



REFORÇO DE VIGAS DE MADEIRA COM FIO DE PRÉ-ESFORÇO

¹João H. Negrão (jhnegrao@dec.uc.pt)

¹Universidade de Coimbra, Portugal

CICC, Departamento de Engenharia Civil

RESUMO: Neste trabalho é investigada a viabilidade de aplicação de pré-esforço a vigas de madeira. São propostos três métodos de aplicação: a) baseado em pré-tensão, com ancoragens mecânicas nos topos ou com colagem; b) baseado em pós-tensão, com esticamento posterior ao fecho da secção de madeira e ancoragem nos topos; c) por aperto de porcas diretamente contra a madeira dos topos. No caso a), foram usadas duas resinas epóxicas estruturais disponíveis comercialmente e, além da resistência do interface colado, testaram-se ainda os efeitos de um choque térmico correspondente a exposição solar directa, de uma variação rápida do teor em água na madeira e ainda as perdas diferidas de médio prazo. Investigou-se ainda o comprimento de ancoragem da ligação colada. Nenhuma das resinas suportou o teste da temperatura, mas uma delas revelou resistência adequada e perdas diferidas reduzidas em ambiente interior. No caso b), procedeu-se à ancoragem por aperto de porcas nos topos, com o fio tracionado. As perdas foram semelhantes às esperadas, resultando sobretudo da deformação elástica da madeira, causada pela transferência de força das ancoragens para a madeira. No caso c), o pré-esforço foi aplicado por aperto de porcas de topo diretamente contra a madeira, permitindo eliminar as perdas instantâneas.

Palavras Chave: Madeira, pré-tensão, pós-tensão, ancoragem, colagem

STRENGTHENING OF TIMBER BEAMS WITH PRESTRESSED WIRE

ABSTRACT: This paper investigates the feasibility of using prestress in timber beams. Three application methods are proposed: a) post-tension approach, with either mechanical anchorages on the beam ends or with gluing; b) a pre-tension approach, with wire stretching after the closure of the cross section and anchorage on the beam ends; c) through tightening of nuts directly against the beam ends. In case a), two structural epoxy resins commercially available were used and, besides the strength of the glued interface, the effects of a thermal shock caused by direct sunlight exposure, of a fast change in the moisture content and also the medium-term delayed losses were evaluated. The bonded length was also investigated. None of the resins withstood the temperature test, but one of them showed adequate strength and moderate losses under indoor conditions. In case b), the prestress was applied through the tightening of nuts while keeping the wire under stress. The losses were within the expected, resulting mostly from the elastic recovery of the timber caused by the stress transfer from the wires to the wood. In case c), the prestress was applied by tightening of the nuts directly against the beam ends, allowing for the suppression of the instantaneous losses.

Keywords: Timber, pre-tension, post-tension, anchorage, gluing

1. INTRODUÇÃO

A rotura de elementos estruturais de madeira ocorre geralmente por fractura frágil, em secções debilitadas pela presença de defeitos de crescimento, como nós com o correspondente desvio do fio da madeira, mecânicos(e.g. reduções de secção devidas a entalhes) ou de origem biológica, como focos de apodrecimento ou cavidades resultantes do ataque por insectos xilófagos. Uma via possível para melhorar a resistência desses elementos é reduzir as tensões actuautes de tracção ou aumentar a resistência a este esforço. Isto pode ser conseguido por várias formas, requerendo procedimentos mais ou menos complexos para aplicação em obra ou para a produção de estruturas novas. Uma possibilidade é o uso de barras ou faixas de um material de reforço, como FRP (polímeros reforçados com fibras), aço ou mesmo lamelas de madeira sã e de resistência adequada, os quais podem ser colados interna ou externamente à secção original. Este processo foi investigado por diversos autores, Plevris e Triantafillou (1995), Romani e Blaß (2001), Yail e Kent, (2010) e outros, e também em trabalhos de reabilitação, Alam, Ansell e Smedley (2009). Nalguns sistemas, adequados para a produção de vigas novas, são utilizadas barras de aço convencionais, Cattich, Gottardi e Piazza (2002), ou fios de aço, Dagher e Sanchez (2005) inseridos em rasgos longitudinais praticados no elemento de madeira. Contudo, ao contrário do que acontece em vigas de betão armado, o efeito das armaduras passivas no aumento da capacidade resistente é modesto, porque a madeira suporta, por si mesma, tracções e compressões. No entanto, a utilização de pré-esforço pode proporcionar um aumento sensível de resistência quase sem acréscimo de custo. Um estudo teórico revela um potencial de redução no volume de madeira de 20 a 40% por comparação com a secção não-reforçada, embora esse valor dependa de diversos parâmetros, como o vão, a secção transversal da viga, a classe de resistência da madeira, e a intensidade e excentricidade da força de pré-esforço. Como benefício colateral, o pré-esforço pode ainda alterar o modo de rotura de flexo-tracção para flexo-compressão, melhorando sensivelmente a ductilidade do elemento. Por fim, a flexão originada pelo pré-esforço excêntrico produz uma contraflecha que pode ser importante na redução das deformações e tornar menos exigente a verificação do estado-limite de deformação, que é frequentemente crítica no dimensionamento de vigas de madeira.

Este artigo é focado no estudo da aplicação de pré-esforço com fio de aço convencional. Os processos descritos são particularmente adequados para a produção de estruturas novas, uma vez que envolvem a inserção do fio de aço no interior da peça de madeira. Por esta mesma razão, são adequados para vigas de madeira lamelada colada, mas não de madeira maciça. Contudo, como também acontece com estruturas de betão armado, podem ser concebidas disposições alternativas com fios de pré-esforço aplicados exteriormente, de tal forma que os conceitos gerais possam igualmente aplicar-se a reforço e/ou reabilitação de estruturas existentes. São apresentados e discutidos três sistemas alternativos. Um segue um procedimento de pré-tensão, outro de pós-tensão e o terceiro não se enquadra estritamente em nenhum dos casos, podendo considerar-se um procedimento híbrido. Cada caso será apresentado em detalhe nas secções seguintes.

2. PROCESSO BASEADO EM PRÉ-TENSÃO COM ANCORAGEM POR COLAGEM

Neste sistema, o parâmetro crítico é a resistência ao corte nos interfaces fio-adesivo e adesivo-madeira, uma vez que a transferência da força de pré-esforço para a secção de madeira é realizada por tensões tangenciais entre os três meios. A este respeito, vários aspectos devem ser tidos em consideração, como as possibilidades de rotura por falha de adesão no interface aço-resina ou no interface resina-madeira, a rotura por falha coesiva na resina ou na madeira, perdas instantâneas e diferidas de pré-esforço, condições termo-higrométricas limite para um desempenho e durabilidade adequadas da ligação, efeito da variabilidade do regime de tensões (carregamento cíclico) e verificação da segurança da peça compósita e dos seus componentes durante os estágios de fabrico.