

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Neste trabalho avaliou-se a influência do arranjo geométrico das estacas na minimização dos recalques diferenciais, bem como as distintas influências das características mecânicas mais determinantes na distribuição de recalques de radiers estaqueados.

Os valores de recalque em radiers e radiers estaqueados foram obtidos através da simulação numérica do problema com utilização do programa ABAQUS (versão 6.2) baseado no método dos elementos finitos. O uso do programa foi relativamente simples, por se tratar de uma análise elástica linear em meio homogêneo, tendo as maiores dificuldades sido encontradas na partição da malha de elementos finitos de modo que não fossem gerados elementos distorcidos. Os resultados numéricos, para efeito de validação e confiabilidade do modelo, foram satisfatoriamente comparados com aqueles disponíveis na literatura.

Foram estudados diversos tipos de radiers estaqueados com diferentes quantidades e arranjos de estacas, para os quais foram adotados comprimentos relativos das estacas L/d iguais a 10, 25 e 50, coeficientes de Poisson do solo ν_s iguais a 0,1, 0,3 e 0,5 e espessuras do radier correspondentes a valores de rigidez relativa K_r iguais a 0,01, 0,1 e 1.

Da análise desses resultados, pôde-se observar que a maior parte do recalque ocorre imediatamente após a construção, sendo os recalques por adensamento maiores no centro do que na borda do radier. Ao avaliar a proporção entre os recalques imediato e final nota-se que a influência do número de estacas nessa relação não é tão significativa e que o efeito da diminuição do coeficiente de Poisson durante o adensamento é muito mais preponderante no recalque do que a rigidez do radier K_r ou o comprimento relativo das estacas L/d . Para estacas com comprimento relativo maior que 25, a proporção entre os recalques imediato e final tende a se estabilizar.

Com relação à distribuição de cargas num radier estaqueado, observa-se que considerável parcela da carga aplicada é transferida diretamente ao solo através do radier, especialmente sob condições não-drenadas. Para condições drenadas essa proporção é menor (em cerca de 12-17% do carregamento total para $v_s = 0,1$ e 16-23% do carregamento total para $v_s = 0,3$), mostrando que o efeito do coeficiente de Poisson do solo na distribuição de cargas é também significativo. Além disso, quanto maior for o comprimento relativo das estacas, menor será a parcela de carga suportada pelo radier. Por outro lado, pode-se reduzir consideravelmente o número de estacas no radier ao adotar estacas longas cuja resistência lateral seja totalmente mobilizada. Além disso, essas estacas normalmente sofrem pequenos deslocamentos sob ação de carregamentos usuais da engenharia de fundações, sendo portanto mais eficientes na redução de recalques que é o objetivo principal do estaqueamento do radier.

Na grande maioria dos casos analisados neste trabalho, nos quais o espaçamento relativo entre as estacas s/d varia em torno de 5, encontrou-se que mais de 50% do carregamento total é suportado pelo radier. Isso mostra claramente a importância de se utilizar um modelo de análise que permita considerar devidamente os mecanismos de interação envolvidos no processo de transferência de carga entre os elementos do radier estaqueado.

No que diz respeito ao efeito da configuração das estacas na distribuição de cargas no radier, observou-se que, dependendo da posição que as estacas ocupam no radier, uma maior parcela do carregamento será transmitida diretamente do radier para o solo, como nas configurações 9(b) e 13 (a) onde as estacas se concentram mais na região central do radier. Esta tendência é mais acentuada à medida que aumentam o comprimento relativo das estacas e a rigidez do radier. Além disso, uma análise sobre a distribuição de carga entre as estacas de uma mesma configuração mostrou que quanto mais afastada do centro do radier, maior será o carregamento no topo da estaca, ou seja, em todas as configurações estudadas as cargas no topo das estacas centrais são menores do que naquelas posicionadas nos anéis mais externos. Nesse caso fica claro que uma distribuição uniforme das estacas na área do radier, além de ser onerosa (mais estacas são necessárias), não é eficiente, visto que a tendência natural é que os recalques diferenciais sejam maiores no centro do radier, ou seja, qualquer estaca colocada

fora dessa região não contribui significativamente para a redução dos recalques diferenciais.

Foram também avaliadas as influências do número de estacas, do coeficiente de Poisson do solo, do comprimento relativo e da rigidez do radier na redução dos recalques diferenciais do radier, que foram quantificados em termos de distorções angulares. Pôde-se observar que quanto maiores forem o comprimento relativo das estacas e a rigidez do radier, menores serão as distorções angulares. Sendo o objetivo de estaqueamento do radier a redução dos recalques diferenciais e, conseqüentemente, das distorções angulares, o número de estacas pode ser significativamente reduzido principalmente em função da disposição das mesmas na área do radier.

Análises de capacidade de carga foram realizadas em condições não-drenadas para todas as configurações avaliadas, mostrando que o aumento na rigidez do radier contribui significativamente para o aumento dos coeficientes de segurança das estacas. Considerando que a análise de capacidade de carga representou a situação mais crítica, admitindo-se valores mínimos e portanto conservadores para a resistência ao cisalhamento não-drenada, concluiu-se que provavelmente as estacas ainda não atingiram a ruptura. Essa conclusão confirma as hipóteses de projeto adotadas neste trabalho, as quais pressupõem que as estacas atuam apenas como elementos redutores de recalque e não de suporte, de tal modo que não se admite a total mobilização das suas respectivas capacidades de carga.

Como tema de pesquisa para trabalhos futuros, recomenda-se que os seguintes tópicos sejam considerados na análise do comportamento de radiers estaqueados:

- a) avaliar radiers com outras formas geométricas, como quadrada e retangular, que são mais usuais na engenharia de fundações;
- b) adotar estacas de comprimento variável, sendo estacas mais longas dispostas na região central do radier;
- c) aumentar a espessura do radier em direção ao centro do mesmo e, conseqüentemente, produzir um maior enrijecimento dessa região central;
- d) variar o espaçamento relativo entre as estacas para uma mesma configuração;

- e) estudar outros tipos de carregamento, como por exemplo cargas lineares e concentradas;
- f) estudar diferentes níveis de carregamento, que provavelmente alteram a rigidez do sistema.

Um outro aspecto a ser explorado em trabalhos futuros é a otimização do arranjo das estacas, de modo que os recalques diferenciais possam ser reduzidos com o menor número de estacas possível. Nesse sentido, a sugestão é que se adote um método de análise mais simplificado como aquele proposto por Kim *et al.* (2001) durante o processo de otimização, sendo os resultados obtidos com relação à distribuição de recalques verificados posteriormente através da modelagem adotada neste trabalho.