

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA DUCTILIDADE DE PILARES DE CONCRETO ARMADO.

Carlos Pitágoras Pereira Friaça, Mônica Pinto Barbosa - Engenharia Civil - Engenharia Civil - Departamento de Engenharia Civil - Faculdade de Engenharia - Campus de Ilha Solteira.

Ensaio de pilares de Concreto de Alta Resistência (CAR), confinados e submetidos à compressão centrada, têm mostrado que o comportamento mecânico desses elementos apresenta características diferenciadas das dos pilares de concreto de resistência usual. Os ensaios mostram ainda que o comportamento mecânico dos pilares de CAR é influenciado por diversos fatores, dentre os quais destacam-se: a resistência do concreto, o cobrimento, a geometria, a taxa, o diâmetro e o espaçamento da armadura transversal, e, por fim, a tensão de escoamento da armadura de confinamento.

Observou-se, em pesquisas experimentais que, em geral, o comportamento é caracterizado pela ruptura brusca do cobrimento do concreto e que, em compressão axial, apenas a área do núcleo do concreto, delimitada pelas armaduras transversais deve ser considerada no cálculo da resistência à compressão axial dos pilares de CAR. Isto se deve ao fato dos pilares apresentar rompimento brusco da camada de cobrimento, resultando em perda de capacidade resistente.

Assim, o comportamento frágil deste material pode ser um inconveniente. A natureza de ruína, frágil ou dúctil, em estruturas de concreto armado vem a ser um dos principais assuntos relacionados à segurança. Apesar deste comportamento frágil, estudos mostram que a confiabilidade neste material é alta, porém não existem normas específicas para a produção e utilização deste tipo de material. A NBR 6118/ 2003 não se aplica a concretos ou estruturas de concreto com resistência característica superior a 50 MPa. Da mesma forma as ferramentas computacionais existentes auxiliam a elaboração de projetos estruturais, mas não dispõe de parâmetros suficientes para tratar de forma diferenciada este tipo especial de concreto.

O programa CASTEM 2000 permite a partir dos dados obtidos pela análise da estrutura, calcular a tensão, deformação e o deslocamento das estruturas a serem analisadas. O código apresenta um sistema completo que integra não somente a função de cálculo propriamente dita, mas igualmente as funções de construção do modelo e do tratamento de resultados.

Os modelos reológicos que descrevem o comportamento não linear para os materiais aço e concreto são o elastoplástico perfeito e elastoplástico de Druker-Prager, respectivamente. Os Modelos Elastoplásticos são modelos combinados que procuram retratar o comportamento de um dado material quando solicitado, definindo dois trechos distintos na curva tensão \times deformação, um elástico e outro plástico, ocorrendo portanto deformações elásticas e inelásticas (residuais).

Várias teorias foram concebidas por diversos pesquisadores a exemplo de Tresca, Von Mises, Mohr-Coulomb, Drucker-Prager, entre outros, que desenvolveram analiticamente superfícies de plastificação que procuram delimitar através de uma fronteira os regimes elástico e plástico.

Os métodos numéricos de resolução de problemas não lineares são geralmente baseados em processos incrementais que consistem em dividir a força total em incrementos aplicados na estrutura, obtendo-se assim os deslocamentos calculados a partir de uma linearização sobre a força incremental das equações de equilíbrio.

Segundo Proença (1988) a solução de problemas não lineares solucionados via método dos elementos finitos deve seguir alguns procedimentos. Uma vez adotada uma lei de plasticidade que retrata a não linearidade física do material concreto, uma correção sobre a força incremental é introduzida utilizando procedimentos iterativos. Assim, para um estado de carregamento, calculam-se via Método dos Elementos Finitos os deslocamentos e, aplicando equações de compatibilidade, as deformações e as tensões. Utilizando a lei de plasticidade adotada corrigem-se as tensões calculadas, provocando um estado de tensão não compatível ao ocasionado pelo carregamento. Desta forma, irá existir uma diferença entre a força aplicada e a força necessária para restabelecer o equilíbrio, devendo esta diferença ser correspondente ao grau de precisão desejado.

Nas simulações numéricas realizadas, buscou-se verificar da influência da taxa de armadura transversal na ductilidade dos pilares e na capacidade de carga dos mesmos, comparando os resultados obtidos experimentalmente por Lima (1997). A Figura 1 abaixo apresenta o resultado de calibração do programa comparando o resultado obtido numericamente com o experimental.

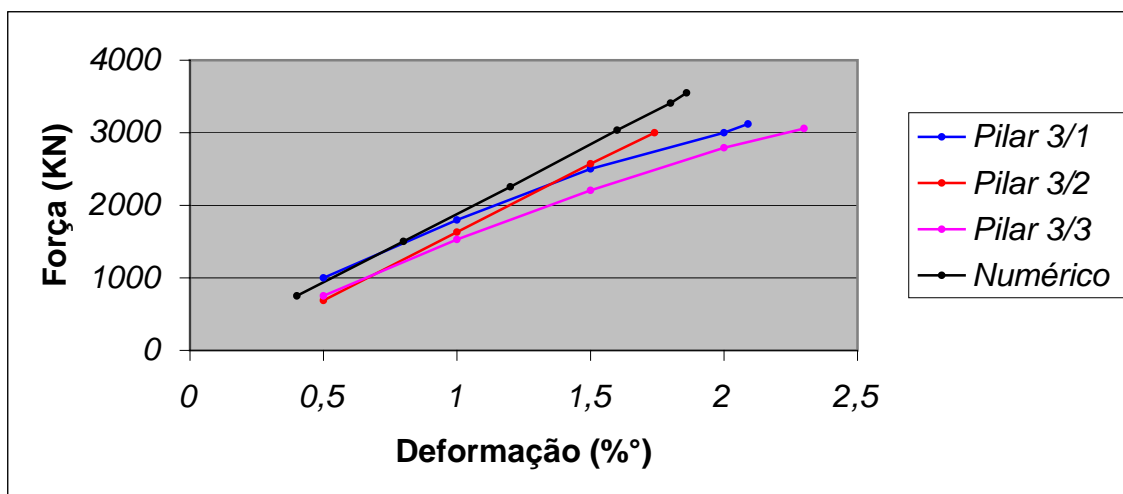


Figura 1 - Simulação numérica para os pilares da 3ª série ensaiada por Lima (1997)

Para a mesma série de pilares ensaiadas por Lima (1997), variando os valores da resistência do concreto e da taxa de armadura transversal, obtivemos a Figura 2.

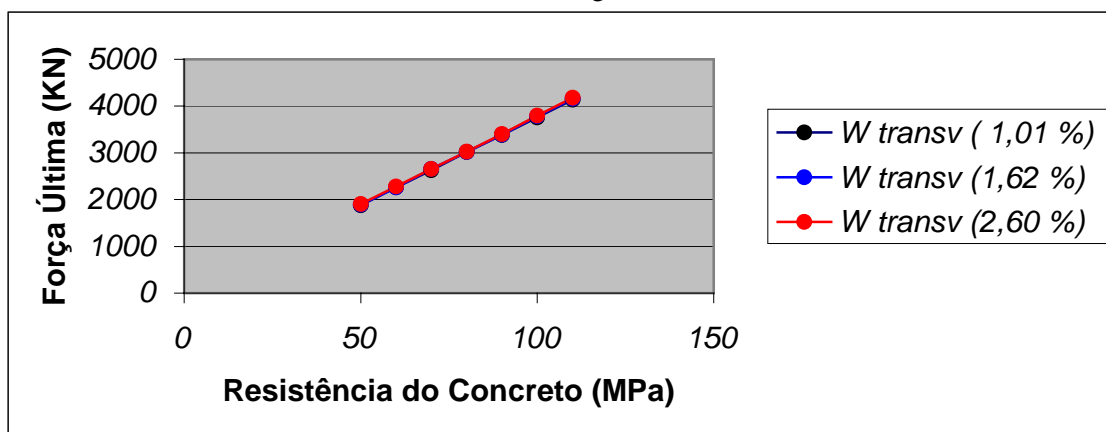


Figura 2 - Gráfico $F_{CK} \times F_{última}$ para os pilares da série 3ª série ensaiada por Lima (1997)

Nas simulações numéricas foram usadas as mesmas condições de geometria e características do concreto e aço, cujos resultados obtidos numericamente mostraram uma pequena melhoria na resistência última dos pilares para aqueles que apresentavam maiores taxas de armadura transversal.

O aumento na resistência do núcleo de concreto, devido ao confinamento de estribos, foi detectado nessa análise de concreto de alta resistência, sendo o efeito do confinamento maior para maiores taxas de armaduras transversais. Assim, pode-se dizer que a taxa de armadura transversal de 2,6 % usada nos pilares da 3ª série confina melhor o núcleo do concreto quando comparado com a taxa de armadura de 1,01 % usada inicialmente.

O comportamento das tensões no pilar corresponde à esperada, mostrando inclusive o comportamento de confinamento das armaduras sobre os pilares. Os resultados obtidos mostram que a simulação numérica para os parâmetros considerados foi válida, dando boas perspectivas para a continuação do trabalho no projeto de iniciação científica que já se desenvolve por dois anos.

Referências Bibliográficas

CLAESON, C. e GYLLTOFT, K. *Slender concrete columns subject to sustained and short-term eccentric loading*. ACI journal, v. 97, No. 1, 2000

CUSSON, D. e PAUTRE, P. *Stress-strain model for confined high-strength concrete*. Journal of structural engineering. ASCE. v. 121 No. 3, 1995,

GAMINO, A. L., BARBOSA, M. P., Vigas de Concreto Armado de Alto Desempenho: Análise Numérica da Ductilidade Através do Código de Cálculo CASTEM 2000. In: 44o Congresso Brasileiro do Concreto – Ibracon, 2002a, Belo Horizonte-MG. CDROM, 2002^a

JACOMASSI, LUCIANA MARQUES DA COSTA. Artigo “Análise do Comportamento Estrutural de Pilares de CAD Submetidos a Carregamentos Centrados e Excêntricos Usando o Software CASTEM 2000 “ - Métodos Computacionais em Engenharia – Lisboa, 31 de Maio a 2 de Junho, 2004 – APMTAC, Portugal 2004.

LIMA, F. B. Pilares de Concreto de Alto Desempenho: Fundamentos e Experimentação. São Carlos, 1997. 110p. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade São Paulo.

Bolsa : CNPq/PIBIC