

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Departamento de Engenharia Civil

Mestrado Integrado em Engenharia Civil

Disciplina: Análise Avançada de Estruturas

5º Ano / 1º Semestre - Opção de Estruturas

Ano Letivo: 2020/2021

Programa

1. Revisões sobre análise de estruturas reticuladas pelo método dos deslocamentos

- 1.1. Transformação linear de coordenadas
 - 1.1.1. Caso geral a 3 dimensões
 - 1.1.2. Adaptação ao caso das barras de treliças tridimensionais
 - 1.1.3. Adaptação ao caso das barras de pórticos tridimensionais
- 1.2. Matriz de rigidez no referencial geral
 - 1.2.1. Barra de treliça tridimensional
 - 1.2.2. Barra de pórtico tridimensional
- 1.3. Assemblagem da matriz de rigidez global
- 1.4. Introdução de condições fronteira
- 1.5. Algoritmo correspondente à análise de uma estrutura pelo método dos deslocamentos
- 1.6. Análise de estruturas reticuladas tridimensionais com base na utilização de um software existente

2. Método dos elementos finitos em problemas unidimensionais

- 2.1. Interpolação Lagrangeana
 - 2.1.1. Determinação das funções de forma de um elemento finito unidimensional com N nós
- 2.2. Formulação sem transformação de coordenadas
 - 2.2.1. Interpolação do campo de deslocamentos
 - 2.2.2. Funções de forma
 - 2.2.3. Formulação matricial da interpolação do campo de deslocamentos
 - 2.2.4. Campo de deformações
 - 2.2.5. Matriz de deformação
 - 2.2.6. Lei de Hooke
 - 2.2.7. Princípio dos trabalhos virtuais

- 2.2.8. Matriz de rigidez
- 2.2.9. Vector das forças nodais equivalentes a uma acção distribuída
- 2.2.10. Aplicação a um elemento finito com dois nós
- 2.3. Formulação com transformação de coordenadas
 - 2.3.1. Jacobiano da transformação
 - 2.3.2. Matriz de deformação
 - 2.3.3. Matriz de rigidez
 - 2.3.4. Vector das forças nodais equivalentes a uma acção distribuída
 - 2.3.5. Aplicação a um elemento finito com três nós
 - 2.3.6. Quadratura de Gauss
 - 2.3.6.1. Dedução das posições dos pontos de Gauss e respectivos pesos
 - 2.3.6.2. Integrais duplos e triplos

3. Método dos elementos finitos em meios contínuos 2D e 3D

- 3.1. Interpolação Lagrangeana a duas dimensões
 - 3.1.1. Determinação das funções de forma de um elemento finito bidimensional com $N \times N$ nós
- 3.2. Estado plano de tensão - formulação sem transformação de coordenadas
 - 3.2.1. Interpolação do campo de deslocamentos
 - 3.2.2. Funções de forma
 - 3.2.3. Formulação matricial da interpolação do campo de deslocamentos
 - 3.2.4. Campo de deformações
 - 3.2.5. Matriz de deformação
 - 3.2.6. Lei de Hooke
 - 3.2.7. Princípio dos trabalhos virtuais
 - 3.2.8. Matriz de rigidez
 - 3.2.9. Aplicação a um elemento finito rectangular com quatro nós
- 3.3. Estado plano de tensão - formulação com transformação de coordenadas
 - 3.3.1. Matriz Jacobiana da transformação
 - 3.3.2. Formulação isoparamétrica
 - 3.3.3. Matriz de deformação
 - 3.3.4. Determinante Jacobiano
 - 3.3.5. Algoritmo para o cálculo da matriz de rigidez de um elemento finito bidimensional recorrendo à quadratura de Gauss
 - 3.3.6. Elementos finitos com espessura variável
 - 3.3.7. Vector das forças nodais equivalentes a diversos tipos de acções
 - 3.3.7.1. Força concentrada no interior de um elemento finito
 - 3.3.7.2. Acção distribuída no bordo de um elemento finito com três nós por bordo
 - 3.3.7.3. Acção gravítica
 - 3.3.7.4. Variação de temperatura
 - 3.3.8. Exemplos de estados planos de tensão
- 3.4. *Software* de elementos finitos na óptica do utilizador
 - 3.4.1. Apresentação de um programa de computador
 - 3.4.2. Casos práticos de análise de estruturas pelo MEF
 - 3.4.3. Modo de utilização do programa
 - 3.4.4. Geração de malhas de elementos finitos
 - 3.4.4.1. Geração baseada no refinamento de macro-elementos

- 3.4.4.2. Geração livre
 - 3.4.4.3. Qualidade da malha tendo em vista a precisão dos resultados
 - 3.4.5. Integração completa e reduzida
 - 3.4.6. Modos espúrios
 - 3.4.7. Apresentação das alternativas disponíveis para a resolução do sistema de equações lineares
 - 3.4.8. Visualização dos dados e dos resultados
- 3.5. Estado plano de deformação
 - 3.5.1. Características
 - 3.5.2. Lei de Hooke
 - 3.5.3. Matriz de rigidez de um elemento finito bidimensional
 - 3.5.4. Exemplos de estados planos de deformação
- 3.6. Estado axissimétrico
 - 3.6.1. Características
 - 3.6.2. Deformação circunferencial
 - 3.6.3. Matriz de rigidez de um elemento finito bidimensional
 - 3.6.4. Exemplos de estados axissimétricos
- 3.7. Determinação das funções de forma de um elemento finito bidimensional com N nós arbitrariamente dispostos
 - 3.7.1. Triângulo de Pascal
 - 3.7.2. Elementos finitos bidimensionais da família Lagrangeana
 - 3.7.3. Elementos finitos bidimensionais da família *Serendipity*
- 3.8. Elementos finitos para sólidos tridimensionais
 - 3.8.1. Interpolação Lagrangeana
 - 3.8.2. Matriz Jacobiana
 - 3.8.3. Lei de Hooke
 - 3.8.4. Matriz de rigidez de um elemento finito tridimensional
 - 3.8.5. Elementos finitos tridimensionais da família *Serendipity*
 - 3.8.6. Exemplos de problemas tridimensionais

4. Método dos elementos finitos em problemas com flexão

- 4.1. Barras prismáticas
 - 4.1.1. Revisões sobre a teoria das barras à flexão
 - 4.1.2. Formulação de Euler-Bernoulli
 - 4.1.2.1. Transformação de coordenadas
 - 4.1.2.2. Interpolação Hermitiana
 - 4.1.2.3. Matriz de rigidez de um elemento finito com dois nós
 - 4.1.2.4. Acções nodais equivalentes a uma carga distribuída
 - 4.1.3. Formulação de Timoshenko
 - 4.1.3.1. Interpolação separada do campo de deslocamentos e do campo de rotações
 - 4.1.3.2. Matriz de rigidez de um elemento finito com dois nós

5. Introdução à análise não linear de estruturas

- 5.1. Conceitos fundamentais
 - 5.1.1. Comportamento não linear dos materiais
 - 5.1.2. Rótulas plásticas
 - 5.1.3. Linhas de rotura

- 5.1.4. Superfície de cedência
 - 5.1.5. Critério de rotura
 - 5.1.6. Algoritmos de análise não linear
 - 5.2. Aplicações
 - 5.2.1. Estruturas reticuladas – rótulas plásticas
 - 5.2.2. Paredes – plastificação e fissuração em meios bidimensionais
 - 5.2.3. Lajes – linhas de rotura
-