

EQUIPAMENTO PARA EXECUÇÃO DE PROVAS DE CARGA EM ESTACAS CRAVADAS POR PERCUSSÃO E JATO DE ÁGUA

Evandro Max Rockenbach Spaniol

Acadêmico do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande
evandro.rockenbach@hotmail.com

Bruna de Ávila Ferronato

Acad. do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande - FURG
bruna_ferronato@live.com

Daniel Dalla Vecchia

Acad. do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande - FURG
racer.daniel@gmail.com

Fernanda Bettin

Acad. do curso de Eng. Civil, Cost. e Port. da Universidade Federal do Rio Grande - FURG
fehbetin@hotmail.com

Gustavo Gregório da Silva

Acad. do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande - FURG
gsgregorio@hotmail.com

Jones Munari Vilchez Palomino

Acad. do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande - FURG
jonespalomino@gmail.com

Marcelo Saraiva Peres

Acad. do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande - FURG
marcelosrvperes@gmail.com

Cesar Alberto Ruver

Professor/Pesquisador do curso de Eng. Civil da Universidade Federal do Rio Grande - FURG
cesar.ruver@gmail.com

Resumo. Este trabalho visa apresentar o projeto e a construção de um aparato de laboratório para a execução de provas de carga em estacas pré-moldadas. O equipamento foi concebido para que a cravação das estacas seja executada por percussão e por jato de água. Devido às dimensões do equipamento, o mesmo permite a execução de ensaios somente em modelo reduzido, com o emprego de estacas de pequeno diâmetro e comprimento. Apesar desta desvantagem, têm-se inúmeras vantagens como: (a) controle das condições do ensaio (umidade, grau de compactação, etc.); (b) realização dos ensaios independente das condições meteorológicas (chuva, frio, vento, à noite, etc.); (c) total instrumentação dos ensaios; entre outras vantagens.

Palavras-chave: Provas de carga. Estacas. Cravação por jato de água e Percussão

1. INTRODUÇÃO

Na região de Rio Grande/RS normalmente são empregadas estacas pré-moldadas como solução para fundações, devido ao tipo de subsolo e nível de lençol freático alto. Estas soluções são adotadas em obras de pequeno porte até grandes obras portuárias. Dias *et al.* (2010) citam que o subsolo de Rio Grande/RS é formado por camadas de areia (intercaladas por camadas e lentes de argila) de compacidade média a compacta, até uma profundidade de 20 m.

As estacas pré-moldadas são normalmente cravadas a percussão pela queda de um martelo. As dimensões das estacas (diâmetro e profundidade) e o porte

dos bate-estacas (peso do martelo e altura de queda) dependem do porte da obra. Ocorre que, independente do tipo de obra, em muitos casos dependendo da compacidade da areia do subsolo, os construtores não conseguem eficiência na cravação, a ponto de não conseguir efetuar a cravação ou até quebrar o elemento estrutural. Como alternativa, muitos construtores lançam mão da cravação com auxílio de jato de água. A técnica utilizada consiste em instalar uma tubulação ao longo da estaca, sendo esta ligada a um motor-bomba. A técnica consiste em aplicar uma descarga de água próximo à ponta e/ou ao longo do fuste, com o objetivo de fluidizar o solo que circunda a estaca, fazendo com a estaca “se autocrave” ou com auxílio de percussão (TSINKER, 1988).

Inúmeros autores (por exemplo: TSINKER, 1988; GUNARATNE *et al.*, 1999; GABR *et al.*, 2007) vem realizando estudos comparativos entre as duas técnicas. Pois, se por um lado, tem-se a facilidade de cravação, por outro, existe a dúvida quando ao comprometimento da capacidade de carga ocasionada pelo distúrbio ocasionada pelo jato de água.

Neste sentido, o objeto deste trabalho é apresentar o projeto e construção de aparato de laboratório (em modelo reduzido) destinado à realização de provas de carga em estacas, de tamanho reduzido, cravadas pelas técnicas de cravação e jato de água, visando verificar o desempenho de estacas cravadas por uma e/ou outra técnica.

2. PROJETO E CONSTRUÇÃO

O projeto contempla dois aspectos básicos: (a) tamanho compatível com o espaço do laboratório; (b) facilmente adaptável e flexível para permitir a cravação por percussão e jato de água, de forma autônoma ou concomitantemente, além de permitir a execução de prova das provas de carga.

O sistema de cravação é composto por: (a) câmara de ensaio – compartimento

em que é colocado/compactado o solo e cravadas as fundações a serem ensaiadas, (b) torre de içamento e guia do martelo, (c) martelo de queda livre, (d) sistema de içamento do martelo e gatilho, (e) sistema hidráulico para jateamento (tubulação, motor-bomba com controle de vazão).

Para a realização das provas de carga, o aparato é composto pelos seguintes componentes: (a) câmara de ensaio; (b) sistema de reação; (c) sistema de carregamento – dispositivo de aplicação de carga; (d) sistema de transmissão de carga – dispositivo responsável pela transferência da carga para os elementos de fundação; e (e) instrumentação – registro e medição das cargas aplicadas, das deformações dos elementos de fundação e da própria massa do solo.

2.1 Estudo de escala

O Laboratório de Geotecnia e Concreto, já possui uma câmara (em aço) de ensaios com 0,90 m de diâmetro de 1,20m de altura. Considerando o diâmetro da câmara definiu-se a utilização de estacas com dimensões máximas de 8 cm x 8 cm e comprimento máximo de 0,90 m, para não haver muita influência das paredes do tanque. Considerando que em obras convencionais, são utilizadas estacas com dimensões de 26 cm x 26 cm, percebe-se uma redução da seção da ordem de 3,25 vezes. Conforme Alves *et al.* (2008), para manter uma mesma energia pontencial, a redução escalar da seção de uma estaca, permite reduzir a massa do peso do martelo, mantida a mesma altura de queda, em um fator ao quadrado. Neste sentido, a redução da seção em 3,25 vezes (26 cm para 8 cm), permite reduzir a massa do martelo em 10,56 vezes. Agora considerando que os martelos convencionais tem massa entre 1.500 kg e 2.000 kg (média de 1.750 kg), pode-se a utilização de um martelo com 165,68 kg (sendo utilizado de fato 164 kg com altura de queda de 50 cm).

2.2 Sistema de Cravação

O sistema de cravação é composto por uma câmara de ensaios, que é um tanque metálico com diâmetro de 0,90 m e 1,20 m de altura. O tanque foi pintado em seu interior com listras de 5 cm em 5 cm (figura 1) para facilitar o controle de compactação. O solo é compactado por meio de um soquete manual de madeira. Como a cravação da estaca pode ser realizada por jato de água, foi necessária a instalação de um sistema hidráulico no topo e fundo do tanque para a drenagem da água.



Figura 1: Interior da câmara de ensaios

Para a cravação por percussão foi necessário à construção de um pórtico com altura de 3,5 m de altura e largura interna de 1,2 m de modo que possa ser instalado sobre o tanque. A cravação é realizada através de um martelo cilíndrico metálico maciço com massa de 164 kg. O martelo corre em uma guia formada por quatro perfis metálicos L. A guia do martelo é soldada em uma chapa metálica a qual é fixa no pórtico por meio de quatro parafusos, podendo ser facilmente desmontado após a cravação.

O levantamento do martelo é feito de forma manual por meio de uma talha formada por um conjunto de três roldanas, que dividem a massa por três. Após o içamento da massa, o cabo é solto e a massa cai em queda livre. A figura 2 ilustra o aparato de cravação à percussão.

O sistema de jato de água é formado por um reservatório de água de polipropileno com capacidade de 1.000 litros. O abastecimento de água é realizado por de

tubulação em PVC ligada à rede pública, sendo o enchimento controlado por uma torneira boia.



Figura 2: Pórtico, guia e martelo



Figura 3: Sistema de cravação por jato de água

A injeção de água é realizada por um motor-bomba trifásico de 2 HPs, com vazão máxima de 7 m³/h. A vazão de injeção é regulada por um inversor de frequência de mesma potência da bomba, que permite o ajuste da frequência do motor-bomba entre 0 e 60Hz, que por sua vez altera a rotação, e essa, altera a vazão da bomba. A vazão é lida por meio de um rotâmetro analógico em acrílico, calibrado para uma vazão entre 0 e 10 m³/h e resolução de 0,1 m³/h. A tubulação utilizada é PVC rígido até a saída do rotâmetro, sendo substituída por uma tubulação flexível até a tubulação de PVC

concretada no interior das estacas. A figura 3 mostra o sistema de cravação por jato de água (caixa d'água, motor-bomba, inversor de frequência, rotâmetro e tubulação em PVC).

2.3 Execução da prova de carga

Após a cravação da estaca, por um ou outro sistema de cravação, monta-se o aparato para a execução das provas de carga. Primeiramente, retira-se o martelo e desmonta-se a guia. A seguir encaixa-se a viga de reação (composta por dois perfis I) a qual é fixa ao pórtico por duas correntes.

A aplicação da carga é realizada por meio de um macaco hidráulico, com capacidade de 20 ton., acionado por uma bomba manual independente. O macaco é colocado entre a cabeça da estaca e a viga de reação. A figura 4 apresenta o aparato utilizado para a realização das provas de carga.



Figura 4: Sistema de reação e aplicação de carga

As provas de carga são realizadas de forma estática por carga incremental, conforme a NBR 12.131 (ABNT 1992).

Os resultados dos ensaios são registrados de forma automática. As cargas e os recalques são registrados, por meio de célula de carga e transdutores de deslocamento, respectivamente. Os instrumentos são ligados a um *data logger*, sendo as informações registradas via software de armazenamento e processamento.

3 CONCLUSÕES

O equipamento concebido num ambiente acadêmico (Laboratório de Geotecnia e Concreto da FURG), foi devidamente testado e encontra-se apto para a finalidade proposta.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq, Edital Universal nº 14/2011, pelo financiamento do projeto, e a PRAE/FURG pelas bolsas de permanência e pesquisa destinadas aos bolsistas envolvidas no projeto.

REFERÊNCIAS

- DIAS, C. R. R.; BASTOS, C. A. B.; PEDREIRA, C. L. S. Variações no comportamento geotécnico da camada argilosa profunda ao longo do Porto de Rio Grande: Influência de energia durante o processo de sedimentação. XV Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2010, **Anais...**, ABMS: Gramado/RS;
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12131: Estacas – Prova de Carga Estática**. p. 4, Rio de Janeiro, 1992;
- GABR, M. A.; BORDEN, R. H.; SMITH, A. W.; DENTON, R. L. **Laboratory Characterization of Jetting-Induced Disturbance Zones**. Geo-Denver 2007: New Peaks In Geotechnics, p. 10, 2007;
- GUNARATNE, M.; HAMEED, R. A.; KUO, C.; REDDY, D. V.; PATCHU, S. **Investigation of the Effects of Pile Jetting and Preforming**. Technical Report No. 772, Florida Department of Transportation, p. 137, 1999;
- TSINKER, G. Pile Jetting. **Journal of Geotechnical Engineering**, ASCE, Vol. 114, nº. 3, 326-334. 1988;
- ALVES, A. M. L.; LOPES, F. R.; DANZIGER, B. R. Dimensional analysis of the wave equation applied to pile driving. **Science, Technology and Practice**. IOS Press, 2008, p. 115-121