

ELEMENTOS FINITOS PARA A ANÁLISE DE ESTRUTURAS AXISSIMÉTRICAS EM GERAL – MODELO PARA VASOS ESFÉRICOS

Aluno: Julio Ribeiro Coutinho
Orientador: Carlos Alberto de Almeida

Introdução

A análise por elementos finitos é hoje uma ferramenta de representação numérica que dispõe o engenheiro/cientista para projetar, construir e verificar o comportamento de estruturas nas suas mais variadas formas e condições de solicitação.

É uma necessidade perene o desenvolvimento/aprimoramento desta técnica objetivando viabilizar modelos confiáveis, adequados às mais diferentes faixas de parâmetros, para certas classes de geometrias. Desta forma, propõe-se com este projeto desenvolver um modelo para a análise de cascas axissimétricas em geral submetidas à carregamentos de pressão ou concentrados, representativos das ocorrências em vasos de pressão, reservatórios, tanques, etc.

O modelo proposto neste trabalho contempla uma fácil adaptação da malha de discretização, permitindo um maior refinamento nas regiões de maior intensidade da variação dos deslocamentos e das tensões e, portanto, reduzindo o esforço computacional envolvido. Os resultados das análises numéricas consideradas neste projeto permitirão verificar-se a consistência entre as soluções obtidas e as similares analíticas, disponíveis na literatura. Nos casos mais complexos de solução a comparação se faz com as soluções fornecidas por outros modelos numéricos como, por exemplo, por outros programas comerciais.

Objetivos

Considera-se o comportamento de cascas axissimétricas finas ou espessas sob carregamentos de pressão - interna e externa - e sob forças concentradas - axial e radial - nas diversas condições de contorno, empregando-se a representação por elementos finitos.

O estudo tem como principal objetivo apresentar uma solução eficiente do ponto de vista computacional, utilizando-se uma discretização ajustável às características de solução do problema, sem que haja a necessidade do emprego de hipóteses simplificadoras devidas à imposição de condições de contorno referentes ao estado de tensão nas paredes da casca.

Metodologia

A escolha do método dos elementos finitos para a construção e análise do modelo numérico do contínuo considerado consiste em discretizá-lo através da aproximação por funções de forma. No caso do presente estudo por ser o domínio o de um sólido axissimétrico consideram-se as coordenadas radial e longitudinal.

Desta forma, na divisão do domínio em sub-domínios - elementos – considerou-se estes dispostos unidimensionalmente com as duas variáveis de estado representativas dos deslocamentos longitudinal e radial. O deslocamento longitudinal é descrito por uma função cúbica resultante da adição de campos de deslocamentos associados aos pontos nodais, com coordenadas locais definidas a partir da superfície média do domínio. E, o radial é obtido à partir da superposição de soluções analíticas para cilindros e esferas de paredes finas e/ou espessas quando submetidas à pressão interna ou externa.

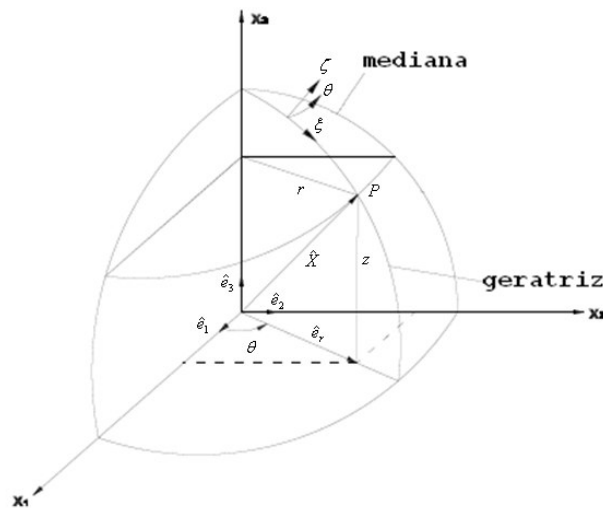


Figura 1 – Sistema coordenado utilizado no modelo

Da verificação do Princípio dos Trabalhos Virtuais, considerada a cinemática do estado plano de deformação associado, são estabelecidas as condições de equilíbrio. Por simplicidade na integração espacial das equações considera-se no presente estudo o volume do sólido contido no arco correspondente ao ângulo central igual a 1 rad, tomado no centro da esfera, para cada comprimento de elemento.

Definida a discretização por uma determinada quantidade de elementos com 4 pontos nodais na direção longitudinal, obtém-se um elemento com 24 graus de liberdade. Para garantir as condições de compatibilidade entre os deslocamentos em elementos adjacentes e também na imposição de condições de contorno de fixação o Método das Penalidades é empregado. Este garante a verificação condição na própria equação de equilíbrio desde que valores apropriados dos fatores de penalidade sejam empregados, resultado que deve ser obtido através da experimentação numérica.

O modelo foi implementado em um programa de computador especialmente desenvolvido para a análise de estruturas axissimétricas em geral utilizando-se a linguagem C, que permite obter as medidas de deformação, de tensões e dos deslocamentos associados a cada ponto no domínio do elemento esférico.

Conclusões

O presente modelo foi implementado em um programa de análise de estruturas axissimétricas por elementos finitos, em que o sistema linear de equações resultante é resolvido empregando-se a técnica de escalonamento da matriz dos coeficientes – método da eliminação de Gauss. No presente estágio de desenvolvimento do projeto a matriz de rigidez e o vetor das forças externas estão sendo numericamente obtidos mas esta implementação ainda carece de verificação, o que está-se processando no momento.