

Resumo

O presente trabalho refere-se ao estudo do reforço à flexão de estruturas de betão pela técnica de colagem exterior de sistemas de CFRP. Justificado o interesse desta investigação, procedeu-se à apresentação da Ponte Nossa Senhora da Guia (N.S. Guia) como exemplo prático de uma obra a reforçar, servindo a mesma para ilustrar a necessidade e o interesse em se clarificarem aspectos relacionados com a verificação de segurança e com o comportamento, a curto e a longo-prazo, deste tipo de técnica reforço.

Estabeleceram-se, para o efeito, dois programas experimentais. O primeiro, realizado no Laboratório de Estruturas da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (LABEST), engloba duas partes.

Numa das partes apresentam-se os ensaios de caracterização de algumas das propriedades físicas dos adesivos/ resinas (temperatura de transição vítrea e absorção de água), das propriedades mecânicas dos adesivos/ resinas e dos compósitos (resistência à tracção, à compressão e à flexão) e dos efeitos do envelhecimento higrotérmico dos adesivos/ resinas (efeitos da absorção de água e da temperatura nas propriedades físicas e mecânicas). Foram ainda efectuados ensaios de aderência em flexão e de arrancamento por tracção directa (Pull-off) com vista a estudar os efeitos do envelhecimento higrotérmico na aderência da ligação betão-compósito. A outra parte destina-se à avaliação do comportamento à flexão de dois grupos de lajes (escalas diferentes), sendo cada grupo constituído por três séries de lajes (uma em betão armado, uma reforçada com laminados unidireccionais de CFRP e outra reforçada com mantas unidireccionais de CFRP). As seis séries de lajes foram submetidas a diferentes fases de carregamento para avaliar o comportamento em serviço (cargas permanentes e cargas cíclicas) e o comportamento até à rotura. Os parâmetros analisados, para além do modo de ruína, possibilitaram a caracterização das tensões nos compósitos e na ligação betão-compósito.

O segundo programa experimental, realizado na Ponte N.S. Guia, permitiu avaliar o comportamento em serviço dos sistemas de CFRP que compõem o reforço experimental de uma zona do tabuleiro da ponte. Após descrição da campanha de

ensaios de carga realizada, apresentam-se os resultados obtidos e procede-se à sua análise e interpretação. Posteriormente, descreve-se a monitorização do comportamento estrutural da zona reforçada, realizada ao longo de três anos, apresentando e interpretando os resultados das medições efectuadas.

Com base em documentos técnicos e nos resultados experimentais obtidos, desenvolve-se uma solução de reforço para a referida ponte, promovendo a discussão sobre critérios actuais de verificação aos estados limites (FIB, ACI e CNR) e sobre especificações técnicas, que poderão vir a ser incluídas em cadernos de encargos ou em procedimentos de controlo da qualidade.

Abstract

This work refers to the study of the flexural strengthening of RC structures using the technique of externally bonded CFRP systems (EBR). The research significance is justified and the Nossa Senhora da Guia Bridge (N.S. Guia) was presented as a practical example of rehabilitation. This bridge will be also used to illustrate the needs and concern in clarifying aspects related with safety verification at both short and long-term behaviour of this strengthening technique.

Two experimental programs were established and carried out. The first, which includes two parts, was performed at the Laboratory for the Concrete Technology and Structural Behaviour of the University of Porto (LABEST). In one part, several tests have been carried out in order to assess some of the physical properties of the adhesives/ resins (glass transit ion temperature and water absorption). Mechanical properties of the adhesives/ resins and FRP composites (tension strength, compressive strength and flexural strength) are also characterized, as well as the effects of hygrothermal ageing of the adhesives/ resins (effects of water absorption and of temperature on physical and mechanical properties). Pull-off tests and bond tests performed on four point bending were carried out in order to study the effects of hygrothermal ageing on the bond performance of the concrete-composite interface. The other part is based on four point bending tests performed on two different sets of reinforced slab models exhibiting

different scales. Each set includes six slab specimens grouped in three series (Reinforced Concrete slabs, RC slabs strengthened with CFRP prepreg sheets cured “in situ” and RC slabs strengthened with CFRP laminates). Both sets were submitted to different loading stages in order to appraise its behaviour under limit states (service and ultimate) by applying dead loads, cyclic loads and then by increasing the load up to failure. The parameters analyzed, besides the failure modes, allowed the characterisation of the stress-strain in the CFRP composites and the bond in the concrete-composite interface.

The second experimental program, carried out on the N.S. Guia Bridge, made it possible to appraise the service behaviour of an experimental strengthening of a limited region of the top slab of N.S. Guia Bridge. After describing the set of field load tests carried out, the results are presented followed by the corresponding analysis and interpretation. Afterwards, the structural health monitoring program of the strengthened region, carried out over a period of approximately three years, is described. The results of the measurements taken are presented and discussed.

Based on technical documents (FIB, ACI and CNR) and on the experimental results obtained, a flexural strengthening solution for the bridge was anticipated. Thus, a discussion on the current design criteria and safety concept (limit states verification) and on the technical specifications which should be included in design manuals or in quality control procedures was carried out.