PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO

Walter Menezes Guimarães Júnior

Flambagem de Estruturas Viscoelásticas

Tese de Doutorado

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da PUC-Rio. Área de Concentração: Estruturas.

Orientador: Raul Rosas e Silva

Rio de Janeiro, 28 de abril de 2006

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Walter Menezes Guimarães Júnior

Flambagem de Estruturas Viscoelásticas

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Raul Rosas e Silva
Orientador
Departamento de Engenharia Civil - PUC-Rio

Prof[a]. Deane de Mesquita Roehl
Departamento de Engenharia Civil – PUC-Rio

Prof. Paulo Batista Gonçalves
Departamento de Engenharia Civil – PUC-Rio

Prof. Pedro Colmar Gonçalves da Silva Vellasco
UERJ

Prof. Luiz Eloy Vaz
UFRJ

Prof. José Eugênio Leal
Coordenador Setorial
do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 28 de abril de 2006

Walter Menezes Guimarães Júnior

Graduou-se em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Bahia. Obteve o grau de Mestre em Engenharia Civil pela PUC-Rio.

Ficha catalográfica

Guimarães Júnior, Walter Menezes

Flambagem de Estruturas Viscoelásticas / Walter Menezes Guimarães Júnior; orientador: Raul Rosas e Silva. Rio de Janeiro: PUC-Rio, Departamento de Engenharia Civil, 2006.

v., 114 f.: il. ;29,7 cm

Tese (doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil.

Inclui referências bibliográficas.

1. Engenharia Civil – Teses. 2. Instabilidade. 3. Viscoelasticidade. 4. Elementos finitos. I. Silva, Raul Rosas e. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Civil. III. Título.

CDD: 624

Agradecimentos

Ao meu orientador professor Raul Rosas, pelo apoio e estímulo.

Ao CNPq e à PUC-Rio, pelos auxílios concedidos.

Aos professores participantes da Banca Examinadora e ao professor Creus.

Aos funcionários do DEC.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a finalização deste trabalho.

Resumo

Guimarães, Walter Menezes; Silva, Raul Rosas e (Orientador). **Flambagem de Estruturas Viscoelásticas**. Rio de Janeiro, 2006. 114p. Tese de Doutorado - Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Este trabalho apresenta um modelo computacional aplicável à análise de sistemas estruturais viscoelásticos submetidos a grandes deslocamentos, com particular atenção ao fenômeno da instabilidade. A discretização dos modelos é obtida através de elementos finitos isoparamétricos bidimensionais que podem ser empregados na análise de colunas, pórticos, arcos e cascas axissimétricas. A estabilidade elástica do sistema é verificada ao longo de trajetórias de equilíbrio definidas no espaço carga-deslocamentos, onde a ocorrência de pontos de bifurcação ou de pontos-limite é indicada através da troca de sinal do pivô da matriz de rigidez tangente. A inclusão de um modelo viscoelástico linear para o material possibilita a avaliação do efeito do tempo de carregamento sobre a carga de flambagem da estrutura. O mecanismo de instabilidade correspondente à flambagem viscoelástica envolve duas variáveis básicas: a magnitude da carga (carga crítica) e a duração da carga (tempo crítico). Os exemplos apresentados ilustram esses conceitos e fornecem resultados interessantes a respeito dos efeitos da viscoelasticidade sobre a flambagem em diferentes sistemas estruturais.

Palavras-chave

Instabilidade; viscoelasticidade; elementos finitos.

Abstract

Guimarães, Walter Menezes; Silva, Raul Rosas e (Advisor). **Buckling of Viscoelastic Structures**. Rio de Janeiro, 2006. 114p. D.Sc. Thesis - Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This thesis presents a computational model for the analysis of viscoelastic structures undergoing large displacements, with particular attention to unstable phenomena. The discrete model utilizes two-dimensional isoparametric finite elements in the analysis of columns, frames, arches and axially symmetric shells. The elastic stability of the system is verified along the equilibrium paths in the multidimensional load-displacements space, with bifurcation or limit points indicated by sign changes of the pivot of the tangent stiffness at every incremental step. A linear viscoelastic model for the material is included, allowing for the consideration of the effect of loading time on the buckling load for the structure. Thus, the mechanism leading to loss of stability, corresponding to viscoelastic buckling, involves two basic variables: load magnitude and duration of the load, designated as critical load and critical time. The examples presented herein enlighten such concepts and provide interesting results about viscoelastic effects on buckling of different structural systems.

Keywords

Instability; viscoelasticity; finite elements.

Sumário

Lista de figuras