

DETERMINAÇÃO ANALÍTICA DO MÓDULO DE DESLIZAMENTO EM LIGAÇÕES DE MADEIRA PREGADAS

Nilson Tadeu Mascia (nilson@fec.unicamp.br) - nilson@fec.unicamp.br; **Cláudia Lúcia de Oliveira Santana** (los.claudia@gmail.com) - DES-FEC-UNICAMP

RESUMO: A análise da rigidez de ligações semi- rígidas, como conector em prego, presentes em vigas compostas de abas de madeira serrada e alma em compensado, exige a caracterização do comportamento mecânico de conexão. Essa caracterização, teoricamente e/ou experimentalmente, é geralmente baseada no comportamento de uma conexão com um único conector, o qual é descrito em linhas gerais por sua relação mecânica carga e deslocamento ou deslizamento. No intervalo linear dessa relação, a mesma é descrita por um coeficiente que é denominado por módulo de deslizamento. Ao se usar a teoria da viga em fundação elástica para o modelo de conexão, considerando-se o prego como uma viga e a madeira como uma fundação elástica, no presente trabalho é enfatizado a determinação teórica do módulo de deslizamento de uma conexão linear elástica. É apresentada uma abordagem variacional do problema, o que permite definir as condições de contorno e encontrar a solução do comportamento do conector. São discutidos, também, as propriedades geométricas e materiais que envolvem a determinação analítica do módulo de deslizamento. Especificamente, é proposto que o módulo de fundação da madeira seja determinado através do ensaio de embutimento, o qual é um processo padronizado pela NBR 7190. Com este estudo espera-se uma contribuição para o desenvolvimento de um método analítico para o cálculo do módulo de deslizamento visando sua aplicação no dimensionamento de estruturas de madeira.

Palavras-chave: Ligação, prego, módulo de deslizamento, fundação elástica, embutimento.

ANALYTICAL EVALUATION OF THE SLIP MODULUS IN NAILED WOODEN CONNECTIONS

ABSTRACT: The analysis of the stiffness of laterally loaded semi-rigid connections in composite beams of wood requires the characterization of the connection mechanical behavior. This characterization is usually based on the behavior of an isolated single-nail connection, which is basically described by its load-slip relationship. In the linear range of this relationship, it is described by a coefficient that is denominated by slip modulus. Using the theory of the beam on elastic foundation to model the connection, considering the nail as a beam and the wood as an elastic foundation it is presented a variational approach of the problem, which allows finding the boundary conditions and leads to the solution of the connector's behavior. It also discussed the geometrical and material properties that involve the analytical determination of the slip modulus. Specifically, it is proposed that the foundation modulus of wood be determined through the embedding test, which is a standardized method by ABNT NBR 7190. With this study, a contribution to the development of an analytical method for the calculation of the slip modulus aiming the application in the design methods of timber structures is expected.

Keywords: connection, nail, slip modulus, elastic foundation, embedment.

1. Introdução

O estudo da rigidez de ligações mecânicas em peças de madeira é justificado pela importância que a deformação dessas ligações tem sobre os deslocamentos da estrutura em que é utilizado. O estudo das conexões que originou este trabalho foi feito durante a análise de vigas compostas de madeira e madeira compensada, unidas por pregos. Neste tipo de vigas, a deformação da ligação tem uma influência significativa sobre os deslocamentos da estrutura, embora essa influência não seja importante nos valores das tensões, Mascia e Santana (2009). Quando a rigidez torna-se um aspecto importante no projeto de estruturas de madeira e verificado via estado limite de serviço, o efeito da deformação da ligação deve ser avaliado.

A quantificação do efeito da deformação de ligação depende da determinação de suas propriedades de rigidez ou, em particular, do módulo de deslizamento que pode ser determinado experimentalmente, mesmo envolvendo um grande número de parâmetros da conexão como a espécie de madeira, a espessura das peças, o tipo prego, diâmetro do prego, e ainda para cada alteração nesses parâmetros, uma nova série de testes deve ser feito. Assim, muitas vezes, é conveniente usar um método teórico para a determinação do módulo de deslizamento. Muitos estudos têm sido desenvolvidos no sentido da definição de estados limites para as conexões e das correspondentes cargas últimas baseados no modelo de escoamento. No entanto, poucos estudos têm sido elaborados sobre o comportamento reológico da conexão desde o início do carregamento até a carga final. Uma ampla visão histórica sobre as ligações em estruturas de madeira pode ser encontrada em Aune e Patton-Mallory (1986).

Neste presente trabalho são apresentados os conceitos relacionados às conexões mecânicas e enfatizados seus parâmetros característicos. Retoma-se o modelo de viga sobre fundação elástica para a determinação da rigidez de uma ligação pregada e propõe-se um método para a determinação de uma importante característica da madeira. Em resumo, pretende-se destacar os aspectos do comportamento mecânicos da conexão e da importância do conhecimento de sua rigidez na concepção de estruturas compostas de madeira.

2. Desenvolvimento

2.1 Comportamento mecânico de ligações em estruturas de madeira

Quando duas peças de madeira são unidas e carregadas por uma força longitudinal, a transmissão dos esforços de uma peça para a outra acontece através da conexão. Devido à transmissão dos esforços o prego sofre uma flexão. A madeira quando reage ao efeito de flexão sofre uma compressão. As seguintes hipóteses são assumidas: - O efeito do atrito entre as peças da conexão e as componentes de tração que aparecem no prego na direção de seu eixo, devido à sua configuração deformada podem ser negligenciadas;- a distribuição de tensões na parede do furo pode ser aproximada por uma distribuição de tensões no plano da conexão.

Com as hipóteses acima, pode-se descrever esquematicamente o comportamento da conexão, conforme mostrado na Figura 1. Devido à deformação dos pregos e da madeira na área em torno do furo, as peças sofrem um deslizamento relativo. A relação entre a força longitudinal transmitida pela conexão, P , e deslizamento, Δ , é expressa, em regime elástico-linear, por:

$$P = K\Delta \quad (1)$$

na qual K é o módulo de deslizamento da conexão, o qual depende das propriedades mecânicas da madeira e do prego, além da espessura das peças e do diâmetro do prego.

Sob a ação da força de cisalhamento na ligação, o prego é deformado e comprime a madeira de acordo com uma distribuição tridimensional de tensões em torno do furo. Essa distribuição é simplificada para outra, em que as tensões são distribuídas igualmente ao longo do diâmetro do furo. Dessa forma, essa distribuição pode ser simplificada por uma força distribuída por unidade de comprimento. Nas áreas onde a madeira é comprimida pelo prego, acontece o que se denomina