

ANÁLISE EXPERIMENTAL DE ANCORAGEM DO TIPO FURO PASSANTE EM REFORÇOS ESTRUTURAIS COM FIBRA DE CARBONO EM CONCRETO

Rodrigo da Cunha Soares (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Nara Villanova Menon (Orientadora), e-mail: ra108352@uem.br; nvmenon@uem.br;

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia / Maringá, PR.

Engenharia Civil – Estruturas

Palavras-chave: Reforço, Fibra de Carbono, Análise Experimental, Furo Passante.

Resumo

Novos métodos de colagens têm sido desenvolvidos como o uso de furos passantes e torna-se complicada a falta de normatização brasileira para o uso dos mesmos. Este artigo apresenta as análises experimentais de diferentes configurações de colagens de compósitos de fibras de carbono com resina epóxi, utilizando um método de ancoragem por furo passante, produzindo comparativos gráficos a partir de ensaios do tipo *Pull Out*. O estudo constituiu na determinação da resistência a tração e o tipo de ruptura observados em todo o sistema, composto de fibras de carbono, resinas epóxi, e o substrato de concreto. Foram analisados seis grupos de corpos de prova, considerando grupos de resistência, uso de epóxi no interior do furo passante e, a adição de uma saída em formato cônico. Os resultados obtidos provaram a eficiência do método, e as comparações entre os grupos estudados foram essenciais para comprovar os processos de ruptura do reforço. Mostra-se relevante esta pesquisa, na qual amplia-se os dados disponíveis sobre o estudo do uso de ancoragens em furos passantes e evidencia a necessidade de normas de aplicação e coeficientes de segurança, havendo a dificuldades da homogeneidade do método construtivo e, resistências serem derivadas da adesão e não de conexão mecânica.

Introdução

Os reforços estruturais são cada vez mais necessários com o envelhecimento de estruturas, necessidades de aumento de carga e falhas na execução e projeto. Assim, reforços como aumento de seção e armadura, perfis metálicos e fibras de carbono têm sido os principais métodos utilizados.

Os compósitos de Polímero Reforçado com Fibra de Carbono (PRFC) são constituídos por pequenos filamentos sintéticos de carbono de alta resistência a tração, que são impregnados com resina epóxi, sendo um

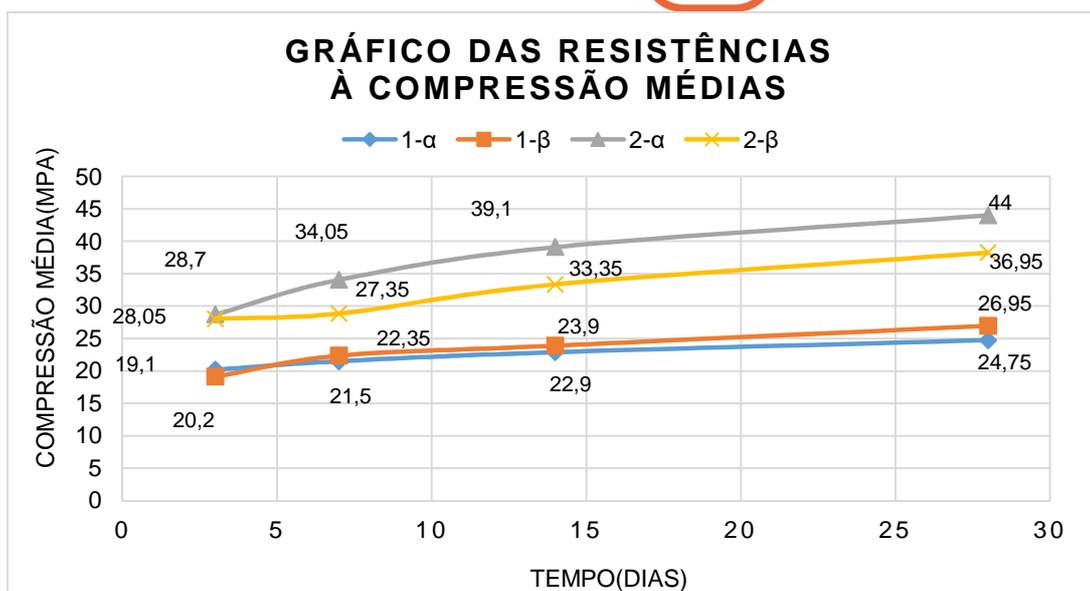
polímero termofixo que ganha resistência pela mistura com um agente catalisador. A resistência estrutural é obtida pela colagem do compósito, formando uma estrutura fibra-matriz-substrato que garantem a resistência. Essas técnicas permitem o abandono de reforços estruturais considerados invasivos já que necessitam de pouco espaço e têm tempo de intervenção bem reduzida pela facilidade de aplicação, contando também com extrema leveza, alta durabilidade e resistência térmica e a agentes químicos. Porém, garantir aderência perfeita e uma boa área de ancoragem é uma tarefa difícil, e o grande problema torna-se o aparecimento do descolamento, implicado pela interação da resina epóxi à estrutura (Bertolesi & Galli., 2012).

Nessa pesquisa a ancoragem com furo passante, diferente do furo cego, atravessa o substrato e fixa-se em formato de estrela do outro lado. O funil na proximidade da ancoragem tenta permitir a distribuição dos esforços e aumento da resistência a ruptura.

Materiais e métodos

Foram escolhidos traços de C25 e C45 em massa (kg) de 1:2,813:3,664:0,640:0,004 e 1:1,838:2,717:0,430:0,005 respectivamente, presente em Santos, V (2021) representando as quantidades de cimento Portland CP5-ARI, areia fina lavada em umidade higroscópica, brita basáltica graduada 1/2, água e aditivo plastificante CEMIX da fabricante VEDACIT. A caracterização dos materiais areia e brita seguiram a NBR NM 248/2003 e DNER-ME 084/1995. Utilizou-se fôrmas de madeira fabricadas para confecção de 12 corpos cúbicos de dimensões 20x20x20(cm) assim como 32 corpos de prova cilíndricos 10x20(cm) para geração das curvas de resistências do concreto, com os blocos mantidos na câmara úmida por 28 dias. Os gráficos das resistências à compressão dos concretos divididos em 4 betonadas, 1- α , 1- β e 2- α , 2- β estão representados na Figura 1.

Figura 1 – Gráfico das Resistências do Concreto à Compressão e Grupos Experimentais



Após a cura, foi realizada a perfuração com broca diamantada com 25 mm de diâmetro em todos os blocos, onde foram feitas perfurações em 4 blocos para a execução do cone de 50mm de diâmetro e 25mm de profundidade, que foi finalizada com um cinzel. A área de colagem foi desbastada com uma esmerilhadeira para garantir a fixação da colagem, seguida da limpeza para remover os pequenos detritos soltos durante o processo.

Foi utilizada a manta de fibra de carbono o tipo tecido unidirecional, com área transversal equivalente calculado pelo peso de 10 cm de comprimento, sendo a SikaWrap®-230 C da fabricante Sika com ficha técnica obtida no endereço eletrônico da companhia. A Sikadur-330 foi utilizada para a impregnação do tecido, a Sikadur-43 para a colagem no substrato e a Chemical Anchor EV I da fabricante TYTAN, para fixação dentro do furo passante.

A colagem constitui-se primeiramente na preparação dos materiais, como o corte das fibras e preparação das resinas bicomponentes, seguida da impregnação do tecido com Sikadur-330. Após a secagem, o compósito foi introduzido no furo e a colagem seguiu pela passagem do Sikadur-43 no substrato e no tecido, com uma segunda mão de resina na superfície. O Chemical Anchor EV I foi inserido posteriormente no furo. O experimento foi realizado na prensa de Série 23 EMIC da INSTRON com o cubo em suspensão dentro de uma caixa de aço, transmitindo os esforços diretamente à célula de carga.

Resultados e Discussão

Com os dados obtidos do ensaio foi possível montar gráficos dos sistemas experimentais, comparando eficiência e processos de ruptura. Observa-se valores próximos para os blocos normais e com saída cônica. As saídas cônicas mostraram-se pouco efetivas na redução de tensões na fibra dadas pelo ângulo de 90°, e a resina interna garantiu maior contato de colagem e

assim, aumentos consideráveis de resistência, observa-se que a quebra aconteceu na máquina e não no reforço, conforme Figura 2 e Tabela 1.

Figura 2 – Gráfico de Força por Deslocamento e Modo de Ruptura

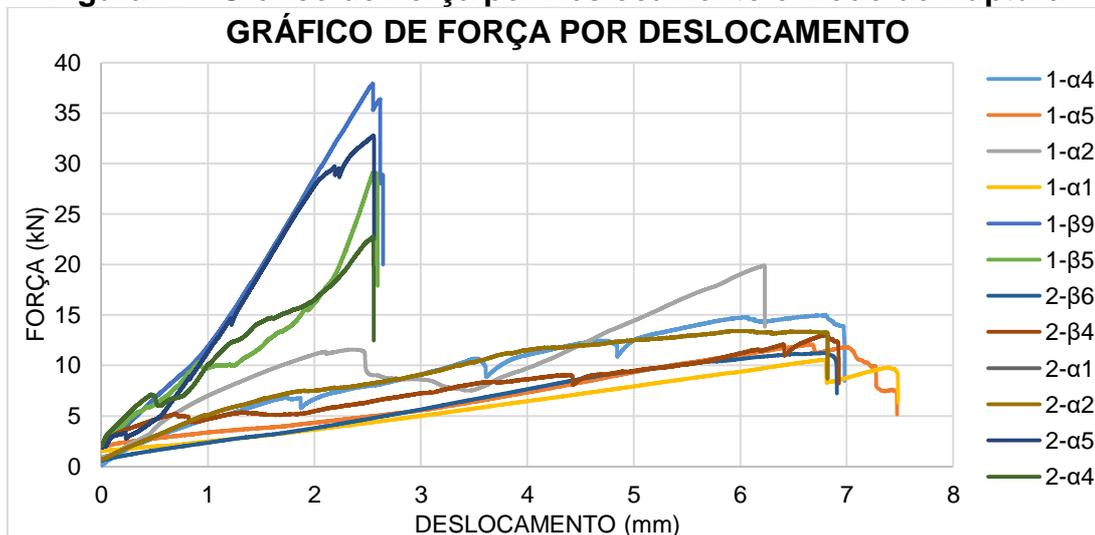


Tabela 1 – Valores das Forças e Modo de Ruptura

Sistema	Bloco	Força Máx (kN)	Modo de Ruptura
Normal	1- α 4	14,97	Quebra no ângulo
	1- α 5	12,08	Quebra no ângulo
Cone	1- α 2	19,91	Quebra no ângulo
	1- α 1	10,56	Quebra no ângulo
Resina Interna	1- β 9	37,93	Quebra na Máquina
	1- β 5	29,07	Quebra na Máquina
Normal	2- β 6	11,23	Quebra no ângulo
	2- β 4	13,02	Quebra no ângulo
Cone	2- α 1	12,54	Quebra no ângulo
	2- α 2	13,41	Quebra no ângulo
Resina Interna	2- α 5	32,73	Quebra na Máquina
	2- α 4	22,73	Quebra na Máquina

Conclusões

A partir da análise, conclui-se que a resina utilizada internamente garantiu maior fixação e grande resistência do reforço, reduzindo a maior concentração de tensão na saída de 90° e também que é possível atingir maiores resistências, se utilizado um sistema de ensaio que transmite mais homogênea os esforços para a fibra. Mostra-se pouco efetivo o arredondamento dos cantos no processo, necessitando mais estudos com maiores formatos, podendo garantir a distribuição dos esforços na saída do conector, demonstrado pelo processo de ruptura da fibra nos cubos estudados.

Observa-se que não houve influências da resistência do concreto, já que o modo de ruptura não aconteceu na área de colagem, afirma-se assim que a mesma, com 5 cm de raio foi muito efetiva. Evidencia-se a necessidade de

mais estudos desse sistema de ancoragem na área de reforços estruturais, por conta de seu caráter de aderência, e normas reguladoras de uso e aplicação. Tornou-se fato a variabilidade dada pelo processo de colagem, que não garante aderência perfeita a todo o sistema fibra-resina-substrato.

Referências

BERTOLESI, E.; GALLI, F. **Utilizzo di Connettori in FRP nel Rinforzo di Elementi in Calcestruzzo e Muratura**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas). Universidade Politécnica de Milão, Milano – Italy, 2012.

SANTOS, V. B. **Análise Experimental da Ligação entre Concreto de Ultra-Alto Desempenho e Concretos de Resistência Normal e de Alta Resistência**. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2021.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR NM 248: Agregados – Determinação da Composição Granulométrica**. ABNT, Rio de Janeiro, 2003.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 084: Agregado Miúdo – Determinação da Densidade Real**. DNER, 1995.