

PGS.TS. NGUYỄN THỜI TRUNG (Chủ biên)
PGS.TS. NGUYỄN XUÂN HÙNG

PHƯƠNG PHÁP
PHẦN TỬ HỮU HẠN
SỬ DỤNG
MATLAB



N
.T

285



NHÀ XUẤT



624.170.285
N67.3-T87

PGS.TS. NGUYỄN THỜI TRUNG (Chủ biên)
PGS.TS. NGUYỄN XUÂN HÙNG

PHƯƠNG PHÁP
PHÂN TỬ HỮU HẠN
SỬ DỤNG
MATLAB

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2015

THƯ VIỆN TRƯỜNG ĐHQG TP. HCM
SKV 116899

LỜI TỰA

Ngày nay, phương pháp phần tử hữu hạn (PP-PTHH) đã được biết đến là phương pháp số thông dụng nhất để mô hình và mô phỏng các bài toán trong khoa học kỹ thuật. Để vận dụng thành thạo công cụ này, người kỹ sư cần được trang bị một quá trình chặt chẽ từ mô hình, mô phỏng, phân tích đến thiết kế, tạo mẫu, kiểm tra và sản xuất. Trong đó, việc áp dụng các kỹ thuật số để tính toán mô phỏng nhanh và chính xác giữ một vai trò quan trọng then chốt. Điều này đã không ngừng thúc đẩy việc nghiên cứu, phát triển và ứng dụng PP-PTHH hơn 60 năm qua.

Do tầm quan trọng của PP-PTHH, công tác giảng dạy và nghiên cứu môn học này đang trở nên rất cần thiết tại các trường đại học khối kỹ thuật ở Việt Nam. Vì vậy việc ra đời giáo trình này cũng nằm trong xu hướng tất yếu đó. Giáo trình được viết dựa trên kinh nghiệm nghiên cứu, giảng dạy và hướng dẫn nghiên cứu khoa học của nhóm tác giả trong suốt 10 năm qua tại nhiều trường Đại học và Viện nghiên cứu khác nhau như Đại học Khoa học Tự nhiên (ĐHQG-TpHCM), Đại học Bách Khoa (ĐHQG-TpHCM), Đại học Tôn Đức Thắng, Đại học Mở Tp HCM, Đại học Sư Phạm Kỹ Thuật TpHCM, Đại học Việt Đức, Đại học Công nghệ TpHCM (HUTECH), Viện Cơ học và Tin học ứng dụng, v.v...

Nội dung giáo trình nhằm cung cấp những kiến thức cơ bản của PP-PTHH cho các sinh viên đại học năm cuối, kỹ sư/cử nhân, học viên cao học, nghiên cứu sinh khối Kỹ thuật. Bên cạnh kiến thức thông dụng của PP-PTHH được triển khai cho các phần tử cơ bản trong cơ học vật rắn biến dạng tuyến tính [như phần tử hai chiều (2D), phần tử ba chiều (3D), dàn, dầm và khung], chúng tôi giới thiệu cách tiếp cận toán học đơn giản trong PP-PTHH, nhằm giúp người đọc làm quen với các thuật ngữ và công cụ toán học cần thiết khi phân tích và đánh giá độ chính xác các kết quả số của PP-PTHH. Ngoài ra, các kỹ thuật hậu xử lý cũng được trình bày nhằm phân tích tường minh các ứng suất, biến dạng trong các loại phần tử khác nhau.

Giáo trình được biên soạn gồm 10 chương với nội dung như sau:

- + Chương 1: Giới thiệu phương pháp phần tử hữu hạn.
- + Chương 2: Phương trình ứng xử cơ học của vật rắn và kết cấu.
- + Chương 3: Cơ sở lý thuyết của phương pháp phần tử hữu hạn
- + Chương 4: Giới thiệu Matlab
- + Chương 5: Phần tử tam giác tuyến tính và tứ diện tuyến tính

MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
<i>Lời nói đầu</i>	3
Chương 1. Giới thiệu về phương pháp phần tử hữu hạn	
1.1. Giới thiệu chung	5
1.2. Các bước cơ bản trong PP-PTHH	5
1.3. Đặc điểm của PP-PTHH	6
Chương 2. Phương trình ứng xử cơ học của vật rắn và kết cấu	
2.1. Giới thiệu	7
2.2. Các công thức cho vật rắn ba chiều	7
2.2.1. Ứng suất và quan hệ giữa biến dạng - chuyển vị	7
2.2.2. Quan hệ ứng suất - biến dạng	9
2.2.3. Các phương trình cân bằng động học	10
2.3.4. Các điều kiện biên	11
2.3. Các công thức cho vật rắn hai chiều	12
2.3.1. Ứng suất và quan hệ giữa biến dạng - chuyển vị	12
2.3.2. Quan hệ ứng suất - biến dạng	14
2.3.3. Các phương trình cân bằng động học	14
2.4. Các công thức cho phần tử dàn	15
2.4.1. Ứng suất và quan hệ giữa biến dạng - chuyển vị	16
2.4.2. Quan hệ ứng suất - biến dạng	16
2.4.3. Các phương trình cân bằng động học	16
2.5. Các công thức cho dầm Euler - Bernoulli	17
2.5.1. Ứng suất và quan hệ giữa biến dạng - chuyển vị	18
2.5.2. Quan hệ ứng suất - biến dạng	19
2.5.3. Mô-men và lực cắt	19
2.5.4. Các phương trình cân bằng động học	20
2.6. Các công thức cho dầm Timoshenko	21
2.6.1. Ứng suất và quan hệ giữa biến dạng - chuyển vị	21
2.6.2. Quan hệ ứng suất - biến dạng	21

2.6.3. Mô-men và lực cắt	22
2.6.4. Các phương trình cân bằng động học	22
2.7. Một số nhận xét cần thiết	22
Chương 3. Cơ sở lý thuyết của phương pháp phần tử hữu hạn	
3.1. Quy trình tổng quát của PTHH	24
3.2. Các không gian cần thiết cho PP-PTHH	28
3.2.1. Không gian: một không gian Lebesgue	28
3.2.2. Các không gian Hilbert	33
3.3. Dạng yếu và các đặc tính của nghiệm	39
3.3.1. Thành lập dạng yếu từ dạng mạnh	39
3.3.2. Dạng yếu Galerkin	41
3.3.3. Sự tồn tại, duy nhất và ổn định nghiệm của dạng yếu	41
3.4. Rời rạc miền bài toán: tạo một không gian hữu hạn chiều	43
3.4.1. Một cách hiểu khái niệm “không gian vô hạn chiều”	43
3.4.2. Một cách hiểu khái niệm “không gian hữu hạn chiều”	43
3.4.3. Rời rạc miền bài toán bằng phương pháp phần tử hữu hạn	43
3.5. Xấp xỉ hàm chuyển vị	45
3.5.1. Véc-tơ chuyển vị tại nút	46
3.5.2. Ma trận hàm dạng tại nút	46
3.5.3. Hàm nghiệm xấp xỉ liên tục	47
3.6. Tạo các hàm dạng	47
3.6.1. Bước thứ nhất: biểu diễn một thành phần chuyển vị của phần tử	48
3.6.2. Bước thứ hai: thay tọa độ nút và tìm véc-tơ a của các hệ số	50
3.6.3. Bước thứ ba: tìm các thành phần hàm dạng của phần tử	51
3.6.4. Bước thứ tư: xây dựng ma trận hàm dạng của phần tử	52
3.6.5. Ma trận biến dạng – chuyển vị của phần tử	54
3.6.6. Một số thảo luận về hàm dạng của phần tử và hàm dạng tại nút	55
3.6.7. Các đặc tính của hàm dạng	56
3.7. Thành lập hệ phương trình rời rạc	59
3.7.1. Đánh giá biến dạng tương thích	59
3.7.2. Phát biểu dạng yếu dưới dạng rời rạc	59
3.7.3. Chọn hàm kiểm tra	60
3.7.4. Thành lập hệ phương trình rời rạc	61

3.7.5. Đánh giá các thành phần của ma trận độ cứng và véc-tơ lực	62
3.7.6. Kích thước của các ma trận và véc-tơ	64
3.8. Quá trình lắp ghép thực tế dựa trên phần tử bằng PP-PTHH	64
3.8.1. Lắp ghép ma trận độ cứng phần tử	64
3.8.2. Lắp ghép véc-tơ tải phần tử	71
3.8.3. Hệ phương trình rời rạc dưới dạng lắp ghép của các phần tử	74
3.9. Giải hệ phương trình rời rạc và xác định các đại lượng cần tìm	75
3.9.1. Áp đặt điều kiện biên và tìm nghiệm của chuyển vị nút	75
3.9.2. Tính các biến dạng và ứng suất	76
3.9.3. Câu hỏi liên quan nghiệm xấp xỉ của PP-PTHH	76
3.10. Nghiệm PP-PTHH: sự tồn tại, duy nhất, sai số và hội tụ	77
3.10.1. Sự tồn tại, duy nhất và ổn định của nghiệm PP-PTHH	77
3.10.2. Sai số của nghiệm PP-PTHH	77
3.10.3. Hội tụ của nghiệm PP-PTHH	78
3.10.4. Một vài đặc tính khác của nghiệm PP-PTHH	79
3.11. PP-PTHH cho bài toán động lực học	81
3.11.1. Thành lập hệ phương trình rời rạc	81
3.11.2. Đánh giá các thành phần của ma trận khối lượng	81
3.11.3. Phân tích dao động tự do (phân tích giá trị riêng)	82
3.11.4. Phân tích đáp ứng theo thời gian	84
3.11.5. Hệ phương trình rời rạc dưới dạng lắp ghép của các phần tử	88
3.12. Tích phân Gauss	88
3.12.1. Quy luật một chiều trên miền lấy tích phân chuẩn $[-1,1]$	88
3.12.2. Quy luật một chiều trên miền lấy tích phân bất kỳ $[a, b]$	89
3.12.3. Quy luật hai chiều cho miền hình vuông chuẩn $[-1,1] \times [-1,1]$	90
3.12.4. Quy luật hai chiều cho miền tứ giác lồi bất kỳ	90
3.12.5. Các quy luật ba chiều cho miền hình khối chuẩn	92
3.12.6. Tích phân Gauss trên miền tam giác	92
3.12.7. Tích phân Gauss trên các miền tứ diện	95
3.12.8. Một số ví dụ sử dụng tích phân Gauss	110
3.13. Các ghi chú	116
Chương 4. Giới thiệu Matlab	
4.1. Giới thiệu	117

4.2. Giao diện và một số thao tác cơ bản của Matlab	117
4.2.1. Giao diện của Matlab	117
4.2.2. Cửa sổ nhập lệnh	118
4.2.3. Tạo và xóa các biến	118
4.2.4. Tìm kiếm sự trợ giúp (Help) và tìm các hàm	119
4.2.5. Dữ liệu chuỗi (String) trong Matlab	119
4.2.6. Một số hàm cơ bản	120
4.3. Các hàm liên quan đến đại số ma trận	120
4.3.1. Định nghĩa ma trận	120
4.3.2. Các phép toán cơ bản của ma trận	122
4.3.3. Các hàm cơ bản của ma trận	123
4.4. Các hàm phân tích dữ liệu	126
4.4.1. Phân tích dữ liệu cho véc-tơ	126
4.4.2. Phân tích dữ liệu cho ma trận	128
4.5. Các câu lệnh có điều kiện if và các vòng lặp for, while	129
4.5.1. Câu lệnh có điều kiện if	129
4.5.2. Các vòng lặp for, while	130
4.5.3. Các phép toán so sánh và logic	131
4.6. Hàm	131
4.6.1. Viết hàm	131
4.6.2. Các hàm hỗ trợ trong việc lưu và truy xuất dữ liệu từ tập tin	132
4.6.3. Các hàm hỗ trợ trong việc nhập và xuất dữ liệu từ màn hình	133
4.7. Các lệnh vẽ cơ bản	134
4.7.1. Một số lệnh vẽ 2D	134
4.7.2. Một số lệnh vẽ 3D	137
Chương 5. Phần tử tam giác tuyến tính và tứ diện tuyến tính	
5.1. Giới thiệu	140
5.2. Phần tử tam giác tuyến tính (T3)	140
5.2.1. Hàm chuyển vị và các hàm dạng phần tử	142
5.2.2. Véc-tơ biến dạng phần tử và ma trận biến dạng - chuyển vị của phần tử	143
5.2.3. Ma trận độ cứng phần tử	145
5.2.4. Ma trận khối lượng phần tử	146
5.2.5. Véc-tơ tải phần tử	148
	361

7.4.3. Kiểm tra trường tuyến tính (patch test) và chuẩn chuyển vị tại nút	271
7.4.4. Chiều dài cạnh đặc trưng của phần tử	272
7.4.5. Ứng suất Von-mises	273
7.5. Trường biến dạng (hay ứng suất) hồi phục (Recovery)	273
7.6. Các ví dụ	277
7.6.1. Phân tích ứng suất, tính chuẩn sai số và khảo sát tốc độ hội tụ của PP-PTHH cho bài toán ống hình trụ 2D chịu áp lực bên trong	277
7.6.2. Phân tích ứng suất ống hình trụ 3D chịu áp lực bên trong	283
7.7. Bài tập	289
7.7.1. Các bài tập 2D	289
7.7.2. Các bài tập 3D	289
Chương 8. Phương pháp phần tử hữu hạn cho dàn	
8.1. Giới thiệu	290
8.2. Phần tử dàn tuyến tính trong hệ tọa độ địa phương	291
8.2.1. Hàm chuyển vị và các hàm dạng phần tử	291
8.2.2. Véc-tơ biến dạng phần tử và ma trận biến dạng - chuyển vị của phần tử	292
8.2.3. Ma trận độ cứng phần tử	292
8.2.4. Ma trận khối lượng phần tử	293
8.2.5. Véc-tơ tải phần tử	293
8.2.6. Hệ phương trình cân bằng của phần tử	294
8.3. Phần tử dàn tuyến tính trong hệ tọa độ tổng thể	294
8.3.1. Dàn không gian	294
8.3.2. Dàn phẳng	295
8.4. Ví dụ số	299
8.4.1. Dàn phẳng (phân tích tĩnh)	299
8.4.2. Dàn không gian (phân tích tĩnh)	303
8.5. Bài tập	307
Chương 9. Phương pháp phần tử hữu hạn cho dầm	
9.1. Giới thiệu	311
9.2. PP-PTHH cho dầm Euler - Bernoulli trong hệ tọa độ địa phương	311
9.2.1. Hàm chuyển vị và hàm dạng phần tử	312
9.2.2. Hàm biến dạng dọc trục của phần tử và ma trận biến dạng - chuyển vị của phần tử	315

9.2.3. Ma trận độ cứng phần tử	315
9.2.4. Ma trận khối lượng phần tử	316
9.2.5. Véc-tơ tải phần tử	316
9.2.6. Hậu xử lý tính mô-men và lực cắt của phần tử dầm	317
9.2.7. Biến đổi tọa độ cho phần tử dầm	318
9.3. PP-PTHH cho dầm Timoshenko trong hệ tọa độ địa phương	318
9.3.1. Các hàm độ võng, góc xoay và hàm dạng phần tử	319
9.3.2. Các hàm biến dạng phần tử và các ma trận biến dạng - chuyển vị của phần tử	320
9.3.3. Ma trận độ cứng phần tử	322
9.3.4. Ma trận khối lượng phần tử	323
9.3.5. Véc-tơ tải phần tử	323
9.3.6. Biến đổi tọa độ cho phần tử dầm	324
9.4. Ví dụ	324
9.4.1. Ví dụ 1: dầm Euler - Bernoulli (phân tích tĩnh)	324
9.4.2. Ví dụ 2: dầm Timoshenko (phân tích tĩnh)	329
9.5. Bài tập	332
Chương 10. Phương pháp phần tử hữu hạn cho khung	
10.1. Giới thiệu	333
10.2. PP-PTHH cho khung phẳng	333
10.2.1. Các ma trận và véc-tơ phần tử của khung phẳng trong hệ tọa độ địa phương	334
10.2.2. Các ma trận và véc-tơ phần tử của khung phẳng trong hệ tọa độ tổng thể	336
10.3. PP-PTHH cho khung không gian	339
10.3.1. Ma trận & véc-tơ phần tử của khung không gian trong hệ tọa độ địa phương	339
10.3.2. Ma trận và véc-tơ phần tử của khung không gian trong hệ tọa độ tổng thể	342
10.4. Ví dụ	346
10.4.1. Khung phẳng (phân tích tĩnh)	346
10.5. Bài tập	354
Tài liệu tham khảo	356

ISBN: 978-604-82-1501-9



9 786048 215019

Giá: 163.000đ