

CONSIDERAÇÕES SOBRE AS TEORIAS DOS DANOS CUMULATIVOS LINEARES – EFEITO DA INTENSIDADE E DURAÇÃO DO CARREGAMENTO NA RESISTÊNCIA RESIDUAL DA MADEIRA

Takashi Yojo e Nilson Franco

RESUMO: Neste trabalho são feitas considerações sobre as teorias dos danos cumulativos lineares, enfocando o efeito da intensidade e duração do carregamento na resistência residual da madeira. O modelo aqui considerado utiliza a variável tempo de vida do elemento estrutural para cada nível de solicitação, avaliado pela teoria de Reiner-Weisenberg modificada por Bach (1973). A relação entre a resistência residual e o tempo de vida foi baseada na teoria proposta por Gerhards (1979). Na primeira etapa foi analisado o mecanismo de ruptura relacionando o tempo de vida para diferentes modos de carregamento tais como: tensão constante, deformação constante, tensão pulsante com onda quadrada, vibração e tensão crescente. A avaliação do tempo de vida foi baseada no critério de máxima deformação elástica e visco-elástica da madeira, compatibilizando-se com exemplos clássicos de variação de umidade e temperatura durante o carregamento. Na segunda etapa foi introduzida a avaliação da resistência residual resultante de diversos carregamentos com intensidades e durações quaisquer. A formulação foi baseada no modelo semi logarítmico relacionando essas variáveis. Finalmente, foi realizada uma análise sobre o efeito de uma prova de carga numa estrutura com resistência desconhecida, onde se constatou que em circunstâncias não controladas pode ocorrer danos prejudiciais significativos para a estrutura. Conclui-se que nas provas de carga, medidas para o controle das variáveis intensidade de carga e deformações são necessárias para evitar danos às estruturas em uso.

Palavras-chave: madeira, resistência residual, tempo de ruptura

CONSIDERATIONS ABOUT THE LINEAR CUMULATIVE DAMAGE THEORIES – THE EFFECT OF STRESS LEVEL AND LOADING TIME ON THE RESIDUAL STRENGTH OF WOOD

ABSTRACT: In this paper some considerations are made about linear cumulative damage theories focusing the effect of stress level and loading period on the residual strength of wood. The model considers the lifetime variable of structural element for each stress level that is evaluated by the modified Reiner-Weinberg theory presented by Bach (1973). The relationship between the residual strength and lifetime was based upon the theory proposed by Gerhards (1979). First, the failure mechanism relating the lifetime to different loadings such as: constant stress, constant deformation, square wave pulsation, vibration and ramp, was analyzed. The lifetime evaluation was based upon the maximum wood elastic and visco-elastic deformation criterion, compatibilizing with classical examples of moisture content and temperature changing of wood during the loading period. In the next step the evaluation of residual strengths resulting from different loadings with arbitrary stress level and loading time is made. The formulation was based on a semi-logarithmic model taking into the variables involved. Finally, the effect of proofloading on an unknown strength structure in use was carried out, in which it has been noticed that in non-controlled conditions significant detrimental damages could happen to the structure. Concluding, in proofloading, the control of stress level and its deformation are required in order to avoid damages to in use structures.

Keywords: wood, residual strength, time to failure

1 INTRODUÇÃO

A influência da duração do carregamento na resistência da madeira tem sido reconhecido, ao menos qualitativamente, por muitas décadas (Bach, 1973, Gerhards, 1979 e Nielsen, 1980). Para levar em consideração a influência do tempo, a resistência da madeira é ajustada para cargas de diferentes durações (National Forest Products Association, 1979). Os tipos de cargas geralmente considerados nos projetos, com diferentes durações, incluem impacto, vento, terremoto, neve, cargas acidentais de ocupação típica e peso próprio da estrutura. Os efeitos destas cargas são estimados, geralmente, considerando-as constantes durante as durações esperadas. Os períodos de duração esperados podem aplicar para carregamento contínuo, tal como peso próprio, ou para períodos de carregamentos intermitentes somados como para a carga acidental máxima.

Procedimentos atuais de cálculo parecem ser efetivos baseados no desempenho das estruturas de madeira em uso, no entanto, pode-se afirmar que essas práticas são muito conservativas. Carregamentos compartilhados entre os elementos estruturais são, geralmente, ignorados no dimensionamento e poucas estruturas de madeira, provavelmente, já experimentaram as condições de carregamentos assumidos em tais cálculos.

Em projetos, mais eficientes, contemplados com cálculos estruturais probabilísticos, requerem estimativas de cargas e durações ou históricos de carregamento reais. Embora vários tipos de levantamento de cargas tenham sido feitos é necessária uma estruturação de uma teoria levando em consideração o efeito da história do carregamento na resistência da madeira como aquela apresentada por Gerhards, (1979). Estudos experimentais, sem uma base matemática, baseados em hipóteses consistentes, utilizando regimes de carga constante até ruptura ou carga crescente até ruptura não oferecem muita ajuda ao engenheiro para estimar o efeito da história da carga, em serviço normal, na segurança estrutural. Para dar melhor compreensão a desenvolvimento de qualquer teoria é necessário conhecer os critérios de resistência para diferentes tempos de ruptura.

Os critérios de resistência podem ser modelados em termos de curta (quase-instantâneas) e de duração finita. Os critérios propostos para ensaios de curta duração podem ser vistos em Tsai (1971) e Bodig (1979). Já no casos de duração finita diferentes históricos de solicitação mecânica influenciam o tempo de ruptura da madeira. A maioria das investigações teóricas e experimentais relacionando tempo de carregamento à ruptura foram conduzidas com as condições muito particulares (McNatt, 1978, Nielsen, 1980 e Johnson, 1973).

Em Bach (1973) são apresentados estudos de rupturas catastróficas da madeira em função do tempo com outros tipos de ensaios reológicos envolvendo fluência, pulsação, relaxação, vibração e carga crescente em diferentes ambientes, conforme a figura 1. Nesse estudo Bach (1973) apresenta teorias fundamentadas em critérios termodinâmicos modelados por funções visco-elásticas adequadas ao material madeira.

Um dos objetivos da pesquisa neste campo é interrelacionar diferentes fenômenos de ruptura dependentes do tempo, e compatibilizar com a teoria apresentada por Gerhards (1979). Até agora, nem mesmo uma teoria de ruptura satisfatória qualitativamente é disponível para prever a fratura dependente de tempo para a madeira.

Este trabalho apresenta uma consideração sobre a teoria de danos cumulativos que poderá ser utilizada para prever o efeito da história do carregamento, conhecido ou conjecturado, na