

4 Conclusões e Sugestões

4.1. Conclusões

Neste trabalho foi apresentado um estudo do reforço à força cortante com compósitos de fibras de carbono.

Os casos de utilização do reforço com compósitos de fibras de carbono apresentados no capítulo 2 mostram que este tipo de material vem sendo utilizado com sucesso na recuperação de estruturas em todo o mundo, comprovando sua praticidade e eficiência.

Com base nos resultados experimentais obtidos na literatura foi constatado que a utilização do reforço externo com compósitos de fibras de carbono aumenta de forma significativa a resistência à força cortante. Em relação às vigas de referência, o ganho de resistência à força cortante nas vigas reforçadas foi de 18% em Diagona (2003) a 255,6% em Beber (2003). Este ganho de resistência nem sempre é proporcional ao acréscimo na quantidade de reforço.

O modo de ruptura das vigas reforçadas mais observado foi o descolamento do reforço, mostrando que a ancoragem é um fator extremamente importante no projeto de vigas de concreto com reforço externo colado. Por fornecer uma melhor ancoragem, o método mais eficiente de reforço é o envolvimento completo da seção.

Outro tipo de ruptura observado em algumas vigas reforçadas foi a ruptura por esmagamento do concreto, mostrando que um limite para o reforço à força cortante deve ser dado pela resistência à compressão da biela comprimida.

Foi desenvolvido um modelo de cálculo do ângulo de inclinação da biela de compressão em vigas de concreto armado reforçadas externamente, baseado na teoria do campo de compressão diagonal. Os valores dos ângulos calculados através deste modelo, para as vigas dos ensaios experimentais, ficaram fora da faixa considerada pela NBR 6118 (2003), que é de 30° a 45°.

Quatro modelos para o cálculo da parcela da força cortante resistida pelo reforço externo foram comparados de duas formas, uma adotando o ângulo de inclinação da biela de compressão variável e outra adotando o ângulo igual a

45°. Verificou-se que o modelo mais adequado para o cálculo desta parcela foi o de Chen e Teng (2003 a, b). Os modelos de Khalifa et al. (1998) e de Triantafyllou e Antonopoulos (2000) que são utilizados pela *fib* Bulletin 14 (2001), pelo manual ISIS (2001) e pelo ACI Committee 440 (2001), não apresentaram bons resultados no cálculo da força cortante resistida pelo reforço externo.

Com o objetivo de obter uma metodologia para o cálculo direto da área de reforço, dois algoritmos foram desenvolvidos, implementados e compilados no programa MAPLE V (1997), utilizando a NBR 6118 (2003) e o modelo de Chen e Teng (2003 a, b). Um algoritmo considera o ângulo da biela de compressão variável e outro considera o ângulo igual a 45°. Para avaliar a eficiência dos algoritmos, os resultados das áreas de reforço calculadas foram comparadas com as áreas adotadas nos ensaios experimentais. Os dois algoritmos apresentaram resultados conservativos para o valor da área de reforço. O algoritmo que apresentou melhores resultados foi o que considerou o ângulo igual a 45°.

Esse resultado conservativo pode ser atribuído à avaliação da parcela da força cortante resistida pela viga sem o reforço externo, que tem grande influência no cálculo da área de reforço. No caso do dimensionamento considerando o ângulo variável esta diferença é ainda maior, pois a parcela V_c ainda sofre uma redução com a diminuição de θ . Foi feita uma comparação entre os valores destas parcelas obtidos em ensaios experimentais e os valores calculados com base nas seguintes normas NBR 6118 (2003), ACI 318 (1995), Eurocode 2 (2001) e CSA-A23 (1994). A maioria das vigas não tinha armadura transversal de aço. Verificou-se que os resultados teóricos para o valor da resistência à força cortante da viga sem reforço externo são conservativos, sendo que a NBR 6118 (2003) apresentou os resultados mais próximos dos valores experimentais.

Qualquer erro na avaliação das características físicas das vigas ou do material do reforço, nos ensaios experimentais, irá influenciar os resultados dos algoritmos para dimensionamento da área de reforço e dos modelos de cálculo da parcela da força cortante resistida pelo reforço.

4.2. Sugestões

A seguir são apresentadas algumas sugestões para o desenvolvimento de trabalhos futuros:

- Estudos experimentais sobre o mecanismo de ancoragem do reforço, visto que o modo de ruptura mais freqüente é o descolamento.

- Aprimoramento dos modelos teóricos para o cálculo da parcela da força cortante resistida pelo reforço externo.

- O desenvolvimento de um modelo teórico para o cálculo da parcela da força cortante resistida pelo reforço externo considerando o ângulo de inclinação da biela de compressão variável.

- Estudos experimentais sobre o reforço externo colado, apresentando o resultado do ângulo da fissura diagonal.

- Investigar o cálculo da parcela resistida por mecanismos complementares ao da treliça adotado pela NBR 6118 (2003), comparando com novos resultados de ensaios experimentais.

- Estudo do cálculo da resistência total das vigas estabelecidos por diversas normas, considerando o somatório das as parcelas da força cortante resistidas pelo reforço externo, pela armadura transversal de aço e pelos mecanismos complementares ao da treliça.

- O desenvolvimento de um modelo mais apropriado para o dimensionamento da área de reforço em conjunto com a NBR 6118 (2003).

- Novos estudos a respeito de esquemas especiais para a ancoragem do reforço em situações onde não é possível envolver completamente a seção com o reforço externo colado.

- Estudos experimentais para a obtenção direta da deformação específica do compósito em vigas de concreto com reforço externo colado.