

VIII ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA
UBERLÂNDIA – JULHO DE 2002

TEORIA DA FRATURA APLICADA À MADEIRA

Takashi Yojo (yojos@ipt.br),

Divisão de Produtos Florestais - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

RESUMO: A teoria da fratura estuda o fenômeno do colapso do material em decorrência da propagação da trinca a partir de ponto de singularidade como canto vivo, furo e fenda. Esta instabilidade da trinca submetida a esforços de tração pode ser calculada induzindo-se uma trinca infinitesimal no ponto de singularidade e calculando a redistribuição da energia de deformação sob tensão nominal fixa. O ponto de instabilidade depende do nível de tensão do material, comprimento inicial da fratura e à direção das fibras em relação ao esforço. Portanto, a instabilidade de propagação da fratura está associada ao valor crítico da taxa de liberação da energia de deformação provocada por esse incremento de fratura. A resistência a fratura pode ser expressa por meio da taxa de liberação da energia de deformação crítica (G_c) ou por fator de intensificação de tensões crítico (K_{Ic}). Três modos de fratura podem ser possíveis e são denominados por tipos I, II e III, vide PORTER (1964). Neste trabalho serão apresentados os conceitos básicos relacionados à teoria da fratura com o propósito de aplicar às peças de madeira submetidas às concentrações de tensões. Estes parâmetros de resistência baseados em taxas de liberação da energia de deformação ou fatores de intensificação de tensões críticos representa um novo conceito na avaliação da resistência. Este modelo pode ser considerado como um avanço nos modelos baseados em critério de limitação de tensão ou deformação como o limite de resistência do material. Os dois parâmetros de resistência à fratura podem ser avaliados a partir das metodologias apresentadas neste trabalho.

Palavras-chave: madeira, fratura, taxa de liberação de energia de deformação, fator de intensificação de tensões

THEORY OF FRACTURE APPLIED TO WOOD

ABSTRACT: The fracture theory studies the failure of material due to crack propagation originated from singularity tip as sharp corner, hole and crack opening. This instability can be calculated by incrementing an infinitesimal crack in the opening and studying the way the released strain energy is rearranged under applied stress. The critical condition depends on the level of stress, the length of crack and the plane of fracture. Therefore, the initiation of fracture phenomenon is associated to the critical strain-energy release rate associated to the crack opening of given fracture plane. The strength to fracture can be expressed by the critical strain-energy release rate (G_c) or critical stress intensity factor (K_{Ic}), which is another way to express fracture. Three modes of fracture are possible and they are denoted types I, II and III, see PORTER (1964). In this paper will be presented the basic concepts of theory of fracture aiming to apply to wood subjected to stress concentration. The parameters of strength based on critical strain-energy release rate or critical stress intensity factor (fracture toughness) will give a new input to improve the evaluation of failure of material. This approach can be considered as an advance in the former models based only on limiting stress and deformation criteria which is unable to explain failures in structure even under low level of stress due to presence of singularity. The fracture parameters can be evaluated by the methodologies presented in this paper.

Keywords: wood, fracture, strain-energy release rate, stress intensity factor

1. INTRODUÇÃO

Para material não madeira, há uma rica literatura sobre o mecanismo de desenvolvimento da fratura. De muitos critérios de ruptura que tem sido sugeridos para se prever resistência, a teoria mais freqüentemente mencionada é a de que a ruptura ocorrerá quando algum valor crítico da função de tensão ou deformação é excedida. Para materiais isotrópicos e elásticos, como a maioria dos metais, a determinação das tensões ou deformações críticas não é difícil e estes dois parâmetros são relacionadas facilmente. Para madeira, entretanto, com sua natureza heterogênea, ortotrópica e viscoelástica, a determinação do campo de tensão e deformação no material não é fácil, assim como a relação tensão-deformação. É por essa razão que a teoria da fratura, que originou com GRIFFITH (1920), tem uma conceituação simples, porém bastante elucidativa, permanece tão atual. Fundamentalmente, GRIFFITH (1920) contribuiu com duas idéias. A primeira destas é sua postulação de que todo material real contém vazios que atuam para concentrar a tensão em regiões particulares. A segunda contribuição é a existência de equilíbrio entre a energia de deformação elástica (U_e) e a energia de superfície (T) quando uma trinca estende num corpo frágil. A energia de deformação elástica é resultante do trabalho realizado por tensões, enquanto a energia de superfície é devido às ligações não conectadas dos átomos da superfície, que não possuem vizinhos numa direção. GRIFFITH (1920) expressou sua teoria clássica de fratura afirmando que a trinca se propaga automaticamente quando a taxa de liberação da energia de deformação supera a taxa de aumento da energia de superfície da trinca. Usando tubos de vidro contendo trincas de vários comprimentos, GRIFFITH (1920) foi capaz de relacionar a energia elástica liberada à tração superficial da nova superfície de vidro.

A resistência do material à fratura pode ser expressa por meio da taxa de liberação da energia de deformação (G_c) ou por fator de intensificação de tensões crítico (K_{IC}). Três modos de fratura podem ser possíveis e são denominados por tipos I, II e III, figura 1.

A aplicação desta teoria em estruturas de madeira concentra-se nas ligações de madeira, onde a concentração de tensões favorece fratura no plano mais fraco, pois a madeira é um material com comportamento ortotrópico tanto elasticamente como no modo de ruptura. Em termos comparativos a resistência à tração paralela às fibras é cerca de 30 vezes a da tração normal às fibras, vide tabelas 4.3a e 4.7 do WOOD HANDBOOK (1999). O tipo de ruptura da madeira submetida à tração pode ser classificada do tipo frágil, portanto, pode causar situações catastróficas, principalmente em casos de propagação de trincas originadas por tração. Para garantir uma margem de segurança contra a propagação de trincas é necessário desenvolver métodos para calcular as condições de carregamento consistentes com os parâmetros críticos da teoria da fratura. Para proceder os cálculos necessários são necessários desenvolver um modelo adequado para calcular a situação crítica e conhecer os parâmetros críticos do material

A análise e caracterização dos parâmetros de resistência relacionados à fratura do material é fundamental para o cálculo do colapso da estrutura.. A análise com a utilização dos métodos dos elementos finitos é apresentada em ZIENKIEWICZ (1977), onde é necessário desenvolver elementos e malhas adaptadas para incorporar as singularidades.

A discussão detalhada sobre os procedimentos para a aplicação da teoria da fratura visando a determinação dos parâmetros básicos pode ser encontrada em AMERICAN SOCIETY FOR