

6. Considerações Finais

Este trabalho apresentou tópicos relacionados a lajes protendidas, maciças e nervuradas. A proposta do trabalho de dissertação pesquisou o comportamento de tais lajes. Para isso, durante o estudo, foram desenvolvidos modelos diferentes, capazes de representar o comportamento desse tipo de estrutura. Os parâmetros para a análise elástica linear foram às tensões em determinados pontos de controle. Para a modelagem foi utilizado o Método dos Elementos Finitos usando o programa computacional SAP2000.

Na atualidade existem programas comerciais para análise de lajes protendidas, onde o cabo é modelado no programa, mais seu acesso se torna muito restrito pelo alto investimento financeiro necessário à sua aquisição. Dessa forma, foi modelada a protensão como um carregamento equivalente, uniformemente distribuído, que fornecem resultados satisfatórios para análise dos pavimentos.

O objetivo da dissertação foi estabelecer critérios práticos para cálculo de lajes lisas protendidas, maciças ou nervuradas, através do método simplificado, visando fornecer subsídios para a definição dos critérios de projeto e contribuir com informações e conclusões que possam ser adotadas como parâmetros de projeto, ou direcionar projetistas para o uso adequado das lajes lisas.

Na primeira parte do estudo tratou-se de uma avaliação das tensões para lajes maciças através de um cálculo simplificado, com ajuda de planilhas, e cálculo por elementos finitos, com ajuda do programa. Estudaram-se parâmetros como o coeficiente ϕ , que ajuda na otimização das tensões e a influência dos elementos verticais, como os pilares, no cálculo destas.

Um segundo estudo foi apresentado para um sistema de lajes nervuradas. Para o cálculo do coeficiente ϕ , que facilita a obtenção das tensões próximas ao ponto de aplicação da força de protensão, foram realizados diversos modelos pelo Método de Elementos Finitos para o estudo da distribuição de tensões.

No segundo exemplo o objetivo é a verificação da adequada modelagem na simulação do comportamento de uma laje protendida nervurada. Foram avaliadas tensões para uma estrutura de pavimentos de lajes protendidas nervuradas por meio da modelagem com o Método dos Elementos Finitos, usando o programa SAP2000. Para estabelecer uma comparação foram usados dos tipos de elementos para a modelagem. Primeiro optou-se por modelar a mesa e faixas de concreto com elementos tipo casca e as nervuras com elementos tipo viga. Outra modelagem é feita simulando toda a estrutura com elementos tipo viga.

6.1. Conclusões

Concluiu-se que elementos tipo casca (*shell*) são adequados para modelar a mesa e a faixa de concreto onde é aplicada a protensão, e elementos tipo viga (*frame*) são satisfatórios para modelar as nervuras da laje, levando em conta a excentricidade entre seus centros geométricos. Quanto à modelagem dos pilares optou-se por simulá-los como um apoio aplicado em um único ponto correspondendo ao centro do pilar uma vez que foram obtidos resultados satisfatórios tanto em termos de momento como de reação quanto comparados com a solução analítica. Foi também concluído que a discretização da malha usando elementos com tamanho típico de 25 cm produziram resultados adequados e, portanto, foram usados no estudo paramétrico das tensões.

As tensões obtidas com o procedimento simplificado foram satisfatórias em comparação com os resultados obtidos com a modelagem no programa computacional SAP2000. Através dos estudos realizados e pelos exemplos analisados, pode-se afirmar que com a aplicação dos coeficientes encontrados (ϕ) e considerando a influência dos pilares, de uma maneira muito simples, encontram-se resultados bons para a estimativa dos valores das tensões máximas e mínimas. Com base nos gráficos e tabelas obtidos, foi observado também que o método apresentado é apropriado para lajes maciças. Em geral, o método simplificado fornece valores para tensões superiores às fornecidas pelo programa SAP2000, que é uma solução a favor da segurança.

A partir dos quadros e das figuras apresentadas, consegue-se avaliar a distribuição de tensões das lajes nervuradas, para posteriormente fazer uma comparação com a laje maciça correspondente. Constata-se que os resultados do coeficiente ϕ utilizando lajes nervuradas fornecem resultados semelhantes aos obtidos nos modelos de lajes maciças.

Por fim, conseguiu-se estabelecer critérios práticos para o projeto de lajes lisas protendidas, maciças ou nervuradas, através de uma metodologia prática e simplificada, visando fornecer subsídios para o cálculo estrutural de maneira confiável.

No segundo exemplo de lajes nervuradas verificaram-se as deformações entre estas as duas modelagens, mesmo existindo muitas variáveis envolvidas. Na análise dos deslocamentos, a modelagem com elementos de casca apresentou valores superiores aos da modelagem com elementos viga, tornando-se mais flexível. Em geral o comportamento dos modelos foi muito semelhante para ambos os programas.

Cabe ressaltar que no SAP 2000 além das forças transversais a laje também está submetida a forças axiais aplicadas próximas da seção de análise. Os maiores deslocamentos foram localizados na zona com maior quantidade de cabos de protensão, para ambos os modelos.

Foram também avaliadas as tensões nas regiões superior e inferior da laje para duas seções, considerando dois tipos de modelagem. Na análise destas, observou-se que os resultados dos esforços obtidos na análise com elementos tipo viga apresentaram resultados próximos aos resultados que fornecem a modelagem com elementos tipo casca. As diferenças localizam-se na seção B, nas faixas de concreto, onde na modelagem com elementos viga apresentam tensões mais elevadas que para a modelagem com elementos do tipo casca.

6.2. Sugestões para Trabalhos Futuros

Visando dar continuidade da pesquisa é sugerido:

- adotar uma alternativa mais pratica para a obtenção dos valores do coeficiente ϕ através da elaboração de tabelas para diferentes faixas da faixa maciça onde é aplicada a protensão.
- estudos futuros da estrutura no regime plástico, já que o presente estudo foi realizado para a estrutura com comportamento elástico lineal.
- estudo mais aprofundado da modelagem da região maciça (faixas onde a protensão é aplicada), simulada com elementos casca, e sua ligação com as nervuras, simuladas com elementos viga.
- avaliação dinâmica da estrutura
- realização de um estudo experimental, a fim de se verificar se os coeficientes obtidos seriam os mesmos calculados pela metodologia do presente trabalho.