

6

Conclusões, Dificuldades Encontradas e Trabalhos Futuros

6.1

Conclusões

- Para a modelagem tridimensional da dinâmica de estruturas esbeltas a teoria de Cosserat foi proposta.
- A modelagem leva em conta a exata relação cinemática não linear e são considerados os efeitos das deformações de torção, axial e de flexão.
- São escolhidas como funções de deslocamento as soluções aproximadas das equações de equilíbrio estático. Essas funções de deslocamento estão em função dos deslocamentos e das rotações nodais.
- Usando o princípio de Hamilton, as equações do movimento para um elemento de viga, denominada viga de Cosserat, foram obtidas. A viga de Cosserat possui rotação própria. Consequentemente, os efeitos giroscópicos são levados em conta.
- A solução da dinâmica de vários sistemas mecânicos foi encontrada, numérica e experimentalmente, entre elas: a dinâmica de uma viga fina com vibroimpacto e a dinâmica de uma haste de silicone confinada em um tubo curvo.
- Como aplicação da performance da técnica usando a viga de Cosserat, uma coluna de perfuração curva, simplificada, foi simulada numericamente.
- Os resultados numéricos revelam que a dinâmica da coluna depende fortemente do coeficiente de atrito e da folga radial.

6.2

Dificuldades Encontradas no Desenvolvimento do Trabalho

O objetivo da tese foi o estudo da dinâmica de colunas de perfuração curvas. O estudo de estruturas curvas implica no uso de elementos intrinsecamente curvos, ou seja, elementos de viga curvos. Achar as funções de deslocamentos de uma viga curva (que possui torção e curvatura), usando o método de perturbação, foi difícil e infelizmente não foi desenvolvido neste trabalho. Por algum motivo, ainda desconhecido, o programa empregado para a solução simbólica, Maple, só consegue resolver a equação de equilíbrio estático quando o elemento é inicialmente reto. Sendo assim, a alternativa usada foi considerar que a coluna de perfuração curva está constituída por elementos de viga, inicialmente retas. Na literatura, existe um trabalho recente muito interessante, realizado por Shömer [63], para a modelagem estática de estruturas finas. Nesse trabalho, ele consegue resolver a deformação estática de uma viga curva, considerando torção e curvatura inicial; mas, na parametrização das rotações ele usa quaternions [51] ao invés de rotações consecutivas. Contudo, é necessário ressaltar que o sistema estudado por Shömer é um problema estático e isto torna o problema menos difícil.

A viga de Cosserat desenvolvida neste trabalho fornece a dinâmica dela no espaço considerando as não linearidades geométricas, os efeitos giroscópicos devidos à rotação própria e, além disso, a viga pode impactar. No entanto, como o foco de estudo do presente trabalho é uma coluna de perfuração, que está contida numa superfície, o movimento da coluna está restrito a pequenos deslocamentos, entretanto, se a coluna não está confinada, ela pode realizar grandes deslocamentos. Existem vários trabalhos muito interessantes, especialmente cita-se os trabalhos de Simo e Vu-Quoc [14, 15, 17], que tratam de grandes rotações e grandes deslocamentos de sistemas flexíveis no espaço.

No exemplo numérico e experimental da viga curva rotativa, usou-se uma haste de silicone. A haste de silicone não é um material usual para experimentação na área de vibrações ou dinâmica. Conseqüentemente, suas propriedades mecânicas e de contato são quase um segredo. Para contornar esse problema, foi necessário realizar alguns testes experimentais e valer-se de resultados obtidos por pesquisadores de outras áreas.

Outra dificuldade encontrada, no capítulo 5, está relacionada com as forças que atuam na coluna de perfuração. Infelizmente existe pouca, por não dizer nenhuma, literatura disponível relacionada com colunas de

perfuração curvas. Mas isso foi contornado usando as forças que atuam nas colunas de perfuração vertical.

6.3

Trabalhos Futuros

Na área de estruturas flexíveis esbeltas existe muita coisa para ser realizada. Poder-se-ia começar resolvendo aqueles problemas citados no item anterior. Por outro lado existem outros temas que poderiam ser abordados, por exemplo:

- Realizar simulações numéricas da viga desconsiderando o tubo. Esse seria o caso de grandes deslocamentos/rotações.
- Usar algum método para achar a dinâmica reduzida do sistema, p. ex. Redução de Karhunen-Loève.
- Usar a teoria de controle para diminuir as vibrações que são prejudiciais na coluna de perfuração.
- Além disso, a partir da viga de Cosserat desenvolvida é possível estudar a dinâmica de MEMS [52], a dinâmica de nanotubos de carbono [61]. Da mesma forma, usando o contínuo de Cosserat unidimensional pode-se estudar estruturas de DNA [53], o comportamento dinâmico do movimento flagelar de bactérias [42] e inclusive estudar o movimento caótico de mangueiras flexíveis que conduzem água sob pressão, esse seria um problema do tipo interação fluido-estrutura [24].