

6– CONCLUSÕES E SUGESTÕES

6.1. Conclusões

Neste são foram estudados experimentalmente pilares interceptados por vigas em uma e duas direções, de concreto de resistência inferior (30 MPa) à resistência do concreto dos pilares (70 MPa), com o objetivo de investigar os efeitos do confinamento lateral no nó viga-pilar promovido pelas vigas.

As conclusões do trabalho são restritas somente às características dos espécimes tais como: a geometria dos espécimes; a razão entre a resistência à compressão do concreto do pilar e da viga; a razão entre a altura da viga e a dimensão do pilar; taxa de armadura do pilar e taxas de armadura das vigas; entre outras.

A carga de ruptura adotada quando a ruptura ocorre no nó é igual à carga máxima obtida no pilar mais carregado, pois se considera que a carga da viga atua no nó. As conclusões são as relacionadas a seguir.

1) Efeito do confinamento por vigas

O aumento da carga de ruptura dos pilares interceptados por vigas em uma e duas direções em relação ao espécime PI-30 (isolado e com resistência à compressão do concreto igual à da viga) é melhor estimado quando se utiliza os pilares interceptados por vigas com $\rho = 0,5\%$ para esta comparação, visto que neste caso a armadura que atravessa o nó e a ação de confinamento gerada pela aplicação de um momento fletor na viga são menores. Sendo assim, estima-se que há um aumento de 18% e 53%, em média, da carga de ruptura dos pilares interceptados por vigas em uma e duas direções, respectivamente.

2) Efeito da variação da taxa de armadura

Nos pilares interceptados por vigas em uma direção não há variação na força de ruptura, pois a ruptura ocorre entre os estribos do pilar, na face que não está confinada por vigas no lado em que a força excêntrica no pilar é aplicada.

Nos pilares interceptados por vigas nas duas direções, o aumento da taxa de armadura de $\rho = 0,5\%$ para $\rho = 1,0\%$ resulta no aumento da força de ruptura dos espécimes com deformação inicial na armadura de tração da viga de 1mm/m e 2mm/m em 36% e 8%, respectivamente.

3) Efeito da variação da deformação inicial na armadura da viga

Não há diferença significativa entre os espécimes submetidos a deformações iniciais de 1 mm/m e 2 mm/m nos pilares interceptados por vigas em uma ou duas direções, pois os estribos no nó confinam a expansão lateral do concreto do nó, em especial na região próxima à armadura de tração. Nos espécimes de Ospina e Alexander (1997) não há estribos no nó, e isso faz com que a redução na carga máxima com o aumento da deformação inicial ε_{inic} na armadura longitudinal da laje seja significativa.

4) Alternativas para assegurar a segurança da estrutura

Em um nó pilar-viga, que não apresente as quatro faces totalmente confinadas, sugere-se a utilização da técnica de “*puddling*”, pois desta forma o concreto do nó é igual ao concreto do pavimento e a capacidade final do pilar é alcançada.

Quando as quatro faces do nó pilar-viga estão totalmente confinadas a capacidade final do pilar pode ser alcançada, mesmo se a resistência à compressão do concreto da viga for inferior a do pilar. Para tal, deve-se utilizar uma quantidade suficiente de armadura longitudinal da viga para garantir que a resistência efetiva do nó supere o valor da resistência à compressão do pilar.

Para assegurar a segurança da estrutura deve-se, no caso citado acima, utilizar a técnica de “*puddling*”, pois é observado nos ensaios que nos espécimes com viga nas duas direções a armadura longitudinal do pilar escoou em média com 69% da carga de ruptura e que a partir deste momento o nó passa a estar submetido a altos níveis de tensão.

5) Ruptura dos espécimes

A ruptura no nó dos espécimes interceptados por vigas em uma direção ocorre quando a deformação de escoamento da armadura longitudinal da viga no meio do nó é alcançada. Nos pilares interceptados por vigas nas duas direções a ruptura ocorre quando todas as barras do nó atingem a deformação de escoamento.

6) Comportamento dos espécimes

Todos os espécimes com vigas com $\rho = 0,5\%$ e $\rho = 1,0\%$ apresentam a expansão do nó ao longo de toda a superfície da interface viga-pilar. Os espécimes com viga em uma direção e com $\rho = 1,6\%$ e $\rho = 2,5\%$ têm a expansão do nó, na parte superior do nó, restringida devido à força de compressão gerada pelo momento aplicado na viga.

Após o escoamento da armadura longitudinal do pilar, no lado mais comprimido, a armadura de tração da viga no interior do nó passa a restringir a expansão do nó até que a deformação de escoamento destas barras é atingida e ocorre a ruptura do espécime no nó.

7) Deslocamentos

De acordo com os transdutores de deslocamento, há uma rotação do pilar superior, enquanto os valores no pilar inferior pouco se alteram. Isto ocorre devido ao esmagamento do concreto do lado mais comprimido do nó.

8) Influência da força excêntrica no pilar

A inclusão do efeito da excentricidade acidental na carga aplicada no pilar é válida, visto que os ensaios apresentam resultados mais próximos do comportamento observado na prática.

9) Estimativa da força atuante no nó

Para fins de análise do comportamento do nó pilar-viga a carga de ruptura, quando a ruptura ocorre no nó, é considerada igual à carga máxima obtida no pilar mais carregado, pois se considera que a carga da viga atua no nó. Quando a finalidade é o dimensionamento da resistência efetiva do nó a carga de ruptura adotada passa a ser igual à do pilar menos carregado, pois é mais conservativo considerar que a carga atuante no pavimento não atua no nó.

10) Escoamento da armadura longitudinal do pilar

A força aplicada no pilar quando a armadura de compressão do pilar atinge a deformação de escoamento é em média igual a 78% e 69% para os pilares interceptados por vigas em uma e nas duas direções, respectivamente.

11) Método de cálculo

Os métodos de Shu e Hawkins (1992) e do CEB-FIP (1990) fornecem os valores da resistência efetiva dos espécimes interceptados por vigas em uma e nas duas direções, respectivamente, na tese e na literatura próximos.

12) Estado limite último

Os valores das cargas de ruptura calculadas com a resistência efetiva obtida pelos métodos de cálculo disponíveis na literatura são muito maiores do que os valores das cargas de ruptura obtidas observando-se os limites de deformação estabelecidos nos domínios de deformação da NBR6118:2003. Em alguns casos este valor chega a ser o dobro.

6.2.Sugestões para trabalhos futuros

6.2.1.Variáveis

O número de variáveis que podem influenciar a resistência de pilares interceptados por vigas ou lajes de concretos de menor resistência é relativamente grande. A continuação do presente trabalho deve incluir:

1) Modificação nas variáveis.

Refazer o programa experimental para diferentes valores da relação f_{cc}/f_{cs} , h/c , taxas da armadura do pilar ou da viga e o uso de lajes.

2) Alterar a geometria do espécime.

Construir espécimes com seções transversais do pilar superior e inferior diferentes. Utilizar a largura da viga inferior à largura do pilar.

3) Uso de viga ou laje de concreto protendido.

Verificar qual a influência sobre o confinamento na região do nó, em que o pilar é interceptado por uma viga ou laje de concreto protendido.

4) Aplicação de carga horizontal.

Simular o efeito de cargas horizontais, provenientes da ação do vento em edifícios altos.

5) Concreto com adição de fibras de aço.

Adicionar fibras de aço na composição do concreto da viga e/ou laje, uma vez que McHarg *et al.* (2000a) comprovou que há um aumento na resistência e rigidez do nó com o uso das mesmas.

6) Presença de furos na laje.

Observar a influência da presença de furos verticais na laje e próximos ao pilar no confinamento do nó.

6.2.2.Aparato experimental

A continuação do presente trabalho deve incluir modificações no aparato experimental tais como:

1) Melhorar o sistema de travamento superior do pilar.

- 2) Modificar o sistema de aplicação de carga para que todas as cargas aplicadas, tanto no pilar como na viga, atuem na mesma direção.
- 3) Utilizar rótulas universais nas extremidades do pilar.
- 4) Medir o encurtamento e/ou a expansão do nó com transdutores de deslocamento localizados na extremidade do mesmo.
- 5) Instrumentar todas as barras do pilar, tanto no nó como nos pilares superior e inferior.