

## AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DE DIFERENTES LIGAÇÕES COLADAS

H. BISCAIA<sup>1</sup>, C. CHASTRE<sup>2</sup>, D. CRUZ<sup>3</sup>, N. FRANCO<sup>4</sup>, R. NUNES<sup>5</sup>

<sup>1</sup> FSE, UNIDEMI, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, hb@fct.unl.pt,

<sup>2</sup> ICIST, CERIS, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, chastre@fct.unl.pt,

<sup>3</sup> DEC, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, d.cruz@campus.fct.unl.pt,

<sup>4</sup>DEC, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, noel.franco@gmail.com,

<sup>5</sup>DEC, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, rd.nunes@campus.fct.unl.pt

### RESUMO

Neste trabalho, são analisadas diferentes ligações coladas entre laminados de Carbono (CFRP) e outros materiais como o betão armado, o aço e a madeira. A técnica de reforço por colagem vulgarmente citada na literatura internacional por *Externally Bonded Reinforcement* (EBR) foi utilizada. Os resultados experimentais permitiram constatar que o desempenho local das ligações estudadas é distinto, tendo-se observado que as relações entre a tensão de aderência e o deslocamento relativo entre superfícies é: (i) na ligação CFRP/betão do tipo não linear e pode ser definida matematicamente por uma função do tipo exponencial; (ii) na ligação CFRP/aço o desempenho é do tipo bi-linear; e (iii) na ligação CFRP/madeira o desempenho é similar à ligação CFRP/aço mas com um troço constante a seguir ao troço linear descendente e que se esgota para um deslocamento relativo último.

## CONCLUSÕES

Os ensaios de corte simples realizados permitem-nos tirar conclusões seguintes:

- A ligação CFRP/madeira pode ser representada através de lei tensão de aderência vs. deslizamento do tipo tri-linear; no caso da ligação CFRP/aço o desempenho local da ligação fica representado por leis de aderência do tipo bi-linear; já no caso da ligação CFRP/betão a relação tensão de aderência vs. deslizamento é não-linear podendo ser matematicamente definida por uma função do tipo exponencial. Estes desempenhos locais distintos podem ser explicados sob o ponto de vista dos comportamentos constitutivos de cada um dos materiais envolvidos na ligação. Assim, quando os materiais colados têm essencialmente um comportamento constitutivo linear à tração, casos das ligações CFRP/madeira e CFRP/aço, as relações de aderência podem ser definidas por troços retos. Já no caso da ligação CFRP/betão, a fendilhação do betão durante o processo de descolamento do CFRP leva a que a curva tensão de aderência vs. deslizamento apresente, na sua completa definição, uma não linearidade mais acentuada;
- Quando a ligação é realizada com um substrato mais rígido, como a ligação CFRP/aço, as tensões de aderência máxima na ligação são maiores. Quando a ligação é realizada com um substrato mais deformável, como é o caso da madeira, os deslizamentos da ligação antes de se iniciar o descolamento são maiores;
- A interface com maior resistência foi a interface CFRP/madeira uma vez que foi aquela que está associada uma maior energia de fratura. Neste caso, verifica-se que a interface CFRP/madeira apresenta um desempenho interfacial de pós-pico com decréscimo de tensão de aderência mais suave do que aquele observado nas outras interfaces, onde o desempenho interfacial pós-pico apresenta um decréscimo de tensão de aderência muito abrupto;
- A técnica de colagem EBR provou ser um sistema de colagem pouco eficiente. Em qualquer interface, as extensões alcançadas no laminado de CFRP foram sempre inferiores a 50% da extensão de rotura do CFRP. Isso mostra a importância da adoção de sistemas de ancoragem adicional para melhorar o desempenho das ligações entre o CFRP e outros materiais estruturais aquando da utilização da técnica EBR.

## REFERÊNCIAS

- [1] Matthys, S. *Structural behaviour and design of concrete members strengthened with externally bonded FRP reinforcement*. PhD Thesis, Ghent University, 2000.
- [2] Nakaba et al. "Bond behavior between fiber-reinforced polymer laminates and concrete" *ACI Structural*, 2001, nº98(3), pp. 359-367.
- [3] Lu, X. et al. "Bond-slip models for FRP sheets/plates bonded to concrete". *Engineering Structures*, 2005, nº27, pp. 920-937.
- [4] Dai J.; Ueda T. e Sato Y. "Development of the nonlinear bond stress-slip model of fiber reinforced plastics sheet-concrete interfaces with a simple method". *Journal of Composites for Construction*, 2005, nº9(1), pp. 52-62.
- [5] Ferracuti, B. *Strengthening of RC structures by FRP: Experimental analyses and numerical modelling*. PhD Thesis, Università degli Studi di Bologna, Italy, 2006.
- [6] Wan, J. et al. "Experimental investigation on FRP-to-timber bonded interfaces". *Journal of Composites for Construction*, 2014, nº 18, Special Issue: 10th Anniversary of IIFC, A4013006.
- [7] Biscaia, H.; Cruz, D. e Chastre, C. "Analysis of the debonding process of CFRP-to-timber interfaces". *Construction and Building Materials*, 2016, nº113, pp. 96-112.
- [8] Carvalho, T. et al. "Flexural behaviour of RC T-beams strengthened with different FRP materials". 3<sup>rd</sup> fib International Congress, Washington D.C., United States of America, May 29-June 2, 2010.