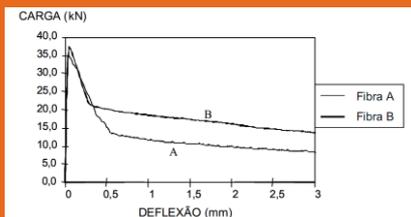


Junho 2015

TENACIDADE

Figura 1



ENSAIOS DE TENACIDADE PARA CONCRETOS REFORÇADOS COM FIBRAS

Os pavimentos industriais de concreto reforçados com fibras utilizam, comumente, os seguintes materiais:

1. Microfibras PP (Fibras sintéticas de polipropileno, Nylon ou Vidro que têm como principal objetivo o combate à retração hidráulica do concreto;
2. Macrofibras PP (Fibras sintéticas estruturais de poliolefina/polipropileno) como reforço estrutural para pavimentos industriais, revestimentos de túneis e peças pré-fabricadas que possuam significativa redistribuição de esforços. Muitas das aplicações são desenvolvidas a partir de teorias e conceitos utilizados para outros materiais e como exemplo citamos a linha de fibras estruturais da PP BarChip para reforço de concreto, que segue o mesmo conceito da fibra metálica.

As Fibras de aço ou as de Macro PP (estas sempre com módulo de elasticidade > 5 GPa e resistência à tração adequada) conseguem então atuar no concreto quando este passa da fase plástica para fase endurecida. A adição destes materiais nas dosagens usuais 20 a 30 kg/m³ para as de aço e 3 a 5 kg/m³ para as Macro PP não aumentam a resistência à tração na flexão do concreto, que continua dependendo única e exclusivamente da matriz concreto; porém garantem ao compósito um comportamento dúctil, não frágil, ou seja, capacidade de absorver e resistir carregamentos pós-fissuração da matriz concreto.

Para medir este comportamento pós-fissuração, utilizamos os ensaios de TENACIDADE, que significa capacidade de absorver carga mesmo sofrendo deformações, ou seja, com este parâmetro importante podemos quantificar a influência do tipo de fibra e dosagem no comportamento estrutural do compósito com fibras.

A definição mais aceita atualmente interpreta a tenacidade como a área sob a curva carga por deformação, que representa o trabalho dissipado no material até certo nível de deformação. **(ver fig. 1).**

Tal valor (Re_3) normalmente em percentual (%) é utilizado na avaliação dos compósitos e utilizado para dimensionamento dos pavimentos industriais segundo diversas publicações internacionais como, por exemplo:

Método de determinação da tenacidade que são largamente utilizados na Austrália, EUA e Europa em geral:

EFNARC, 1996 - European Federation of Producers and Applicators of Specialist Products for Structures

RILEM TC162-TD, 2002 - International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures

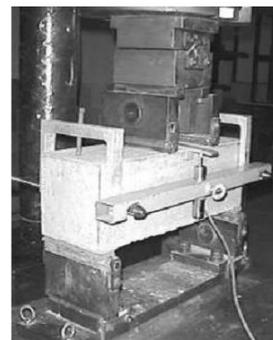
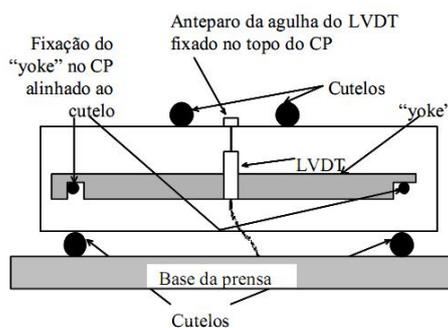
ASTM C 1609 - American Society for Testing and Materials

ASTM C 1399, 2002 - American Society for Testing and Materials

ASTM C 1550, - American Society for Testing and Materials . Round panel test

TR 34 Technical report concrete industrial floors; TR 65 Technical Report Guidance on the use of MACRO SYNTHETIC-FIBRE REINFORCED CONCRETE e TR 66 Technical Report External in Situ Concrete Paving.

O método de determinação da tenacidade mais empregado no Brasil, que também é o de concepção mais simples, é o ensaio prescrito pela Japan Society of Civil Engineers (JSCE-SF4, 1984). Trata-se de um ensaio realizado em corpos-de-prova prismáticos carregados segundo quatro cutelos.



O controle da tenacidade do concreto com fibras é o ensaio de flexão com deformação controlada. Uma condição básica para a realização desse ensaio é a utilização de prensas com capacidade de controle da velocidade de deslocamento. É também exigida a utilização do controle eletrônico de deslocamento por meio de um transdutor do tipo LVDT. O transdutor deve ser apoiado num suporte denominado "yoke", o qual se encontra apresentado na figura acima.

Não há norma brasileira sobre o assunto e existem outros fatores complicadores para a realização do ensaio de determinação da tenacidade em prismas. As variações relacionadas ao ensaio podem influenciar no resultado final, comprometendo tanto a repetibilidade quanto a reprodutibilidade do ensaio; portanto, o laboratório de controle tecnológico e a equipe técnica têm de ser qualificados.

Existem ainda outros métodos que são largamente utilizados na Austrália, EUA e Europa em geral:

EFNARC, 1996

- European Federation of Producers and Applicators of Specialist Products for Structures - Ensaio de punção de placas muito utilizado para revestimentos de túneis, pois mede a energia dissipada em JOULES;

RILEM TC162-TD,2002

- International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures - Ensaio europeu de concepção distinta dos ensaios aqui mencionados. Consiste no ensaio de tração na flexão de uma viga dotada de entalhe na sua base. Obtêm-se também valores em tenacidade e é considerado um dos ensaios mais promissores, pois faz associação a uma norma de dimensionamento de estruturas de concreto reforçadas com fibras;

ASTM C 1609

- American Society for Testing and Materials - Substituiu o ensaio ASTM C1018 e também é um ensaio de tração na flexão com corpos-de-prova prismáticos. A principal diferença entre este e o JPCE-SF4 é que elimina a instabilidade pós-pico através de um dispositivo chamado de “closed loop servo-controlled machine”. A instabilidade pós-pico prejudica a verdadeira performance do concreto reforçado com fibras e sempre que possível deve ser evitada;

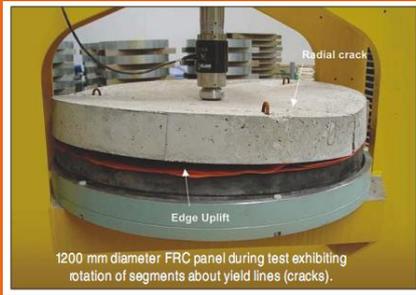
ASTM C 1399, 2002

- American Society for Testing and Materials - Este ensaio normalmente é efetuado em laboratórios que não possuem equipamentos para realização dos testes ASTM C1609 ou JSCE-SF4. Prescreve a utilização de uma placa de aço sob o corpo-de-prova durante o carregamento inicial até uma deflexão de 0,5 mm, induzindo a fissura sem instabilidade. Após a indução, é removida a placa e o corpo-de-prova é novamente carregado, obtendo-se então uma nova curva de carga por deflexão. Neste ensaio, obtemos uma resistência residual média (ARS). Estes valores de ARS podem caracterizar desempenho entre diferentes fibras, porém de forma alguma serve como parâmetro para obtenção do Re_3 utilizado no dimensionamento de pavimentos industriais, pelo motivo de desprezar a área imediata após a primeira fissura do compósito, não determinar o comportamento do compósito para pequenas aberturas de fissuras, não definir a resistência do concreto, além do que só é adequado para peças de concreto com dimensões de até 10 cm de espessura, uma vez que as dimensões do prismático utilizadas neste ensaio são de 100 mm x 100 mm x 350 mm, enquanto que na ASTM C 1609 o prismático tem usualmente 15 cm. “Para medir desempenho é importante que as dimensões do prismático sejam próximas com as da aplicação. Sabemos também que as Macrofibras trabalham melhor em seções maiores, enquanto que as fibras de aço em seções menores” (STEFAN BERNANRD);

ASTM C 1550, AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS . ROUND PANEL TEST

- É citado em algumas publicações (Bekaert-Tunneling the Word vol 2) como o teste ideal para determinar o comportamento das fibras no concreto, substituindo, então, o clássico teste de vigas realizado em corpos-de-prova prismáticos, pois apresentam diversas vantagens, como pequena variação dos resultados devido ao fato de que o padrão de fissuração se repete em todos ensaios, eliminação do corte induzido no corpo-de-prova, não ocorrência do efeito de borda e distribuição randômica e não direcionada das fibras. O teste prescreve aplicar uma carga pontual no centro de um painel que mede 800 mm de diâmetro e 75 mm de espessura.(fig. 3)

Figura 3



Obtém-se então um gráfico carga x deformação, no qual a área debaixo da curva representa a energia absorvida em JOULES.

Infelizmente, muitos destes ensaios não estão disponíveis no Brasil; porém, como foi dito anteriormente, para o dimensionamento de pavimentos industriais temos duas alternativas: utilizarmos a norma Japonesa JSCE-SF4 ou a ASTM C1609. Vale ressaltar que para estes ensaios serem realizados com frequência precisaríamos de uma quantidade maior de laboratórios capacitados e que fossem exigidos ensaios de tenacidade como exigimos os ensaios de compressão, mas este seria assunto para outro artigo.

Marcelo Toledo Quinta