

REFORÇO DE PILARES DE CONCRETO COM CAMISAS DE CONCRETO DE ULTRA ALTO DESEMPENHO

Rodrigo Mazia Enami¹ & Ricardo Carrazedo²

Resumo

O concreto de ultra alto desempenho reforçado com fibras é um material que apresenta elevadíssima resistência à compressão (da ordem de 160 a 200 MPa), durabilidade, alta resistência e tenacidade na flexão. Muitos estudos sobre propriedades mecânicas deste material e aplicações em estruturas estão sendo realizados, porém, há ainda poucas pesquisas sobre sua utilização como material de reforço estrutural, apesar de seu grande potencial nesta aplicação. Este trabalho, que ainda está em fase inicial, pretende avaliar os benefícios e desvantagens do emprego deste material no reforço de pilares curtos de concreto armado em conjunto com técnicas que mobilizam o efeito de confinamento. Acredita-se que o emprego do UHPFRC (sigla mais empregada que vem do termo Ultra High Performance Fiber Reinforced Concrete) em camisas de pequena espessura dotadas de amaduras longitudinais e transversais convenientemente dimensionadas para prover confinamento ao pilar original possam obter ótimos resultados em termos de aumento de resistência axial e ductilidade do elemento comprimido. Para avaliar estes efeitos, simulações numéricas com modelo de dano acoplado à plasticidade e ensaios de modelos de pilares serão realizados. Alguns pilares serão submetidos a certo nível de danificação antes de serem reforçados a fim de se avaliar situações reais de reabilitação de pilares.

Palavras-chave: Reforço estrutural. Pilares. UHPFRC. Dano. Plasticidade. Confinamento.

STRENGTHENING OF CONCRETE COLUMNS WITH ULTRA HIGH PERFORMANCE CONCRETE JACKETS

Abstract

Ultra High Performance Fiber Reinforced Concrete (UHPFRC) is a material with very high compressive strength (from 160 to 200 MPa), durability, as well as high strength and tenacity in flexure. Several studies on mechanical properties and applications of this material have been carried out, however only limited research was developed on strengthening of structures, despite of the great potential in this field. In this work, currently in an initial stage, the advantages and disadvantages on the use of UHPFRC associated to confinement techniques for strengthening of short reinforced concrete columns will be investigated. The authors believe that thin UHPFRC jackets with confinement reinforcement can improve significantly the strength and ductility of concrete columns. Numerical simulations with damage coupled to plasticity models and tests of columns will be developed to evaluate performance of the strengthening process. Some of the columns will be subjected to damage prior to strengthening in order to simulate real conditions of rehabilitation.

Keywords: Strengthening, Columns, UHPFRC, Damage, Plasticity, Confinement.

Linha de Pesquisa: Estruturas de Concreto e Alvenaria.

¹ Doutorando em Engenharia de Estruturas - EESC-USP, rodrigoenami@yahoo.com.br

² Professor do Departamento de Engenharia de Estruturas da EESC-USP, carrazedo@sc.usp.br



1 INTRODUÇÃO

A linha de pesquisa em reabilitação e reforço de estruturas é tradicional no Departamento de Estruturas da Escola de Engenharia de São Carlos. Takeuti (1999) e (2003) estudou o reforço de pilares de concreto com camisas de Concreto de Alto Desempenho (CAD). Obteve significativos acréscimos de capacidade resistente dos pilares reforçados com pequenos aumentos de espessura. Observou ainda que se for aplicado um elevado nível de confinamento no reforço será possível contar com a contribuição do pilar original. Ou seja, o efeito de confinamento pode levar a significativos aumentos de resistência e ductilidade dos elementos reforçados.

Na mesma linha de pesquisa, Carrazedo (2002) e (2005) avaliou os efeitos de confinamento obtidos em pilares de concreto encamisados com Polímeros Reforçados com Fibras de Carbono (PRFC). Observou importantes ganhos de resistência e ductilidade dos elementos reforçados de seções circulares, quadradas e retangulares sob compressão centrada ou com pequenas excentricidades.

Sudano (2005) notou que a forma da seção transversal tem uma influência significativa sobre os efeitos de confinamento obtidos por encamisamento com PRF. Além disso, Sudano (2010) observou que no caso de aumento da seção transversal do pilar com CAD sem confinamento, a contribuição do pilar original deve ser desprezada. Por outro lado, notou que o uso de fibras metálicas no concreto da camisa (1% em volume) mobilizou efeitos de confinamento no pilar original.

Abdollahi et al. (2012) em um programa experimental propõem um novo método de confinamento de pilares utilizando SIFCON (Slurry Infiltrated Fiber Concrete). Neste programa, corpos de prova circulares de concreto de resistência normal foram revestidos por SIFCON. Para se ter uma ideia, um espécime cilíndrico de 15x30cm, com resistência 40 MPa revestido por uma camisa de SIFCON de espessura de 15 mm e resistência de aproximadamente 129 MPa gerou um acréscimo de resistência de cerca de 54%. Este aumento foi provocado pela resistência à compressão mais elevada do revestimento, bem como pelo confinamento gerado por uma pressão lateral de aproximadamente 5 MPa.

A protensão da camisa de reforço é outra técnica que proporciona elevado ganho de resistência para o pilar reforçado. Mortazavi et al. (2003) ensaiaram corpos de prova encamisados com PRF e concretados com graute expansivo para gerar protensão na camisa de PRF. Esta técnica mostrou-se vantajosa em relação às propriedades mecânicas.

Carrazedo (2005) através de simulações numéricas, constatou que a protensão no caso de encamisamento com PRF's pode ser benéfica, principalmente no caso de camisas pouco rígidas, pois há um aumento expressivo da resistência com menores deformações axiais.

Um outro material que tem propriedades muito interessantes para o reforço de estruturas é o UHPFRC (Ultra High Performance Fiber Reinforced Concrete). Este é um concreto com microestrutura extremamente fechada, zona de transição praticamente nula, cuja resistência à compressão fica entorno dos 200 MPa e se comporta de forma extremamente dúctil na tração devido às fibras de aço de ultra alta resistência.

Para se ter uma idéia das vantagens deste material, Tayeh et al. (2013) escreveram uma revisão sobre a utilização do UHPFRC na reabilitação de estruturas e concluíram que este material apresenta baixa permeabilidade, resistência muito elevada, excelentes propriedades mecânicas, resistência a ambientes severos, alta durabilidade e forte ligação com o concreto convencional.

Aliando o alto desempenho do UHPFRC com espirais de aço de ultra alta resistência, pretende-se criar novas técnicas de reforço de pilares valendo-se de significativos efeitos de confinamento. Para tanto será realizado um programa experimental e simulações numéricas para avaliação destas técnicas de reforço.

1.1 Hipóteses para novas configurações de reforço

Considerando que o UHPFRC pode atingir resistências à compressão muito mais elevadas que o SIFCON, além de tensões de tração próximas a este concreto, este material se torna muito interessante para a utilização em reforço de pilares cujo efeito de confinamento juntamente com a resistência à compressão são desejados. Assim, uma interface de UHPFRC entre o concreto convencional e o aço pode distribuir de forma mais adequada as tensões de confinamento, bem como um revestimento protegerá a armadura de agentes agressivos, além do UHPFRC contribuir significativamente para a melhora do comportamento do conjunto devido a sua altíssima resistência.

Como o UHPFRC tem menor permeabilidade e maior durabilidade que o concreto convencional, pode-se aplicar um menor revestimento para a mesma durabilidade, reduzindo o acréscimo de seção. Armaduras transversais de altíssima resistência também podem melhorar o ganho de resistência do pilar reforçado.

2 METODOLOGIA

2.1 Simulações numéricas

Para a simulação dos pilares reforçados, será utilizado o modelo de dano acoplado à plasticidade existente no programa Abaqus 6.12.

2.2 Programa experimental

Pretende-se ensaiar pilares curtos de concreto armado íntegros e pré-danificados reforçados com UHPFRC, aço de altíssima resistência e cordoalhas protendidas, conforme ilustra a Figura 1.

3 DESENVOLVIMENTO

Estão sendo realizados estudos a respeito do comportamento do UHPFRC e simulações numéricas deste material. Os ensaios se iniciarão em 2014, nos quais situações típicas como as ilustradas na Figura 1 devem ser consideradas.

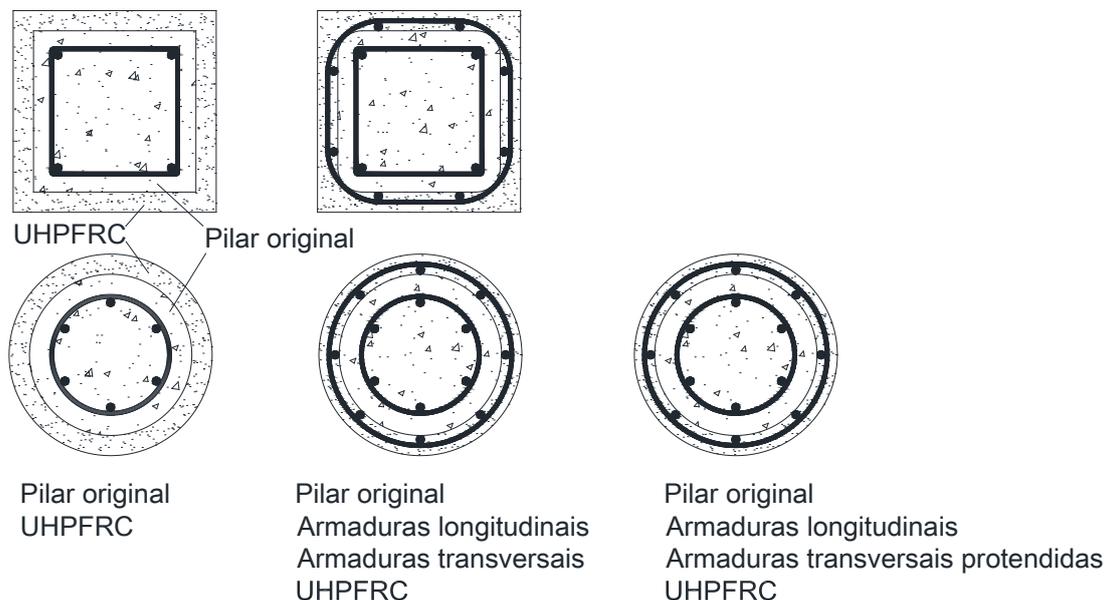


Figura 1 – Esquema de reforço dos pilares a serem ensaiados.

4 RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se desenvolver sistemas de reforço que incrementem consideravelmente a resistência do pilar reforçado com pequenos acréscimos da seção transversal. Além disso, será possível quantificar os benefícios obtidos com a aplicação do UHPFRC e armaduras transversais para confinamento.

5 AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de estudos e reserva técnica fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa.

6 REFERÊNCIAS

ABDOLLAHI, B.; BAKHSHI, M.; MIRZAEI, Z.; SHEKARCHI, M.; MOTAVALLI, M. SIFCON strengthening of concrete cylinders in comparison with conventional GFRP confinement method. **Construction and Building Materials**, v. 36, p. 765-778, Nov., 2012. ISSN: 0950-0618.

CARRAZEDO, R. **Mecanismos De Confinamento e Suas Implicações no Reforço de Pilares de Concreto por Encamisamento com Compósito de Fibras de Carbono**. 2002. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

CARRAZEDO, R. **Mecanismos de confinamento em pilares de concreto encamisados com polímeros reforçados com fibras submetidos à flexo-compressão**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

MORTAZAVI, A. A.; PILAKOUTAS, K.; SON, K. S. RC column strengthening by lateral pre-tensioning of FRP. **Construction and Building Materials**, v. 17, n. 6-7, p. 491-497, Set-Out., 2003. ISSN: 0950-0618.

SUDANO, A. L. **Influência da forma da seção transversal no confinamento de pilares de concreto armado encamisados com PRFC (polímero reforçado com fibra de carbono)**. 2005. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

SUDANO, A. L. **Desenvolvimento de estratégias híbridas de reforço de pilares de concreto armado por encamisamento com compósitos de alto desempenho**. 2010. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

TAKEUTI, A.R. **Reforço de pilares de concreto armado por meio de encamisamento com concreto de alto desempenho**. 1999. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos.

TAKEUTI, A. R. **Comportamento resistente imediato e ao longo do tempo de pilares reforçados por meio de encamisamento com concreto de alto desempenho**. 2003. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

TAYEH, B. A.; BAKAR, B. H. A.; JOHARI, M. A. M.; VOO, Y. L. Utilization of Ultra-high Performance Fibre Concrete (UHPFC) for Rehabilitation – A Review. **Procedia Engineering**, v. 54, p. 525-538, 2013. ISSN: 1877-7058.