

Abstract

In recent years, composites materials have been increasingly accepted as effective strengthening technique for civil engineering structures, particularly in the case of reinforced concrete. The reliability of this technique, when externally applied, depends on the long-term bond behavior between these materials and the masonry substrate, but research in this area is still very limited.

The main purpose of this thesis is to create a basis for a general approach to durability of masonry components strengthened with composite materials. As far as the research method is concerned, a combined experimental and numerical approach has been chosen. Through systematic testing, fundamental knowledge is developed concerning the physical and mechanical properties of the basic materials and the strengthened components under environmental degradation. The strengthened specimens are subjected to different hygrothermal conditions including water immersion and cycles of temperature with constant relative humidity. Non-destructive investigation tests are made for both un-exposed and exposed specimens. Analysis of the interface behavior for different exposure conditions are carried out and the results are discussed. Predictive models are also used for simulating the observed degradation and the reliability of each model is investigated in comparison to experimental results.

The numerical studies are conducted at two levels. Firstly, the bond behavior is modeled following detailed and simplified approaches. In the detailed approach, all material constituents with suitable constitutive laws are modeled. The model provides valuable information regarding less known aspects of bond behavior such as effect of mortar joints. In the simplified approach, the bond behavior is modeled using interface elements. A tri-linear bond-slip law is proposed based on the available experimental data and is used as the constitutive law for the interface elements. Both models are validated with experimental data. Secondly, the effect of local bond degradation on the global response of FRP-strengthened masonry panels is investigated. For the bond between FRP and masonry, the interface elements are used adopting the proposed bond-slip law. Based on the experimental results produced in this study, a degradation model is proposed and used for the interface behavior. The nonlinear performance of the strengthened panels after ageing in different environmental conditions is investigated and discussed.

Keywords: Durability, masonry, composite materials, bond, accelerated ageing, numerical analysis, degradation modeling.

Resumo

Nos últimos anos, os materiais compósitos têm sido cada vez mais aceitos como uma técnica de reforço eficaz para estruturas de engenharia civil, particularmente em betão armado. A fiabilidade desta técnica, quando aplicada por colagem externa, depende do comportamento da aderência, a longo prazo entre esses materiais e o substrato de alvenaria, mas a investigação nesta área é ainda muito limitada.

O principal objetivo deste trabalho é criar uma base para uma abordagem geral sobre a durabilidade dos componentes de alvenaria reforçados com materiais compósitos, recorrendo a uma abordagem experimental e numérica. Através de ensaios desenvolve-se conhecimento fundamental sobre as propriedades físicas e mecânicas dos materiais, e sobre os componentes reforçados submetidos a degradação ambiental. Os provetes reforçados são submetidos a diferentes condições higrotérmicas, incluindo imersão em água e ciclos de temperatura com humidade relativa constante. Ensaios não destrutivos são realizados sobre provetes não-expostos e expostos. O comportamento de interface para diferentes condições de exposição é discutido. Modelos de previsão são também utilizadas para simular a degradação observada e a fiabilidade de cada modelo é investigada em comparação com os resultados experimentais.

Os estudos numéricos são conduzidos a dois níveis. Primeiro, o comportamento da aderência é modelado seguindo abordagens detalhadas e simplificadas. Na abordagem detalhada todos os componentes materiais com leis constitutivas adequadas são modelados. O modelo fornece informações sobre aspetos menos conhecidos da aderência, como o comportamento das juntas de argamassa. Na abordagem simplificada, o comportamento da aderência é modelado usando elementos da interface. Uma lei trilinear de comportamento do tipo *bond-slip* é proposta com base nos dados experimentais para elementos de interface. Ambos os modelos são validados com dados experimentais. Em segundo lugar, os efeitos locais de degradação da aderência sobre a resposta global dos painéis reforçados de alvenaria são investigados. Para a aderência entre FRP e alvenaria utilizam-se elementos da interface, adotando-se a lei de comportamento proposta. Com base nos resultados experimentais produzidos neste estudo, propõe-se um modelo de degradação que se utiliza o comportamento da interface. O desempenho não linear de painéis reforçados, após envelhecimento em diferentes condições ambientais, é investigado e discutido.

Palavras-chave: Durabilidade, alvenaria, materiais compósitos, aderência, envelhecimento acelerado, análise numérica, modelação da degradação.