

COMPORTAMENTO MECÂNICO DO CONCRETO AUTO ADENSÁVEL REFORÇADO COM FIBRAS DE AÇO, POLIPROPILENO E HÍBRIDAS

Aluno: Vitor Moreira de Alencar Monteiro
Orientador: Flávio de Andrade Silva

Introdução

O concreto, material estrutural vastamente utilizado em todos lugares do planeta, tem recebido atenção especial nas pesquisas dos últimos anos na engenharia civil. Apesar da adição de fibras não mudar consideravelmente a resistência à compressão ou o módulo de elasticidade, vários estudos sobre o concreto reforçado com fibras já mostraram que esse reforço conseguiu melhorar algumas das principais propriedades mecânicas do compósito como ductilidade, controle de abertura de fissura, entre outros. Vários tipos diferentes de fibras já foram estudados previamente, apresentando resultados diversos que dependem tanto da matriz de concreto analisada como das características da fibra estudada.

Essa melhora nas propriedades mecânicas ocorre devido à dificuldade da propagação de fissuras com o reforço da fibra no concreto. A adição de fibras promove uma transferência de tensões através das superfícies das fissuras, reduzindo a concentração de tensões em volta da fissura [1]. Além disso, o reforço com a fibra promove um comportamento de “strain-hardening” ou “strain-softening” depois de alcançado a primeira fissura dependendo do tipo de fibra utilizado. Esse comportamento conduz tanto a uma melhora na tenacidade quanto a um aumento na tensão residual para valores elevados de deformação [2]. Devido a essas características, o concreto reforçado com fibras tem sido usado para diferentes tipos de aplicação como o concreto projetado e para revestimentos de túneis [2], por exemplo.

Objetivos

Analisar o comportamento mecânico da adição de fibras de aço, polipropileno e híbridas no concreto auto adensável através do ensaio de flexão em três pontos e do ensaio cíclico.

Metodologia

Três tipos diferentes de fibras foram utilizados: duas fibras de aço (Dramix® 3D 45/30 e Dramix® 3D 80/60) e uma fibra de polipropileno (TUF Strand SF 40 mm). As fibras de aço foram estudadas para três frações volumétricas diferentes 0,5% (40 kg/m³), 1,0% (80 kg/m³) e 2,0% (160 kg/m³). O mesmo foi feito para a fibra de polipropileno: 0,33% (3 kg/m³), 0,66% (6kg/m³) e 1,10% (10kg/m³). Além disso, uma composição híbrida também foi analisada: ela foi realizada com 0,5% de fibra aço com 0,66% de fibra de polipropileno.

As medidas dos corpos de prova seguiram a norma europeia EN 14651 [3] com seção transversal de 150 x 150 mm e comprimento de 550 mm. Além disso, foi realizado um entalhe de 15 mm de profundidade com 3 mm de largura na base de cada corpo de prova.

Para cada fração volumétrica de cada fibra estudada foram moldadas três amostras. Esse processo de moldagem seguiu a seguinte rotina: adição dos agregados com 70% da água coletada na betoneira e misturados por 1 minuto; adição de todos os aditivos (sílica ativa, sílica 325 e cinzas volantes) e misturados por mais 1 minuto; cimento por 1 minuto novamente; superplastificante com os 30% restantes da água misturados agora por 10

minutos; por fim, mistura da fibra por 5 minutos. Os ensaios mecânicos foram realizados 28 dias após a moldagem dos corpos de prova.

Com o objetivo de analisar a influência da fibra no comportamento mecânico do concreto, dois tipos diferentes de ensaios foram realizados: flexão em três pontos de acordo com a norma EN 14651 [3] e ensaios cíclicos. As seguintes rotinas foram adotadas para a realização desses ensaios:

a) Flexão em três pontos

Utilizando como base a norma europeia, o ensaio foi realizado com um vão entre apoios de 500 mm. A velocidade de ensaio foi 0,10 mm/min com controle de deslocamento pelo Clip-Gauge que mede a abertura de fissura na faixa central do corpo de prova onde fica localizado o entalhe.

b) Ensaio Cíclico

Com os ensaios de flexão simples realizados, os ensaios cíclicos foram feitos somente com as maiores frações volumétricas das fibras de polipropileno e aço, além da composição híbrida. O ensaio alternava entre o controle de deslocamento controlado pelo Clip-Gauge a uma taxa de 0,2 mm/min com um descarregamento uma taxa de 6 kN/min através do controle de força do atuador da MTS. Os ciclos foram realizados para os seguintes valores de CMOD (mm): 0,08; 0,15; 0,25; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5.

Conclusões

Baseado nos resultados obtidos no laboratório, foi possível realizar todos gráficos de tensão por CMOD para cada corpo de prova analisado. Além disso, calculou-se os valores de tensão residual além da tensão de primeira fissura para cada amostra.

Para as três fibras analisadas, os principais parâmetros mecânicos aumentaram proporcionalmente com o aumento das frações volumétricas de fibra utilizadas. Apesar de haver perda considerável de trabalhabilidade do concreto com o aumento do percentual de fibras, as tensões residuais, a tenacidade e a ductilidade sofreram um aumento muito relevante. Essa tendência foi válida tanto para as fibras de aço quanto para a fibra de polipropileno, em especial para a fibra de aço Dramix® 3D 80/60, que apresentou os melhores resultados.

A adição de fibras, portanto, melhora expressivamente as propriedades mecânicas do concreto convencional.

Referências

[1] FIGUEIREDO, A. D. Concreto com Fibras de Aço. Disponível em: <<http://www.pcc.usp.br>>. Acesso em: 29 abr. 2017.

[2] MOBASHER, B; BARSBY, C; BAKHSHI, M. Comparative evaluation of early age toughness parameters in fiber reinforced concrete. *Materials and Structures*, v. 47, p.853-872, 2014. Disponível em: <www.researchgate.net>. Acesso em: 29 abr. 2017.

[3] EN 14651 – Test method for metallic fiber concrete – measuring the flexural tensile strength (Limit of proportionality (LOP), residual), 2007.