

VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM
VIỆN CƠ HỌC

— * —

NGUYỄN THỊ KHÁNH LINH

**SÓNG MẶT VÀ SÓNG
TRONG CÁC CẤU TRÚC MỎNG**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ

HÀ NỘI, 2013

VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM
VIỆN CƠ HỌC

— * —

NGUYỄN THỊ KHÁNH LINH

**SÓNG MẶT VÀ SÓNG
TRONG CÁC CẤU TRÚC MỎNG**

Chuyên ngành: Cơ học vật rắn

Mã số: 62 44 21 01

LUẬN ÁN TIẾN SĨ

Người hướng dẫn khoa học

PGS. TS Phạm Chí Vĩnh

HÀ NỘI, 2013

LỜI CẢM ƠN

Luận án này được thực hiện và hoàn thành dưới sự hướng dẫn khoa học của PGS. TS. Phạm Chí Vĩnh, người đã tận tình giúp đỡ tôi trong quá trình nghiên cứu và thổi vào tâm hồn tôi niềm đam mê khoa học. Tôi xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến Thầy.

Tôi xin bày tỏ sự cảm ơn chân thành đến Ban Giám hiệu, Ban chủ nhiệm Khoa Cơ khí, Ban chủ nhiệm Bộ môn Cơ học kỹ thuật và các đồng nghiệp - Trường Đại học Thủy lợi đã động viên, khuyến khích và tạo mọi điều kiện cho tôi hoàn thành luận án này.

Tôi xin chân thành cảm ơn tới Khoa Đào tạo sau đại học – Viện Cơ học và các bạn trong nhóm sermina của Thầy Vĩnh đã hướng dẫn, chia sẻ kinh nghiệm, tạo điều kiện tốt cho tôi trong quá trình làm luận án.

Cuối cùng tôi xin bày tỏ sự biết ơn sâu sắc đến gia đình đã động viên ủng hộ tôi trong thời gian làm luận án.

Nghiên cứu sinh

Nguyễn Thị Khánh Linh

LỜI CAM ĐOAN

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

Nghiên cứu sinh

Nguyễn Thị Khánh Linh

Mục lục

LỜI CẢM ƠN	i
LỜI CAM ĐOAN	ii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT	vi
DANH MỤC HÌNH VẼ VÀ BẢNG	vii
MỞ ĐẦU	1
Chương 1. TỔNG QUAN	4
1.1. Sóng mặt Rayleigh: Sự phát triển và các thành tựu	4
1.1.1. Phương trình tán sắc của sóng	4
1.1.2. Công thức vận tốc sóng	5
1.2. Sóng trong bán không gian phủ một lớp mỏng	8
1.3. Sóng trong cấu trúc lớp mỏng tuần hoàn	9
1.4. Tình hình nghiên cứu trong nước	9
1.5. Mục tiêu của luận án	10
Chương 2. SÓNG MẶT RAYLEIGH	12
2.1. Sóng Rayleigh trong bán không gian đàn hồi đẳng hướng, không nén được, chịu tác dụng của trọng trường	13
2.1.1. Phương trình tán sắc	14
2.1.2. Các công thức chính xác của vận tốc sóng mặt Rayleigh ..	16
2.1.3. Các công thức vận tốc xấp xỉ của sóng Rayleigh	22
2.1.4. Kết luận	23

2.2. Sóng Rayleigh trong bản mỏng đàn hồi trục hướng, bán vô hạn	24
2.2.1. Các sóng chính Rayleigh trong bản mỏng đàn hồi trục hướng	24
2.2.1.1. Phương trình tán sắc	24
2.2.1.2. Công thức vận tốc chính xác	28
2.2.1.3. Công thức vận tốc xấp xỉ	29
2.2.2. Sóng không chính Rayleigh trong lớp mỏng đàn hồi trục hướng, bán vô hạn	31
2.2.2.1. Các phương trình cơ bản	31
2.2.2.2. Phương trình tán sắc dạng tường minh	34
2.2.2.3. Các trường hợp đặc biệt	38
2.2.3. Kết luận	41
Chương 3. SÓNG RAYLEIGH TRONG BÁN KHÔNG GIAN ĐÀN HỒI NẪM DƯỚI LỚP NƯỚC	42
3.1. Phương trình tán sắc	42
3.1.1. Phương trình tán sắc chính xác	42
3.1.2. Điều kiện tồn tại của sóng Rayleigh	46
3.1.3. Các phương trình tán sắc xấp xỉ	50
3.2. Các công thức vận tốc xấp xỉ	51
3.2.1. Hai đại lượng δ và ε đều nhỏ	51
3.2.2. Chỉ ε là nhỏ và δ tùy ý	53
3.2.3. Các xấp xỉ toàn cục	54
3.3. Kết luận	58
Chương 4. SÓNG RAYLEIGH TRONG BÁN KHÔNG GIAN ĐÀN HỒI PHỦ LỚP MỎNG	59
4.1. Bán không gian đàn hồi trục hướng nén được phủ lớp mỏng ..	60
4.1.1. Điều kiện biên hiệu dụng bậc ba	60
4.1.2. Phương trình tán sắc xấp xỉ bậc ba	62
4.1.3. Trường hợp đẳng hướng	66
4.1.4. Công thức vận tốc xấp xỉ bậc hai	70

4.2. Bán không gian đàn hồi trục hướng không nén được phủ lớp mỏng	
72	
4.2.1. Điều kiện biên hiệu dụng bậc ba	72
4.2.2. Phương trình tán sắc xấp xỉ bậc ba	75
4.2.3. Trường hợp đẳng hướng	78
4.3. Bán không gian đàn hồi có ứng suất trước phủ lớp mỏng	79
4.3.1. Điều kiện biên hiệu dụng bậc ba	79
4.3.2. Phương trình tán sắc xấp xỉ bậc ba	83
4.3.3. Các trường hợp đặc biệt	87
4.3.3.1. Trường hợp không có ứng suất trước	87
4.3.3.2. Trường hợp biến dạng trước đẳng hướng trong mặt phẳng	89
4.4. Kết luận	92
Chương 5. SÓNG TRONG CẤU TRÚC MỎNG	
TUẦN HOÀN	93
5.1. Sóng SH trong môi trường vô hạn phân lớp tuần hoàn, các lớp đều mỏng	94
5.1.1. Đặt bài toán	94
5.1.2. Khai triển tiệm cận nghiệm	96
5.1.3. Xác định Ω_i	98
5.1.3.1. Công thức tính Ω_1	98
5.1.3.2. Công thức tính Ω_3	99
5.1.4. Công thức truy hồi tính Ω_{2n+1}	100
5.2. Sóng Lamb trong môi trường vô hạn phân lớp tuần hoàn không nén được có biến dạng trước	102
5.2.1. Đặt bài toán	103
5.2.2. Phương trình tán sắc dạng tiệm cận	106
5.2.3. Công thức tính Ω_k	108
5.2.4. Công thức truy hồi tính Ω_{2n+1}	111
5.2.5. Kết luận	112
CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ	115
Tài liệu tham khảo	116

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

σ_{ij}	các thành phần ứng suất
u_i	các thành phần chuyển dịch
c	vận tốc sóng
k	số sóng
h	độ dày của lớp
ε	độ dày không thứ nguyên của lớp
g	gia tốc trọng trường
λ, μ	các hằng số Lamé
$c_2 = \sqrt{\mu/\rho}$	vận tốc sóng ngang
c_{ij}	các hằng số vật liệu
t	thời gian
ρ	mật độ khối lượng
p	áp suất thủy tĩnh
∂^2	$\partial^2/\partial x_1^2$
∂_t^2	$\partial^2/\partial t^2$
∂_1	$\partial/\partial x_1$
γ	$\mu/(\lambda + 2\mu)$
\cdot	đạo hàm theo biến thời gian

DANH MỤC HÌNH VẼ VÀ BẢNG

Hình 2.1	Mô hình bài toán	14
Hình 2.2	Đồ thị của hàm $\phi(x)$ được biểu diễn bằng phương trình (2.20)	17
Hình 2.3	Sự phụ thuộc của vận tốc sóng Rayleigh vào các tham số trọng trường δ .	20
Hình 2.4	Vận tốc chính xác x_r , các vận tốc xấp xỉ x_1, x_2	23
Hình 2.5	Mô hình bài toán sóng chính Rayleigh	25
Hình 2.6	Sự phụ thuộc của x vào $b_1 \in [0, 0.5]$.	31
Hình 2.7	Sự phụ thuộc của x vào $b_2 \in [0.1, 0.9]$.	31
Hình 2.8	Sự phụ thuộc của x theo $b_3 \in [0.5, 4]$	31
Hình 2.9	Mô hình bài toán sóng không chính Rayleigh	32
Hình 2.10	Sự phụ thuộc của $\sqrt{x} = c_R/\sqrt{B_{66}/\rho}$ vào góc chỉ phương θ của các hướng vật liệu chính của vật liệu SE84LV	40
Hình 2.11	Sự phụ thuộc của $\sqrt{x} = c_R/\sqrt{B_{66}/\rho}$ vào góc chỉ phương θ của các vật liệu chính đối với vật liệu Fibredux	40
Hình 2.12	Sự phụ thuộc của $\sqrt{x} = c_R/\sqrt{B_{66}/\rho}$ vào góc chỉ phương θ của các trục vật liệu chính cho vật liệu Boron-Epoxy	40
Hình 2.13	Sự phụ thuộc của $\sqrt{x} = c_R/\sqrt{B_{66}/\rho}$ vào góc chỉ phương θ của các trục vật liệu chính cho vật liệu α -Fe	40
Hình 3.1	Mô hình bài toán	43
Hình 3.2	Các đồ thị của $x(\delta, 0.04)$ được vẽ từ (3.48), từ (3.61), (3.62) và từ (3.28)	56
Hình 3.3	Đồ thị của $x(\varepsilon, 0.04)$	57
Hình 4.1	Mô hình bài toán	60
Hình 4.2	Sự phụ thuộc của vận tốc sóng Rayleigh không thứ nguyên $\sqrt{x} = c/c_2$ vào $\varepsilon = k.h$	69

Hình 4.3	Mô hình bài toán	72
Hình 4.4	Sự phụ thuộc của vận tốc sóng Rayleigh không thứ nguyên vào ε	79
Hình 4.5	Mô hình bài toán	79
Hình 4.6	Sự phụ thuộc của vận tốc không thứ nguyên x vào ε	91
Hình 5.1	Mô hình bài toán sóng SH	94
Hình 5.2	Mô hình bài toán sóng Lamb	103
Bảng 2.1	Các giá trị của $\sqrt{x} = c_R/c_T$ ($c_T = \sqrt{B_{66}/\rho}$) tương ứng với các vật liệu được đề cập trong [21]	30