

ANÁLISE NUMÉRICA DE LAJES ALVEOLARES DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO

Cybelle Leodoro da Silva (PIC/Uem), Anamaria Malachini Miotto Farah (Orientador), e-mail: anamiotto@uol.com.br

Universidade Estadual de Maringá / Departamento de Tecnologia /Maringá, PR.

Engenharia Civil - Estruturas

Palavras-chave: laje alveolar, concreto protendido, ABAQUS

Resumo:

Compreende-se que a melhor forma de determinação do comportamento de um elemento de laje alveolar é a experimentação em laboratórios, mas essas simulações demandam tempo e recursos financeiro. Neste contexto, este trabalho tem o objetivo de simular numericamente, através do software ABAQUS versão 6.12 com base no método dos elementos finitos, o ensaio realizado por CATOIA (2011) em lajes alveolares protendidas, contidos em sua tese de doutorado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Com os resultados obtidos, obteve-se um comparativo entre o modelo físico e o modelo numérico, sendo as discrepâncias entre os modelos justificadas com base nas adaptações do modelo e na omissão da interação do cisalhamento. Concluiu-se que a simulação numérica apresenta menor valor de deslocamento, ou seja, flecha.

Introdução

O desperdício de materiais, no setor da construção civil, tem sido abordado de forma frequente, por ser um tema extremamente relevante. É inegável a evolução da construção civil no país nos últimos anos, mas a construção civil ainda apresenta uma baixa produtividade comparada com outras vertentes de trabalho.

A modernização da construção civil engloba o uso de estruturas pré-moldadas. O emprego do concreto pré-moldado é fundamentado na racionalização e no avanço da industrialização da construção. Com isso em mente, temos as lajes alveolares pré-moldadas de concreto, as quais suprem diversos sistemas e reduzem drasticamente o desperdício de materiais em canteiro de obras visto que são, em sua grande maioria, fabricadas em indústrias alheias ao canteiro e podem ser utilizadas como laje de piso ou como painéis de vedação.

Sabe-se que a maneira mais precisa de analisar os modelos das lajes alveolares protendidas seria, de fato, por testes em laboratório. Entretanto, levando em conta que os experimentos necessitam de recursos financeiros e tempo hábil, as simulações numéricas são empregadas para previsão de resultados.

Visto a importância desse sistema estrutural, CATOIA (2011) analisou o comportamento e desempenho mecânico de lajes alveolares protendidas brasileiras, as quais apresentam pequena espessura e alta protensão.

No contexto exposto, foi escolhida um modelo de laje testada em laboratório e analisada na tese de CATOIA (2011) para servir de modelo numérico a ser testado no programa ABAQUS versão 6.12. Sendo o software ABAQUS um pacote comercial para análise de estruturas, o qual se fundamenta no método dos elementos finitos.

Materiais e métodos

Dedicou-se um tempo à pesquisa pura sobre as funções e métodos utilizados no software ABAQUS versão 6.12. Para isso, desenvolveram-se leituras através da internet e de materiais desenvolvidos pelo próprio fabricante, como o manual do usuário.

Efetou-se um levantamento das várias dimensões de lajes testadas por CATOIA (2011) e escolheu-se o modelo L5_S-20-5D12,7-Z_F, testado sob flexão. É importante frisar que a laje escolhida não possui capa e pertence ao lote Z.

Esquemáticamente, temos a laje modelada sendo apresentada na figura 1.

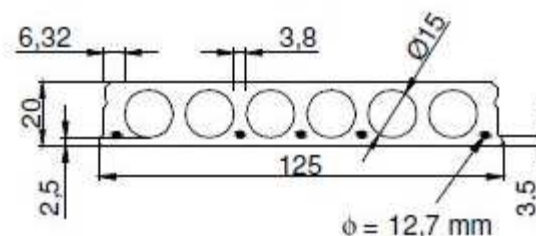


Figura 1 - Esquema do modelo físico da laje alveolar protendida
FONTE: CATOIA (2011)

O modelo físico foi adaptado para que a malha fosse melhor ajustada. Para isto, o círculo que representa os alvéolos foi representado por um quadrado de área equivalente.

Como descrito por CATOIA (2011), o modelo físico da laje é ensaiado com o auxílio de vigas metálicas posicionadas na laje de reação, afim de servirem de apoio. Após a fixação dos apoios, realiza-se o adequado posicionamento do modelo e a limpeza de sua parte superior. Após isto, posiciona-se a laje de transferência de força sobre tiras de borracha. O carregamento é proporcionado por um atuador hidráulico alimentado por uma bomba manual, sendo aplicado na faixa central da laje.

Tendo em mente o modelo físico, a simulação numérica foi disposta sobre apoios e o carregamento foi igualmente distribuído em uma faixa central da laje.

A protensão utilizada no modelo numérico é a mesma descrita na tese de CATOIA (2011), sendo aplicada uma força de protensão de 114 kN por cabo. O carregamento central de compressão que simula o atuador hidráulico tem seu valor em $566,2 \text{ kN/m}^2$. Sendo o carregamento aplicado em uma área de aproximadamente $0,25 \text{ m}^2$.

A simulação numérica fez uso de um concreto suposto com seu módulo de elasticidade correspondente à 28 dias sendo de 29,2 GPa.

As cordoalhas de aço utilizadas na laje alveolar apresentam módulo de elasticidade de 200 GPa e módulo de Poisson de 0,3.

Com o intuito de avaliar o deslocamento proporcionado na laje sobre o efeito da carga aplicada, realizaram-se simulações numéricas no elemento estrutural de laje alveolar protendida.

Para a realização das simulações numéricas foi utilizado o programa de computador ABAQUS, versão 6.12, que adota o Método dos Elementos Finitos como base para seu sistema de análise.

Resultados e Discussão

Foi exposto por CATOIA (2011), que a laje L5_S-20-5D12,7-Z_F testada não apresentou um valor satisfatório por não se aproximar do valor previsto. De todas as lajes ensaiadas, as que apresentaram desempenhos melhores foram as com maior comprimento, maior número de cordoalhas e elevada protensão. Como explicado em sua tese, os resultados obtidos no modelo físico foram inferiores aos obtidos teoricamente e o momento último teve seu valor próximo ao do momento de fissuração, o que não era esperado nos cálculos teóricos.

Tendo em vista que o momento M_{exp} é de 109,70 kN e o momento M_{rk} é de 135,54 kN, temos uma relação M_{exp}/M_{rk} de 0,81, que corresponde a um deslocamento de aproximadamente 8,6 mm.

Na simulação numérica, aplicou-se o momento M_{exp} de 109,70 kN, afim de representar o modelo físico. Entretanto, é de importante ressaltar que os resultados do modelo numérico são fundamentados no ensaio de flexão, tendo uma análise linear, e não consideram a parcela cisalhante que pode ter influenciado os resultados expostos na laje alveolar protendida ensaiada em laboratório.

Os resultados obtidos com o software ABAQUS, apresentaram um valor de flecha de aproximadamente 2,45 mm.

Segundo DEBS (2000), a resistência ao cisalhamento é influenciado diretamente em elementos fletidos. Tendo isso em vista, devemos frisar que o modelo numérico formulado no ABAQUS versão 6.12 foi submetido apenas a força de compressão e não considerou a interação cisalhamento-flexão que modificam a resistência à flexão. O efeito de interação dos mecanismos é notado no modelo físico pela presença de fissuras de cisalhamento na laje alveolar protendida.

Conclusões

O modelo numérico criado com o software ABAQUS versão 6.12 apresentou uma flecha reduzida quando comparada com o modelo físico ensaiada por CATOIA (2011) em sua tese de doutorado. A iteração dos mecanismos de cisalhamento e flexão foi o principal catalizador da discrepância entre os modelos. A impossibilidade de realizar, de forma simples, um modelo numérico que trabalhasse de forma não linear foi o agente responsável por essa falta de representação da iteração flexão-cisalhamento.

Ao término da simulação numérica, obtivemos um valor de aproximadamente 2,45mm de flecha, enquanto que no modelo físico o valor foi de aproximadamente 8,6mm. Conclui-se que existe a necessidade de correção para valores encontrados com ajuda de softwares afim de que eles representem de forma satisfatória os modelos de lajes alveolares protendidas utilizadas no canteiro de obras.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2006). **NBR9062 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**. Rio de Janeiro.

EL DEBS, M. K. (2000). **Concreto pré-moldado: Fundamentos e Aplicações**. São Carlos, EESC-USP, p. 206.

CATOIA, Bruna. (2011). **Lajes alveolares protendidas: cisalhamento em região fissurada por flexão**. São Carlos 323p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.