

Uma análise mais exata das deformações de lajes de concreto-armado

Nos últimos anos, devido à crescente necessidade de melhor aproveitamento dos espaços internos de um edifício, duas grandes tendências se consolidaram no mercado:

utilização de elementos estruturais mais esbeltos;
emprego de vãos livres cada vez maiores.

Diante disso, tornou-se fundamental uma análise mais precisa do comportamento de lajes (planas e nervuradas), principalmente em relação às suas deformações. Vale lembrar que o aparecimento de flechas excessivas num pavimento pode inviabilizar totalmente a utilização de uma obra. Foi exatamente para suprir esta necessidade que a TQS lançou, no primeiro semestre de 2000, o programa que calcula grelhas considerando o comportamento não-linear (elastoplástico) do concreto-armado, isto é, levando em conta a perda de rigidez da estrutura devido a fissuração. Este programa já está sendo plenamente utilizado e, às vezes, tem até surpreendido muitos projetistas. As deformações das lajes agora estão sendo calculadas com muito mais exatidão.

Modelo Adotado

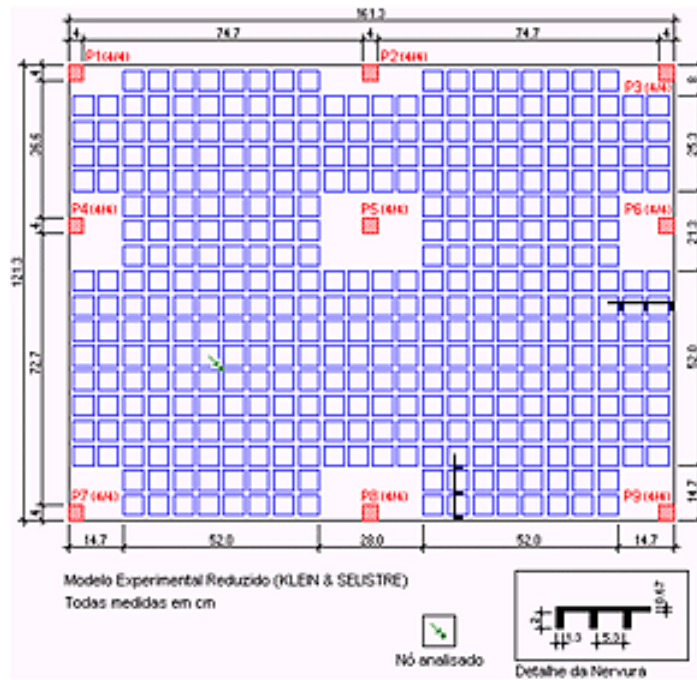
Toda a implementação do programa Grelha Não-Linear/TQS foi baseada na tese de doutoramento desenvolvida na Escola de Engenharia de São Carlos/USP pelo prof. Dr. Roberto Chust de Carvalho intitulada "Análise Não-Linear de Pavimentos de Edifícios de Concreto através da Analogia de Grelha" (orientador: Prof. Dr. Mounir Khalil El Debs).

Existem diversas técnicas e modelos que podem representar muito bem o comportamento não-linear de uma laje de concreto-armado. Eis algumas características principais adotadas pelo programa:

resolução da grelha pelo processo do carregamento incremental, isto é, o carregamento total é subdividido e aplicado em diversas parcelas sucessivamente;
utilização da relação momento-curvatura segundo o CEB90 (CEB-FIP Model Code 1990) para avaliar a variação de rigidez das barras da grelha.

Exemplo

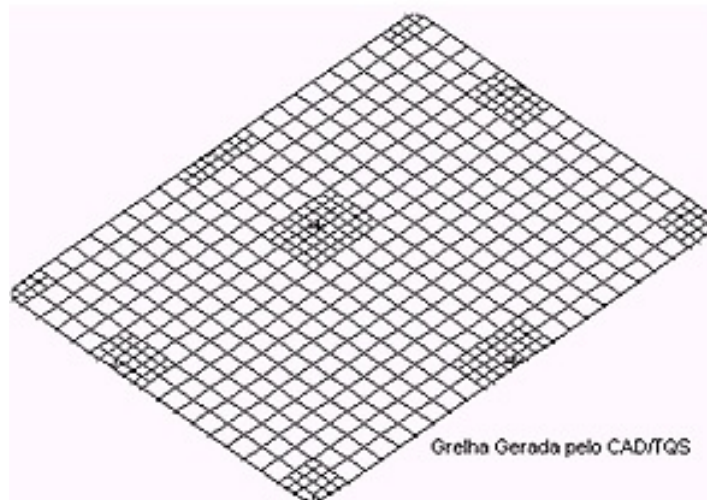
Inúmeros testes, inclusive projetos reais, foram realizados para a validação do programa. A seguir, será demonstrado o comparativo de um exemplo extraído do artigo publicado pela ABECE (Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural) em agosto de 2000, intitulada "Avaliação da deformação de lajes nervuradas considerando a não-linearidade física: comparação entre valores teóricos e experimentais", de autoria de: OLIVEIRA, R. S.(1), ARAÚJO, D. L.(1), CORRÊA, M. R. S.(2) e RAMALHO, M. A.(2). Esse artigo revela com muita clareza as vantagens da aplicação da análise não-linear física em lajes perante a análise linear tradicionalmente utilizada. Os resultados numéricos obtidos pelo programa são comparados com os valores experimentais de um modelo reduzido de laje nervurada ensaiado por KLEIN, D. L. & SELISTRE, S. L. C. (1997).



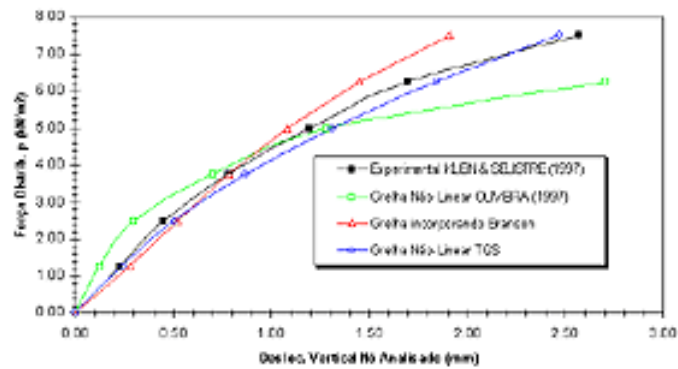
Carregamento	$p = 7,5 \text{ kN/m}^2$
Concreto	$f_{ck} = 2,77 \text{ kN/cm}^2$
	$f_{ctk} = 0,236 \text{ kN/cm}^2$
	$\nu = 0,2$
	$E_c = 3.640 \text{ kN/cm}^2$
Aço	$f_{yk} = 50 \text{ kN/cm}^2$
	$E_s = 21.700 \text{ kN/cm}^2$

(1) Aluno do Programa de Doutorado da Escola de Engenharia de São Carlos/USP

(2) Professor da Escola de Engenharia de São Carlos/USP

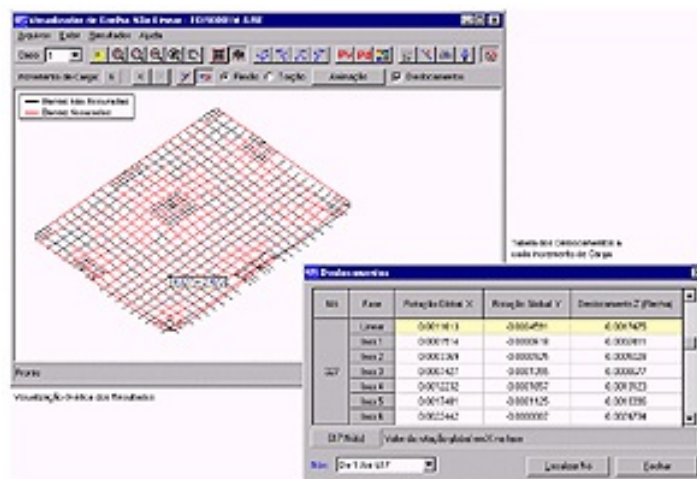


Os resultados obtidos pelo programa Grelha Não-Linear/TQS são apresentados a seguir.



Pode-se verificar, pelo gráfico acima, que os deslocamentos verticais do nó analisado obtidos pelo programa foram bem próximos dos resultados da análise experimental.

Na figura seguinte, pode-se visualizar o comportamento final da grelha após a aplicação total da carga.



Considerações Finais

Os resultados obtidos pelo Grelha Não-Linear/TQS foram bem próximos da análise experimental. Além do exemplo anterior, os resultados do programa também foram comparados com uma outra laje ensaiada experimentalmente e apresentada na tese do Prof. Dr. Roberto Chust de Carvalho já citada neste artigo. Os resultados também foram bem próximos.

Embora este artigo tenha se restringido apenas à análise das deformações, uma outra grande vantagem oferecida pelo programa de Grelha Não-Linear é a uniformização dos esforços nas lajes através da eliminação de picos de momentos nas regiões próximas aos pilares. A fissuração atua no sentido de redistribuir os esforços, de modo que as barras de grelha mais solicitadas possam transferir carga para as barras menos solicitadas.

Eng. Alio Ernesto Kimura