kiến quí báu và có giá trị cho nội dung đề tài luận án.

Tác giả xin bày tỏ lòng biết ơn các bạn bè, đồng nghiệp tận tình giúp đỡ và động viên trong suốt quá trình tác giả học tập, nghiên cứu và hoàn thành luận án.

Cuối cùng, tác giả xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến các thành viên trong gia đình đã thông cảm, tạo điều kiện và chia sẻ những khó khăn trong suốt quá trình học tập, nghiên cứu và hoàn thành luận án.

MỤC LỤC

Trang

LỜI CAM ĐOAN I

LỜI CẢM ƠN II

MỤC LỤC III

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VI

DANH MỤC HÌNH VẼ - ĐỒ THỊ VIII

DANH MỤC CÁC BẢNG XII

MỞ ĐẦU 1

CHƯƠNG 1: NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN 4

1.1. DAO ĐỘNG TỰ DO CỦA TẤM KIM LOẠI VÀ TẤM COMPOSITE LỚP TƯƠNG TÁC VỚI CHẤT LỎNG 5

1.2. DAO ĐỘNG TỰ DO CỦA TẤM COMPOSITE LỚP ĐẶT TRÊN NỀN ĐÀN HỒI 7

1.3. DAO ĐỘNG TỰ DO CỦA VỎ TRỤ COMPOSITE LỚP TƯƠNG TÁC VỚI CHẤT LỎNG 8

1.4. DAO ĐỘNG TỰ DO CỦA VỎ NÓN CỤT COMPOSITE LỚP TƯƠNG TÁC CHẤT LỎNG 9

1.5. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH TẦN SỐ DAO ĐỘNG TỰ DO KẾT CẤU TẤM VỎ COMPOSITE LỚP 9

1.6. TỔNG QUAN VỀ PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ LIÊN TỤC (PTLT) VÀ ỨNG DỤNG 10

1.6.1. Lý thuyết chung của phương pháp PTLT *10*

1.6.2. Các bước giải bài toán bằng phương pháp Phần tử liên tục *12*

1.7. TỔNG QUAN VỀ CÁC NGHIÊN CỨU TẠI VIỆT NAM 14

1.8. KẾT LUẬN CHƯƠNG 1 15

CHƯƠNG 2: DAO ĐỘNG CỦA TẤM COMPOSITE LỚP TƯƠNG TÁC VỚI CHẤT LỎNG VÀ TẤM ĐẶT TRÊN NỀN ĐÀN HỒI 16

2.1. TẤM COMPOSITE LỚP TƯƠNG TÁC VỚI CHẤT LỎNG 16

2.1.1. Cơ sở lý thuyết và xây dựng thuật toán 16

2.1.1.1. Ứng xử động học của tấm *16*

2.1.1.2. Phương trình chuyển động của tấm Composite lớp tương tác với chất lỏng *21*

2.1.1.3. Phương trình chuyển động chất lỏng [60] *21*

2.1.1.4. Phân tích dao động của tấm Composite lớp sử dụng phương pháp PTLT *25*

2.1.1.5. Xây dựng ma trận độ cứng động lực $\mathbf{K}(\omega)_{\mathbf{m}}$ *29*

2.1.1.6. Ghép các ma trận độ cứng động *30*
2.1.1.7. Đường cong đáp ứng và cách xác định tần số dao động tự do *31*
2.1.2. Kết quả số *32*
2.1.2.1. Dao động tự do của tấm kim loại ngập trong nước *33*
2.1.2.2. Dao động tự do của tấm Composite lớp đặt trong không khí *35*
2.1.2.3. Dao động tự do của tấm Composite ngâm trong nước *41*
2.1.3. Nhận xét *46*
2.2. TẤM COMPOSITE LỚP ĐẶT TRÊN NỀN ĐÀN HỒI 46
2.2.1. Cơ sở lý thuyết và thuật toán *46*
2.2.1.1. Phương trình chuyển động của tấm đặt trên nền đàn hồi *47*
2.2.1.2. Phân tích dao động của tấm Composite lớp đặt trên nên đàn hồi bằng phương pháp PTLT *48*
2.2.1.3. Xây dựng ma trận độ cứng động $\mathbf{K}(\omega)_m$ *51*
2.2.1.4. Ghép nối các ma trận độ cứng động *51*
2.2.2. Kết quả số *52*
2.2.2.1.Dao động tự do của tấm Composite lớp không đặt trên nền đàn hồi *53*
2.2.2.2. Dao động tự do của tấm Composite lớp đặt trên nền đàn hồi *53*
2.2.2.3. Dao động tự do của tấm Composite lớp trên nền đàn hồi không thuần nhất *57*
2.2.3. Nhận xét *62*
2.3. KẾT LUẬN CHƯƠNG 2 62
CHƯƠNG 3: DAO ĐỘNG CỦA VỎ TRỤ TRÒN COMPOSITE CHỨA CHẤT LỎNG 64
3.1. 1. Phương trình chuyển động của vỏ trụ tròn Composite chứa nước *64*
3.1.2. Phương trình chuyển động của chất lỏng *65*
3.1.3. Phân tích dao động của vỏ trụ tròn Composite lớp *67*
3.2. KẾT QUẢ SỐ 70
3.2.1. Dao động tự do của vỏ trụ tròn Composite lớp khi mức nước H/L= 0 (vỏ trụ khô) *70*
3.2.2. Dao động tự do của vỏ trụ tròn Composite lớp chứa nước *74*
3.3. KẾT LUẬN CHƯƠNG 3 82
CHƯƠNG 4: DAO ĐỘNG CỦA VỎ NÓN CỤT COMPOSITE LỚP CHỨA CHẤT LỎNG 83
4.1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ XÂY DỰNG THUẬT TOÁN 83
4.1.1. Phương trình chuyển động của vỏ nón cụt Composite lớp chứa chất lỏng *83*
4.1.2. Phân tích dao động của vỏ nó cụt Composite đúng trục chứa chất lỏng *85*
4.2. KẾT QUẢ SỐ 87

4.2.1. Dao động tự do của vỏ nón cụt Composite lớp khi tỉ số H/L= 0 (vỏ nón cụt khô) *88*
4.2.2. Dao động tự do của vỏ nón cụt Composite lớp chứa các mức chất lỏng khác nhau..... *91*
4.3. KẾT LUẬN CHƯƠNG 4.....94
CHƯƠNG 5: NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH TẦN SỐ DAO ĐỘNG RIÊNG 96
5.1. CHẾ TẠO MẪU THÍ NGHIỆM.....96
5.1.1. Vật liệu chế tạo mẫu thí nghiệm và cơ tính..... *96*
5.1.2. Các loại mẫu thí nghiệm *96*
5.2. ĐỒ GÁ.....99
5.3. THIẾT BỊ ĐO, GHI DỮ LIỆU..... 100
5.4. PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH TẦN SỐ FFT (Fast Fourier Transform)..... 100
5.5. QUY TRÌNH THỰC HIỆN..... 101
5.6. KẾT QUẢ ĐO TẦN SỐ DAO ĐỘNG RIÊNG..... 103
5.6.1. Kết quả đo tần số dao động riêng của vỏ trụ Composite chứa nước..... *103*
5.6.2. Kết quả đo tần số dao động riêng của nón cụt Composite chứa chất lỏng..... *110*
5.7. KẾT LUẬN CHƯƠNG 5..... 115
KẾT LUẬN CHUNG VÀ KIẾN NGHỊ 117
DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN ĐÃ ĐƯỢC CÔNG BỐ.....120
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....121
PHỤ LỤC.....129

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU

[**A**]	Ma trận độ cứng màng
[**B**]	Ma trận độ cứng tương tác màng-uốn
[**C**]	Ma trận độ cứng trong quan hệ ứng suất-biến dạng của vật liệu dị hướng
[**D**]	Ma trận độ cứng vật liệu
a, b	Kích thước tấm
θ_i	Góc phương sợi lớp vật liệu thứ *i* của tấm Composite
ν_{ij}	Hệ số Poisson của vật liệu theo phương *ij*
$[\mathbf{Q}_{ij}]$	Ma trận độ cứng thu gọn
$[\mathbf{Q}'_{ij}]$	Ma trận độ cứng thu gọn trong hệ tọa độ (x,y,z)
E_i	Mô đun đàn hồi kéo, nén theo phương *i*
G_{ij}	Mô đun đàn hồi trượt
$\varepsilon_{xo}, \varepsilon_{yo}, \gamma_{xyo}, \varphi_{yo}, \varphi_{xo}$	Các thành phần biến dạng tại mặt trung bình của tấm trong hệ tọa độ x,y,z
$\varepsilon_x, \varepsilon_y, \gamma_{xy}, \gamma_{xz}, \gamma_{yz}$	Các thành phần biến dạng trong hệ tọa độ x,y,z
φ_x, φ_y	Các thành phần góc xoay của pháp tuyến với mặt phẳng trung bình của tấm quanh các trục y và x tương ứng
N_x, N_y, N_{xy}	Các thành phần lực màng của tấm
$N_s, N_\theta, N_{s\theta}$	Các thành phần lực màng của vỏ nón cụt
$N_x, N_\theta, N_{x\theta}$	Các thành phần lực màng của vỏ trụ
$M_s, M_\theta, M_{s\theta}$	Các thành phần momen uốn và xoắn của nón cụt
M_x, M_y, M_{xy}	Các thành phần momen uốn và xoắn của tấm
$M_x, M_\theta, M_{x\theta}$	Các thành phần momen uốn và xoắn của vỏ trụ
$\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{yz}$	Các thành phần ứng suất trong hệ tọa độ x,y,z
ϖ	Tần số dao động tự do không thứ nguyên
$\rho^{(k)}$	Trọng lượng riêng của lớp thứ k
(x,y,z)	Hệ tọa độ đề các
(x,z,θ)	Hệ tọa độ trụ
$\{\mathbf{F}\}_m$	Véc tơ lực kích thích đơn vị
$\{\mathbf{y}\}_m$	Véc tơ biến trạng thái
f	Hế số hiệu chỉnh cắt
f	Tần số dao đông riêng (Hz)
H	Chiều cao mức nước trong vỏ trụ tròn và vỏ nón cụt

h	Chiều dày tấm, vỏ
h_1,h_2	Mức nước phía trên và phía dưới tấm
h_k	Chiều dày lớp vật liệu thứ *k* của tấm
k	Số thứ tự lớp
K(ω)	Ma trận độ cứng động
k_1, k_2	Hệ số nền đàn hồi
K-	Biên khớp
N-	Biên ngàm
TD-	Biên tự do
L	Chiều dài đường sinh của vỏ trụ, vỏ nón cụt
P	Áp suất chất lỏng tác dụng vào tấm, vỏ
PP PTLT (PTLT)	Phương pháp phần tử liên tục
PP PTHH (PTHH)	Phương pháp phần tử hữu hạn
Q_x, Q_y	Các thành phần lực cắt của tấm
Q_s, Q_θ	Các thành phần lực cắt của vỏ nón cụt
Q_x, Q_θ	Các thành phần lực cắt của vỏ trụ
R	Bán kính trụ tròn
R_1, R_2	Bán kính đáy nhỏ, đáy lớn của nón cụt
$r_{1,}$ r_2	Hệ số nền không thứ nguyên
T(ω)	Ma trận truyền
u,*v*,*w*	Các thành phần chuyển vị theo các phương x,y,z
u_o,v_o,w_o	Các thành phần chuyển vị theo các phương x,y,z tại mặt phẳng trung bình của tấm
α	Góc nghiêng của nón cụt
ρ_n	Khối lượng riêng của nước
Φ	Hàm thế vận tốc
VplateF	Chương trình tính tần số dao động riêng của tấm Composite lớp ngập trong chất lỏng
VplateEF	Chương trình tính tần số dao động riêng của tấm Composite lớp đặt trên nền đàn hồi
VcylF	Chương trình tính tần số dao động riêng của vỏ trụ tròn xoay Composite lớp chứa chất lỏng
VconF	Chương trình tính tần số dao động riêng của vỏ nón cụt Composite lớp chứa chất lỏng

DANH MỤC HÌNH VẼ - ĐỒ THỊ

Trang

Hình 1.1. Sản phẩm bể nuôi tảo composite của UNINSHIP. 4

Hình 1.2. Bể nuôi thủy sản bằng composite của UNINSHIP. 4

Hình 1.4. Bể chứa hoá chất chuyên dụng bằng composite của công ty Crown. 5

Hình 2.1. Mô hình tấm Composite. 16

Hình 2.2. Mô hình chất lỏng có mặt thoáng. 23

Hình 2.3. Mô hình chất lỏng tiếp xúc với tường cứng. 23

Hình 2.4. Mô hình tấm ngập trong chất lỏng. 24

Hình 2.5. Mô hình ghép 2 phần tử của tấm. 31

Hình 2.6. Cách đặt tải trọng đơn vị trên tấm. 31

Hình 2.7. Đường cong đáp ứng của kết cấu. 32

Hình 2.8. Mô hình tấm tương tác chất lỏng. 32

Hình 2.9. Tần số dao động không thứ nguyên của tấm kim loại ngập trong các mức nước khác nhau tính theo PTLT và Hashemi [60]. 34

Hình 2.10. Tần số dao động không thứ nguyên của tấm kim loại biến thiên theo tỉ số h_1/a. 35

Hình 2.11. Đường cong đáp ứng của tấm Composite lớp, cấu hình $[0^0/90^0/90^0/0^0]$, biên TD-K-TD-K vẽ bằng PTLT và PTHH với các lưới chia khác nhau. 36

Hình 2.12. Đường cong đáp ứng của tấm Composite lớp, cấu hình $[0^0/45^0/0^0/45^0]$, biên TD-K-TD-K vẽ bằng PTLT và PTHH với các lưới chia khác nhau. 36

Hình 2.13. Đồ thị so sánh các tần số dao động không thứ nguyên của tấm Composite tính bằng PTLT, PTHH và Reddy [103]. 38

Hình 2.14. Ảnh hưởng của tỉ số kích thước (h/a) đến tần số dao động không thứ nguyên của tấm vuông Composite có số lớp vật liệu khác nhau, biên khớp bốn cạnh 40

Hình 2.15. Ảnh hưởng của tính dị hướng của vật liệu (E_1/E_2) đến tần số dao động không thứ nguyên của tấm vuông Composite lớp, cấu hình $[\theta^0,-\theta^0]_4$, liên kết khớp bốn cạnh..... 40

Hình 2.16. Ảnh hưởng của số lớp đến tần số dao động không thứ nguyên của tấm vuông Composite lớp, góc sợi $[\theta^0,-\theta^0]_n$, liên kết khớp bốn cạnh. 41

Hình 2.17a. Ảnh hưởng của mức nước h_1/a đối với tần số dao động không thứ nguyên của tấm vuông Composite, cấu hình $[0^0/90^0/0^0/90^0]$, liên kết khớp bốn cạnh. 43