

1 INTRODUÇÃO

1.1. COMENTÁRIOS GERAIS

Em consequência do crescimento urbano e a necessidade de se construir enormes conglomerados comerciais e residenciais em áreas já congestionadas, surge naturalmente o desenvolvimento de novas concepções de projeto e a utilização de novos materiais para atender as exigências ou desafios técnicos e econômicos. Construções em áreas muito valorizadas comercialmente exigem concepções de projeto que apresentem uma otimização dos espaços disponíveis, incluindo aqueles criados através de escavações profundas. Estes espaços são na maioria das vezes reservados para estacionamentos, ora para atender às especificações dos códigos municipais, ora para satisfazer a própria valorização do empreendimento comercial, propiciando facilidades para os moradores, clientes e visitantes.

Portanto, é fundamental conceber um projeto de fundações que além de propiciar a segurança da edificação possa também contemplar esta desejada otimização dos espaços. Uma alternativa bastante atraente está relacionada à utilização de radiers estaqueados, envolvendo ações estruturais distintas destes dois elementos (radier e estacas) em relação aos aspectos de capacidade de suporte e de recalques.

Este tipo de fundação, já utilizado em alguns países, principalmente na Europa, para suportar uma grande variedade de estruturas como superestruturas de pontes, edifícios e plantas industriais de grande porte, vem sendo atualmente reconhecido como uma alternativa econômica à utilização de uma fundação convencional totalmente estaqueada, na qual assume-se que toda a carga será suportada pelas estacas.

Por outro lado, a utilização de radiers estaqueados exige o desenvolvimento e o aprimoramento de métodos de análise e de previsão do comportamento da fundação, que levem em consideração os diversos e complexos mecanismos de

transferência de carga e de interação entre os elementos que compõem a fundação, incluindo a ação do radier, da estaca isolada e do grupo de estacas.

Na maioria dos casos, o objetivo principal de se estaquear uma fundação é limitar o recalque, particularmente o recalque diferencial que é o principal fator causador de danos estruturais. Entretanto, uma vez que essa decisão de introduzir estacas para prevenir recalques tenha sido feita, o enfoque tradicional de projeto é baseado na hipótese de que toda a carga estrutural será suportada pelas estacas, com um adequado fator de segurança contra a ruptura. A natureza da transferência de carga entre a estaca e o solo, particularmente quando a resistência por atrito lateral é uma componente significativa da capacidade de carga total da estaca, resultará geralmente em pequenos valores de recalque.

Com base nessa filosofia, já prática corrente da engenharia de fundações em muitos países, os projetos de grupos de estacas têm-se concentrado na capacidade de carga última de cada estaca, tratando-a isoladamente. Entretanto, a transferência de carga entre estacas de um grupo é significativamente diferente daquela para uma estaca isolada, particularmente quando se considera a hipótese de que o bloco de coroamento está em contato direto com o solo de suporte. Existe, portanto, uma necessidade de mudar a ênfase do projeto para a resposta global da fundação considerando os efeitos de interação que ocorrem entre as estacas, o solo e o radier.

Enquanto os métodos tradicionais objetivam minimizar o recalque absoluto, e conseqüentemente limitar o recalque diferencial, uma abordagem mais eficiente seria a de minimizar diretamente o recalque diferencial através de um adequado posicionamento das estacas na área do radier. Em geral, dependendo da distribuição da carga estrutural, as estacas tendem a se posicionar no centro da fundação, prevenindo a tendência natural de arqueamento nessa região. Alguns estudos mostram que mesmo num radier flexível, umas poucas estacas localizadas no centro da fundação são capazes de reduzir os recalques diferenciais em aproximadamente duas vezes, se comparado com um grupo de estacas convencional uniformemente distribuído em toda a área do radier.

Técnicas numéricas sofisticadas são hoje disponíveis para analisar a resposta detalhada de fundações estaqueadas (estacas isoladas, grupos de estacas e raders estaqueados). Por essa razão, existe um razoável número de métodos

disponíveis na literatura para análise de radiers estaqueados, alguns dos quais são discutidos nesse trabalho.

Em geral, não é necessário nem economicamente viável projetar fundações estaqueadas que reduzam os recalques a proporções negligenciáveis, mesmo porque há ainda uma falta de confiança na nossa habilidade de prever precisamente o comportamento da fundação. Desde que o propósito primário de se usar muitas estacas seja satisfazer um limite admissível para os deslocamentos, a metodologia de projeto deve refletir isso, e não simplesmente se basear na capacidade de carga última de cada estaca. Dessa forma, grupos de estacas devem ser tratados de forma global, fornecendo efetivamente o reforço para o solo de suporte. A tarefa do engenheiro é então otimizar o custo e a eficiência do projeto usando um número mínimo de estacas, em posições apropriadas, para garantir os resultados esperados.

1.2. MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS DO TRABALHO

A necessidade de desenvolver métodos de análise e de previsão do comportamento de radiers estaqueados que considerem a interação entre o radier, as estacas e o solo motivou o desenvolvimento desse trabalho.

O uso de estacas adequadamente posicionadas na área do radier pode reduzir os recalques diferenciais a níveis aceitáveis levando a uma considerável redução no custo da fundação sem comprometer a segurança e a eficiência da mesma. Por essa razão, esse trabalho procura avaliar a influência do arranjo geométrico das estacas na minimização dos recalques diferenciais, bem como as distintas influências da maioria das características físicas e mecânicas tais como rigidez do radier, dimensões das estacas e parâmetros elásticos do solo na distribuição de recalques.

Com esse objetivo uma metodologia de análise para obtenção dos valores de recalque em radiers e em radiers estaqueados é desenvolvida com base na utilização do programa de simulação numérica em elementos finitos ABAQUS para a realização de um estudo paramétrico de radiers estaqueados considerando

diferentes quantidades e arranjos de estacas, para os quais são adotadas distintas características mecânicas.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho foi subdividido em 5 capítulos e 3 apêndices, onde são abordados os seguintes tópicos:

Capítulo 1 – apresenta uma introdução ao estudo de radiers estaqueados, mencionando a relevância da pesquisa e seus objetivos principais;

Capítulo 2 – aborda o comportamento de radiers estaqueados através da revisão bibliográfica de alguns aspectos relacionados com o projeto desse tipo de fundação, discutindo os mecanismos de interação entre os seus elementos (radier e estacas) e os métodos de análise propostos por diversos autores;

Capítulo 3 – em outra etapa da revisão bibliográfica, apresenta detalhes construtivos da fundação, ressaltando e discutindo as principais conclusões de alguns projetos de instrumentação de radiers estaqueados apresentados na literatura;

Capítulo 4 – em sua primeira parte trata da metodologia adotada para análise do comportamento de radiers estaqueados, enquanto que na segunda parte são apresentados e discutidos os resultados obtidos no estudo paramétrico;

Capítulo 5 – dedicado à apresentação das principais conclusões desta pesquisa e de algumas sugestões para o desenvolvimento de trabalhos futuros;

Apêndice 1 – mostra a influência das características mecânicas consideradas, bem como do arranjo das estacas na deflexão do radier;

Apêndice 2 – mostra a influência das características mecânicas consideradas, bem como do arranjo das estacas na proporção entre o recalque imediato e o recalque final;

Apêndice 3 – apresenta os valores das máximas distorções angulares obtidos para cada caso analisado no estudo paramétrico.