

Resumo

Neste trabalho de investigação desenvolvem-se várias teorias de deformação de corte na análise por elementos finitos de cascas laminadas compósitas ou sandwich.

Compara-se o seu desempenho em diversas situações não lineares estáticas. Em particular compara-se o comportamento destas teorias na análise de estruturas compostas de materiais compósitos de matriz polimérica, estruturas sandwich com núcleos poliméricos ou ninhos de abelha, laminados de borracha reforçada e laminados sandwich borracha-compósito.

Analisa-se, com base nas hipóteses cinemáticas de 1ª e 3ª ordens a resistência de resinas reforçadas com fibras, com base em modelos materiais independentes para a matriz e para os reforços.

É ainda avaliado o desempenho relativo das teorias de deformação propostas na análise de estruturas de betão reforçadas com laminados compósitos.

Realiza-se neste trabalho a análise linear de estruturas tipo casca laminada compósita ou sandwich através da discretização por elementos finitos de casca espessa. Aplicam-se as teorias de deformação de corte mencionadas e é realizada a comparação da sua resposta em alguns exemplos de laminados compósitos e sandwich.

Realiza-se também a análise não linear geométrica destas estruturas com base numa formulação lagrangiana total e em suposições de Von Kármán.

Realiza-se ainda a análise inelástica de laminados compósitos e sandwich, tendo em conta a aplicação de diversas teorias de deformação de corte e a aplicação de uma regra de fluxo associativa.

Estuda-se o comportamento de estruturas sandwich, através da utilização de elementos finitos tridimensionais. É apresentado um estudo de estruturas sandwich com ninhos de abelha.

Analisa-se também o comportamento de cascas laminadas sandwich, cujo núcleo é composto de borracha e cujas peles são genericamente elásticas ou elasto-plásticas ortotrópicas.

São ainda formulados os elementos de placa e viga laminada compósita e sandwich, através das teorias de deformação de 1ª e 3ª ordens e layerwise. Estes elementos são variações simples dos elementos de casca implementados anteriormente.

Realiza-se a análise à rotura de cascas laminadas aplicando critérios de rotura e modelos degradativos das características elásticas do material dessa camada. Realiza-se ainda uma análise não linear pós-rotura de laminados resina-fibra, considerando o comportamento de cada fase material em separado. Na resina são distinguidos os comportamentos à tracção e à compressão, enquanto que nas fibras se considera genericamente um comportamento elástico até à rotura ou um comportamento elasto-plástico (fibras termoplásticas). Para as resinas termoplásticas considera-se um comportamento elasto-plástico em tracção e compressão.

Estudam-se, finalmente, os laminados de betão reforçados com camadas de compósito nas faces sujeitas predominantemente à tracção. Pretende-se averiguar do efeito reforçador dos materiais compósitos.

Abstract

In this work several shear deformation theories were developed and discussed for the analysis of sandwich and composite laminated shells by finite elements.

Their performance is compared in the analysis of polymer-matrix composite structures, sandwich structures with polymeric or honeycomb cores, fiber-reinforced rubber and rubber core-composite skin sandwich structures.

It is also analysed the strength of fiber-reinforced resins, based on the 1st and 3rd order kinematic approaches, and on a bi-phase material approach.

It is as well analysed the performance of such theories on concrete structures reinforced with composite materials. In this work, the linear, geometric and material non-linear analysis are performed, through the discretization on thick shell finite elements. Tridimensional finite elements are also used on the analysis of thick sandwich structures, particularly with honeycomb cores.

The finite element formulation of composite and sandwich laminated plates and beams is performed, based on the 1st and 3rd order and layerwise theories. The strength analysis of composite material structures is performed, based on failure criteria and properties degradation.

The analysis of fiber-reinforced resins is performed with a bi-phase material model, where the resin has different traction and compression behaviour (elastic and elasto-plastic). The thermoplastic resins are supposed to behave elasto-perfectly plastic both in traction and in compression.

The concrete structures are reinforced in the traction side with unidirectional composites. It is investigated the reinforcing effect of composites in these structures.