

LIGAÇÃO DE MADEIRA COM PINOS – MODELAGEM E ANÁLISE

Takashi Yojo (yojos@ipt.br) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de S.P. S.A. - IPT

RESUMO: Este trabalho apresenta um modelo, disponível em literatura, para avaliar a resistência mecânica das ligações unidas com pinos, compostas por peças de madeira ou madeira com chapas metálicas. Os mecanismos de ruptura fundamentam-se na teoria de escoamento apresentada por Johansen e revisada posteriormente por Larson. O tratamento matemático, determinação das resistências nos estados limites, baseia-se no trabalho de Aune e Patton-Mallory, que foi desenvolvido especificamente para ligações pregadas e de Bejtka para parafusos auto-atarraxantes inclinados. Segundo este modelo, a resistência da ligação é determinada pelo critério de menor valor dentre os possíveis modos de ruptura nos respectivos estados limites. A quantidade de modos de ruptura varia com o tipo de ligação, corte simples ou duplo. Porém a partir dos modelos em corte simples é possível construir os modelos em corte duplo e múltiplo. Para a resolução da equação de equilíbrio, para cada modo de ruptura no estado limite último, considerou-se a plastificação dos conectores e da madeira no estado plano de tensão. Os seus resultados foram comparados com aqueles apresentados no Eurocode 5. Além disso, foi abordada a questão de dimensionamento de ligações com peças em cortes múltiplos, a partir da compatibilização admissível das deformações com os modos de ruptura possíveis, sob a condição de menor valor da resistência.

Palavras-chave: mecanismo de ruptura, resistência, Eurocode 5, pinos

TIMBER CONNECTIONS WITH DOWEL TYPE FASTENERS - MODELLING AND ANALYSIS

ABSTRACT: This paper presents a model to evaluate the load-carrying capacity of connections with metal dowel-type fasteners, available in literature, for timber-to-timber and steel-to-timber. The failure mode is based on the Yield Theory presented by Johansen and latterly revised by Larson. The mathematical treatments to determine the strength in limit states is based on paper of Aune and Patton-Mallory, which was developed specially to nail connections, and of Bejtka to the inclined skewes. According to this model, the strength of connection is determined by least value of the all possible failure modes in their limit states. The number of failure modes varies with type of connection, single or double shear. But double or multiple shear can be evaluated for single shear. For the resolution of equilibrium equation in each failure mode, the perfect plastic behavior of connector and wood in plane stress was considered. The results were compared with Eurocode 5. Beside, the question of design of multiple shear connections was presented.

Keywords: failure mode, strength, Eurocode 5, dowels

1 INTRODUÇÃO

A resistência da ligação madeira-madeira com o conector de pino foi obtida por Johansen com a teoria do escoamento no estado limite último por plastificação do pino e da madeira. Ainda hoje a teoria continua a sofrer modificações e aperfeiçoamentos, mas os conceitos básicos permanecem, ou seja, determinam-se as resistências dos diferentes modos de ruptura possíveis e a resistência da ligação é resultante do mínimo dos diferentes modos de ruptura.

Com base nesta teoria, Aune e Patton-Mallory (1986) estudaram a resistência da ligação pregada no estado limite, desenvolvendo formulações para diferentes modos de ruptura e para casos de carregamentos não simétricos como os em corte simples e, também, para carregamentos simétricos como em corte duplo.

Bejtka (2002) estudou as ligações com conectores inclinados para os diferentes modos de ruptura, com a inclusão de tração axial nos conectores.

De forma resumida, a teoria de Johansen permite desenvolver equações de resistência com diferentes modos de ruptura básicos que podem ser aplicadas, com alguns ajustes, para conectores como pinos metálicos, cavilhas, parafusos, parafusos auto-atarraxantes e pregos.

Neste trabalho serão desenvolvidas as equações para o cálculo das resistências da ligação de madeira com conectores em pinos para diferentes modos de ruptura e com ligações em corte simples. As deduções objetivam divulgar de forma rigorosa as complexas formulações existentes na literatura que nem sempre são claras e concisas.

Para a resolução da equação de equilíbrio, para cada mecanismo de ruptura no estado limite último, considerou-se a plastificação dos conectores e da madeira. Os seus resultados foram comparados com aqueles apresentados no Eurocode 5 (2004). Além disso, foi abordada a questão de dimensionamento de ligações com peças em cortes múltiplos, de forma simplificada, a partir da compatibilização admissível das deformações com os modos de ruptura possíveis, sob a condição de menor valor da resistência.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1. Resistência da ligação de madeira com pinos

As equações gerais de resistência de uma ligação com pino inclinado são deduzidas com auxílio das figuras 1 e 2. Os momentos fletores no pino são dados por:

$$M_1 = M_{x1} - \frac{f_{h,1} \cdot d \cdot x_1^2}{2 \cdot \cos^2 \alpha} \quad (1a)$$

$$M_2 = -M_{x2} + \frac{f_{h,2} \cdot d \cdot x_2^2}{2 \cdot \cos^2 \alpha} \quad (1b)$$

As forças na interface entre os membros de madeira são:

$$R_1 = Q_1 \cdot \cos \alpha + N_1 \cdot \sin \alpha + \mu \cdot H_1 \quad (2a)$$

$$R_2 = Q_2 \cdot \cos \alpha + N_2 \cdot \sin \alpha + \mu \cdot H_2 \quad (2b)$$

$$H_1 = N_1 \cdot \cos \alpha - Q_1 \cdot \sin \alpha \quad (2c)$$

$$H_2 = N_2 \cdot \cos \alpha - Q_2 \cdot \sin \alpha \quad (2d)$$