

Sumário

Elementos finitos: formulação e aplicação na estática e dinâmica das estruturas

Capítulo 1 – Apresentação 1

- 1.1 Introdução 1
- 1.2 Evolução do desenvolvimento do Método dos Elementos Finitos 3
- 1.3 Estabelecimento de um modelo matemático 4
- 1.4 O que é o Método dos Elementos Finitos? 8
- 1.5 Como utilizar o Método dos Elementos Finitos em Estruturas? 18
 - 1.5.1 Modelos de estruturas e correspondentes elementos 19
 - 1.5.2 Construção de modelos discretos 28
 - 1.5.3 Tipos de análise 46
 - 1.5.4 Validação de resultados 55
- 1.6 Exercícios propostos 61
- 1.7 Questões para reflexão 63

Capítulo 2 – Métodos de Aproximação Direta do Contínuo 65

- 2.1 Noções de Cálculo Variacional 67
- 2.2 Método de Rayleigh-Ritz 80
- 2.3 Método de Galerkin 90
- 2.4 Princípio dos Deslocamentos Virtuais 102
- 2.5 Funcional Energia Potencial Total 106
- 2.6 Exercícios propostos 109
- 2.7 Questões para reflexão 113

Capítulo 3 – Elementos Finitos Unidimensionais 115

- 3.1 Elemento linear 117
- 3.2 Elementos de viga na formulação de deslocamentos 130
 - 3.2.1 Elemento de quatro deslocamentos nodais e de coordenada dimensional 130
 - 3.2.2 Elemento de quatro deslocamentos nodais e de coordenada adimensional 138
 - 3.2.3 Elemento de cinco deslocamentos nodais 140
- 3.3 Condensação estática de graus de liberdade 143
- 3.4 Consideração das condições essenciais de contorno 146
 - 3.4.1 Técnica de ordenação e eliminação de parâmetros nodais 146
 - 3.4.2 Técnica de zeros e um 149

3.4.3 Técnica do número grande 150

3.5 Formulação mista 151

3.6 Exercícios propostos 156

3.7 Questões para reflexão 159

Capítulo 4 – Elementos Finitos Básicos 161

4.1 Formulação de deslocamentos 162

4.1.1 Elemento triangular 169

4.1.2 Elemento tetraédrico 175

4.1.3 Elemento quadrilateral 178

4.1.4 Elemento hexaédrico 186

4.1.5 Elementos axissimétricos 192

4.2 Formulação mista em Teoria da Elasticidade 194

4.3 Integração de Gauss 196

4.3.1 Caso de uma variável independente 196

4.3.2 Caso dos elementos quadrilaterais e hexaédricos 200

4.3.3 Caso dos elementos triangulares e tetraédricos 202

4.3.4 Escolha do número de pontos de integração 210

4.4 Critérios de convergência 212

4.5 Exercícios propostos 220

4.6 Questões para reflexão 225

Capítulo 5 – Análise Dinâmica – Sistemas de um Grau de Liberdade 227

5.1 Equação diferencial de equilíbrio 230

5.2 Vibração livre não amortecida 231

5.3 Vibração livre amortecida 234

5.4 Vibração amortecida sob força harmônica 240

5.5 Vibração amortecida sob força periódica 250

5.5.1 Série de Fourier em forma trigonométrica 251

5.5.2 Série de Fourier em forma exponencial 254

5.6 Vibração amortecida sob força aperiódica 256

5.6.1 Integral de Duhamel 256

5.6.2 Resolução através do domínio da frequência 263

5.6.2.1 Transformada contínua de Fourier 263

5.6.2.2 Transformada discreta de Fourier 267

5.6.3 Integrações em procedimento passo a passo 276

5.6.3.1 Integração de Newmark 277

5.6.3.2 Integração de Wilson – ? 279

5.6.3.3 Integração por segmentos lineares da excitação 282

5.7 Vibração por movimento do suporte 287

5.7.1 Movimento harmônico 288

5.7.2 Excitação sísmica 291

5.8 Exercícios propostos 298

5.9 Questões para reflexão 300

Capítulo 6 – Análise Dinâmica - Sistemas de Multigrados de Liberdade 303

6.1	Equações diferenciais de equilíbrio	304
6.1.1	Elemento finito unidimensional de viga	305
6.2.2	Elementos finitos bi e tridimensionais	308
6.2	Vibração livre não amortecida	311
6.3	Vibração não amortecida sob força harmônica	321
6.4	Método de superposição modal	324
6.4.1	Amortecimento clássico	327
6.4.2	Correção estática dos modos superiores	333
6.4.3	Vibração amortecida sob força harmônica	335
6.4.4	Vibração amortecida sob força periódica	336
6.4.5	Vibração amortecida sob força aperiódica	337
6.4.5.1	Integração por segmentos lineares da excitação	338
6.4.5.2	Resolução através do domínio da frequência	340
6.5	Método com espectro de resposta	342
6.6	Método de integração direta	347
6.6.1	Integração de Newmark	348
6.6.2	Integração de Wilson – ?	349
6.7	Método de resolução direta através do domínio da frequência	360
6.8	Exercícios propostos	363
6.9	Questões para reflexão	365
Anexo I – Noções de Teorias de Viga		367
I.1	Teoria de Bernoulli-Euler	367
I.2	Teoria de Timoshenko	372
Anexo II – Noções da Teoria de Elasticidade		375
II.1	Variáveis do problema elástico	375
II.2	Relações entre os deslocamentos e as deformações	377
II.3	Relações entre as deformações e as tensões	379
II.4	Equações diferenciais de equilíbrio	385
II.5	Condições de contorno e iniciais	387
Anexo III – Noções de Condução de Calor		389
Notações		391
Glossário		393
Bibliografia		403
Índice Remissivo		407