

Modelos numéricos para a análise mecânica de corpos deformáveis utilizando o Método dos Elementos Finitos e elementos isoparamétricos de alta ordem

Antonio Rodrigues Neto¹, Edson Denner Leonel².

1. Estudante de IC da Escola de Engenharia de São Carlos, EESC - USP; *antonio.rodrigues.neto@usp.br

2. Professor Doutor do Departamento de Engenharia de Estruturas, EESC - USP, São Carlos/SP.

Palavras Chave: *Método dos Elementos Finitos, Elementos Isoparamétricos, Alta Ordem.*

Introdução

No projeto de uma estrutura, a análise mecânica é de enorme importância: a busca por um modelo matemático que possa prever custos, geometria, esforços, quantidade de material e muitos outros parâmetros é vital para a correta previsão sobre o funcionamento da manufatura projetada. Buscando tais resultados, primeiramente se pensa na solução analítica, que é, muito limitada e pouco robusta. Portanto, métodos numéricos se mostram tão importantes, dentre eles o Método dos Elementos Finitos (MEF).

Apoiado nessas necessidades, o projeto de pesquisa a ser apresentado consiste no desenvolvimento de modelos numéricos baseados no MEF para análise de estruturas (corpos deformáveis) utilizando-se elementos isoparamétricos de primeira e segunda ordem, para casos planos e tridimensionais. Com base na geometria da estrutura e nas condições de contorno são encontrados os deslocamentos nodais e as tensões atuantes ao longo do corpo.

Resultados e Discussão

A execução do método consiste, simplificada, na resolução de um sistema linear para encontrar os deslocamentos nodais. O ponto crucial é o cálculo da matriz de rigidez de cada elemento, que, para o tipo treliça se obtém a partir de uma fórmula fechada e para os demais tipos, a partir de uma integração numérica de Gauss. Com isso, a função “espalhamento” é utilizada para montar a matriz de rigidez global da estrutura. A resolução do sistema linear encontra então os deslocamentos nodais, que são utilizados para calcular as tensões atuantes na estrutura. Resultados dos diferentes tipos de elementos isoparamétricos utilizados: linear e quadrático, ambos feitos para os casos bidimensional e tridimensional são comparados com resultados do software ANSYS.

Os códigos para cada tipo de elemento foram desenvolvidos, todos realizam o método por completo: desde o cálculo da matriz de rigidez até o cálculo das tensões. Exemplos de validação foram executados, provando assim que o método foi implementado corretamente e então exemplos mais complexos foram resolvidos e seus resultados comparados com os do software ANSYS. Um exemplo tridimensional com uma geometria complexa foi inserido como demonstração (figura 1), tal geometria não permite uma solução analítica.

Para o exemplo em questão, foi utilizada uma malha com 52 elementos, e os códigos com elementos isoparamétricos tridimensionais linear e quadrático foram utilizados para obter a resposta de deslocamentos. Tal

resposta foi comparada com a solução do ANSYS (figura 2).

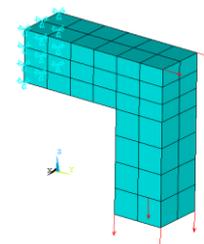


Figura 1. Estrutura analisada no exemplo.

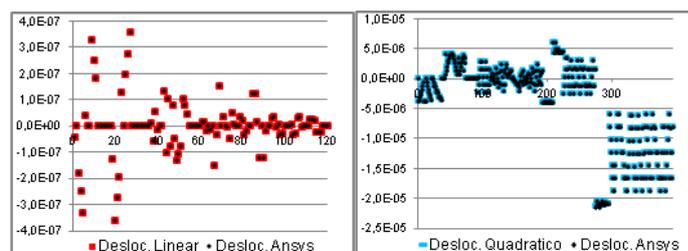


Figura 2. Comparação de resultados de deslocamentos.

Conclusões

Com o estudo dos exemplos, foi possível constatar que resultados obtidos são bastante coerentes com os resultados esperados (a partir de uma análise analítica) e com os resultados obtidos pelo software ANSYS. A figura 2 representa bem o que aconteceu em todos os exemplos: resultados com valores praticamente iguais. Portanto pode-se dizer que os objetivos do projeto foram alcançados, adquirindo conhecimentos sobre os diferentes tipos de elementos isoparamétricos. Vale também destacar a importância do projeto para formação acadêmica do aluno, trazendo conhecimento do método e experiência na área da engenharia.

Agradecimentos

Ao CNPq (800377/2013-3) e ao Departamento de Engenharia de Estruturas pelo suporte para o desenvolvimento do projeto.

- ZIENKIEWICZ, O.C.; TAYLOR, R.L. (2000). *The finite element method*. Oxford: Butterworth-Heinemann, Boston.
- W. WEAVER, JR.; JOHNSTON, P.R. (1984). *Finite Elements for Structural Analysis*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- PITANGUEIRA, R. (2003). *Introdução ao Método dos Elementos Finitos: Notas de aula do Curso Teoria das Estruturas III*. Escola de Engenharia, UFMG.
- SORIANO, H. L. (2003). *Método de Elementos Finitos em Análise de Estruturas*. 1. ed. São Paulo: Edusp - Editora da Universidade de São Paulo.
- HIBBELER, R.C. (2012). *Resistência dos Materiais*. 8ª ed. PEARSON.