

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES.

6.1. Conclusões.

Nesta dissertação apresenta-se uma formulação para análise dinâmica não linear de arcos abatidos com apoios elásticos, configuração bastante usual em engenharia estrutural. Apresenta-se também uma metodologia para gerar campos de deslocamentos consistentes que satisfazem as condições de contorno e simetria do problema. Com isto pode-se deduzir modelos de ordem reduzida, essenciais à análise dinâmica não linear.

Os resultados da análise de estabilidade estática mostram que a relação entre vão e altura do arco, expressa pelo parâmetro λ , e a rigidez dos apoios elásticos, expressa pelo parâmetro α , têm grande influência na carga crítica e no tipo de instabilidade (bifurcação ou ponto limite). Para arcos abatidos e com rigidez dos apoios relativamente baixa, o caminho de equilíbrio é altamente não linear com a existência de dois pontos limites onde o arco inverte a concavidade. Durante o salto dinâmico ocorrem picos de tensões e deformações que podem causar dano e até mesmo o colapso da estrutura.

Os perfis de energia potencial do sistema mostram que, à medida que o carregamento cresce, o vale potencial referente à posição de equilíbrio estável pré-crítico decresce de forma não linear e a estrutura perde gradativamente a capacidade de suportar perturbações iniciais sem que haja perda de estabilidade. Assim, mesmo para cargas bem inferiores à crítica, a estrutura pode perder a estabilidade em função de perturbações causadas, por exemplo, por cargas ambientais como o vento ou terremotos.

Mostra-se, comparando-se com a solução analítica, que o método de Ritz pode ser usado de forma eficaz para se deduzir modelos de ordem reduzida consistentes para esta classe de estruturas. Quando λ aumenta, a diferença entre o método analítico e o presente modelo com um grau de liberdade aumenta,

indicando a necessidade de modelos com um maior número de graus de liberdade para obtenção de resultados qualitativamente confiáveis.

A análise dinâmica através dos diagramas de bifurcação e bacias de atração mostra a ocorrência de diversas bifurcações e ressonâncias, o que leva a possibilidade de várias soluções coexistentes e de saltos dinâmicos entre estas soluções. Verifica-se a presença tanto de soluções periódicas quanto caóticas. A presença de dois vales potenciais para certos níveis de carregamento aumenta a complexidade do comportamento dinâmico, e indica a necessidade de uma análise paramétrica detalhada para se entender o comportamento e avaliar o grau de segurança da estrutura submetida a cargas dinâmicas. Verifica-se que o pré-carregamento estático desempenha um papel fundamental neste tipo de problema em virtude da diminuição da rigidez efetiva ao longo do caminho não linear de equilíbrio, chegando a zero no ponto limite.

Finalmente, mostra-se que em estruturas abatidas o comportamento dinâmico não linear é bastante complexo e que devem ser considerados por engenheiros projetistas, visto que estes podem conduzir a estrutura a comportamentos indesejáveis e, até mesmo, perigosos.

6.2. Sugestões para trabalhos futuros.

- Desenvolver um modelo multidimensional, com base no método de Ritz, que possa descrever com precisão tanto o comportamento simétrico quanto o assimétrico de arcos abatidos, com base na formulação desenvolvida neste trabalho.
- Estudar o efeito de imperfeições iniciais e cargas assimétricas, como aquelas geradas por vento, no comportamento não linear do arco.
- Estudar em profundidade o comportamento não linear destas estruturas, em particular os modos não lineares de vibração e a integridade dinâmica das soluções com base na evolução das bacias de atração.
- Estudar o fenômeno de “pull in” em arcos abatidos com apoios elásticos sob cargas eletromagnéticas.

- Estudar este problema usando formulações não lineares de elementos finitos e geometrias mais complexas de arcos atirantados usados em pontes e coberturas de grandes vãos, incluindo a presença de montantes.