



Anais do 10º Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira - EBRAMEM 2006

30 de Julho a 02 de Agosto, São Pedro – SP

CEVEMAD/UNESP - IBRAMEM

ANÁLISE NUMÉRICA DE PONTES MULTICELULARES PROTENDIDAS UTILIZANDO O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

Jorge Luís Nunes de Góes (jgoes@sc.usp.br), **Antonio Alves Dias** (dias@sc.usp.br)

Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos – Departamento de Engenharia de Estruturas

RESUMO: Uma das atuais linhas de pesquisa do Laboratório de Madeiras e Estruturas de Madeiras da USP São Carlos é o estudo dos modernos sistemas estruturais para o emprego em pontes de madeira. Dentre os sistemas estruturais pesquisados, a mais recente tecnologia empregada no país é a da madeira laminada protendida transversalmente. Este sistema consiste de uma série de lâminas de madeira serrada dispostas lado a lado e comprimidas transversalmente por meio de barras de protensão de alta resistência, fazendo com que surjam propriedades de resistência e elasticidade na direção transversal. Este trabalho apresenta a análise numérica em elementos finitos de pontes de madeira com tabuleiro multicelular protendido. É avaliada a influência das propriedades elásticas no comportamento estrutural de duas pontes multicelulares, apontando as de maior interesse. Inicialmente, os tabuleiros são simulados com carga distribuída no centro do vão e seus resultados são comparados com a teoria de vigas. Em seguida, as pontes são simuladas com carga concentrada posicionada na borda para avaliação das propriedades elásticas. Os resultados das análises numéricas conduzidas apontam que as propriedades elásticas E_x , E_y e G_{xy} são as que apresentam influência significativa sobre o comportamento estrutural das pontes protendidas de madeira com tabuleiro multicelular.

Palavras-chave: tabuleiro multicelular, madeira laminada protendida, pontes de madeira.

NUMERICAL ANALYSIS OF MULTICELLULAR PRESTRESSED BRIDGES WITH FINITE ELEMENT METHOD

ABSTRACT: The study of modern structural systems for timber bridges is one of the research themes of the Wood and Timber Structures of the USP São Carlos. The most recent technology used at the country is the transversely stress laminated timber. This system consists of a series of members of sawed wood disposed side by side and transversely compressed through high strength steel bars, doing with that strength and elasticity properties appears in the transverse direction. This study presents a numerical analysis in finite element method of multicellular prestressed timber bridges. The influence of the elastic properties is evaluated in the structural behavior of two multicellular bridges, showing the most important. Initially, the bridges are simulated with distributed load in the center of the span and the results are compared with the theory of beams. Then, the bridges are simulated with concentrated load positioned in the border for the elastic properties evaluation. The results of the numeric analyses show that the elastic properties E_x , E_y and G_{xy} are the most important and influence on the structural behavior of the multicellular prestressed timber bridges.

Keywords: multicellular deck, stress laminated timber, timber bridges.

1. INTRODUÇÃO

Os métodos de análise de estruturas tiveram um grande impulso com o advento dos computadores. O atual estágio de evolução dos computadores tornou menos exaustivo o trabalho do engenheiro calculista. No passado, uma quantidade considerável de pesquisa teórica e experimental era necessária para analisar pontes com seções transversais complexas.

O Método dos Elementos Finitos (MEF) foi primeiramente utilizado na indústria aeronáutica, em meados da década de 1950. Muito foi desenvolvido desde que ele foi utilizado pela primeira vez e, atualmente, existem muitos textos voltados para descrever o método.

A técnica dos Elementos Finitos consiste basicamente em dividir o meio contínuo em uma quantidade finita de elementos discretos que são interligados por pontos conhecidos como nós. O princípio da divisão do meio contínuo em pequenos elementos pode ser aplicado a estruturas de várias formas e complexidade. Conseqüentemente, o MEF é conhecido como o método mais versátil para a análise de estruturas.

O Método dos Elementos Finitos (MEF) é sem dúvida o método numérico de maior aplicação na atualidade. Existem diversos softwares disponíveis para a sua utilização. Com estes programas os deslocamentos, reações, forças internas e momentos podem ser encontrados para diversas configurações de carregamento, geometria da estrutura, e vinculação. Os erros usuais introduzidos na análise numérica por MEF devem ser minimizados principalmente por meio da escolha correta dos elementos finitos, de acordo com o comportamento esperado do modelo mecânico, da divisão adequada do modelo e da aplicação das condições de contorno. O'BRIEN & KEOGH (1999) comentam que há um grande risco quando usuários sem muita experiência tentam analisar complexas estruturas sem o conhecimento do seu real comportamento estrutural.

Segundo HAMBLBY (1991), independente do método de cálculo utilizado, a precisão depende da capacidade de representar três complexas características: as propriedades mecânicas e físicas dos materiais utilizados, a geometria da estrutura, e o carregamento externo aplicado.

Existe uma grande quantidade de tipos de elementos disponíveis para a simulação de estruturas. Para o caso de estruturas de pontes em placas podem ser utilizados os elementos bidimensionais de Casca ou os tridimensionais de Volume. Para o caso das pontes de madeira, o elemento escolhido deve ser capaz de representar o material com propriedades ortotrópicas.

GÓES (2005) realizou extensa análise numérica em pontes protendidas de madeira de seção multicelular, indicando que o elemento tridimensional de volume é o mais adequado para as análises estruturais deste tipo de ponte.

Considerando um elemento de volume infinitesimal de uma estrutura em equilíbrio sujeita a um carregamento externo qualquer, este volume elementar possui tensões internas como mostrado na Figura 1.