

Resumo

A presente tese tem como objectivo principal o desenvolvimento de métodos numéricos para a análise e optimização de estruturas do tipo placa e casca.

Faz-se a análise e implementação de várias variantes de elementos degenerados com deformação assumida. Os elementos permitem a análise de rotações e deslocamentos finitos, recorrendo-se a uma formulação Lagrangeana total.

Descreve-se a implementação de vários procedimentos de análise estrutural. Apresentam-se procedimentos de análise linear e não-linear em regime estático e em regime dinâmico. Para o caso dinâmico não-linear recorre-se a um método baseado na informação modal.

Com o objectivo de realizar optimização de forma, apresenta-se um gerador de malhas em cascas, que permite o cálculo analítico das sensibilidades das coordenadas nodais e dos vectores normais à superfície média da casca.

Na análise de sensibilidades, recorre-se à derivação analítica das matrizes elementares de rigidez e massa e do vector de forças externas. Para o vector de forças internas, recorre-se a um método híbrido analítico/semi-analítico. A análise de sensibilidades é efectuada para problemas lineares estáticos e dinâmicos, mas também para problemas não-lineares. Em problemas estáticos lineares usa-se o método da variável adjunta, enquanto que em problemas não lineares e em problemas dinâmicos utiliza-se o método da diferenciação directa.

Por fim, analisa-se um método de programação não-linear e apresentam-se algumas técnicas de melhoria desse método.

Mostram-se alguns exemplos das análises realizadas, apresentados sob a forma de representações de campos escalares e sob a forma de gráficos.

Abstract

This thesis main goal is the development of numerical methods applied to the analysis and optimization of Plate and Shell structures.

Various degenerate elements with improved strain fields are analysed and implemented. These elements allow the treatment of large rotations and displacements, under a total Lagrangean formulation.

The numerical implementation of several structural analysis procedures is also carried out. The procedures' purpose is to evaluate the plate and shell response for the linear and non-linear cases and in static and dynamic regimes. In non-linear dynamics a modal based method is used.

With the intent of optimizing the shape, a surface mesh generator is presented, which allows the analytical determination of the nodal coordinates and normal vectors' sensitivity.

In the sensitivity analysis, the analytical differentiation of the elementar matrices is discussed and carried out. For the internal forces vector, a hybrid analytical/semianalytical method is used. The sensitivity analysis is possible for linear statics and dynamics problems, but also for non-linear problems. The adjoint variable method is implemented to deal with linear-statics problems and the direct differentiation method to treat dynamics and non-linear problems.

Finally, a mathematical programming algorithm is inspected and a few improving techniques are presented.

Some numerical example problems are presented, related to the implemented analysis techniques.