

9.1.3 Estacas Tipo Hélice Contínua

WILLIAM ROBERTO ANTUNES
HÉLVIO TAROZZO

1 Introdução

A estaca Hélice-Contínua é uma estaca de concreto moldada "in loco", executada por meio de trado contínuo e injeção de concreto, sob pressão controlada, através da haste central do trado simultaneamente a sua retirada do terreno.

Histórico

Desenvolvida nos E.U.A. e difundida em toda Europa e Japão na década de 80, a estaca hélice contínua foi executada pela primeira vez no Brasil em 1987 com equipamentos aqui desenvolvidos, montados sob guindastes de esteiras, com torque de 35 KNm e diâmetros de hélice de 275 mm, 350 mm e 425 mm, que permitiam executar estacas de até 15 m de profundidade.

A partir da metade da década de 90, o mercado brasileiro foi invadido por máquinas importadas da Europa, principalmente da Itália, construídas especialmente para execução de estacas hélice contínua, com torque de 90 KNm a mais de 200 KNm, diâmetros de hélice de até 1000 mm e com capacidade para executar estacas de até 24 m de profundidade.

2 Metodologia Executiva

As fases de execução da estaca Hélice Contínua são: perfuração, concretagem simultânea à extração da hélice do terreno e colocação da armação, conforme esquema apresentado na Figura 9.6.

2.1 Perfuração

A perfuração consiste em cravar a hélice no terreno, até a profundidade determinada em projeto, por meio de uma mesa rotativa colocada no seu topo, que aplica um torque apropriado para vencer a resistência do terreno.

A haste de perfuração é composta por uma hélice espiral desenvolvida em torno de um tubo central, equipada com dentes na extremidade inferior que possibilitam a sua penetração no terreno. Em terrenos mais resistentes esses dentes podem ser substituídos por pontas de vídia.

A entrada de solo no tubo central durante a perfuração é impedida por uma tampa de proteção colocada na sua extremidade, geralmente recuperável, que é expulsa pelo concreto no início da concretagem.

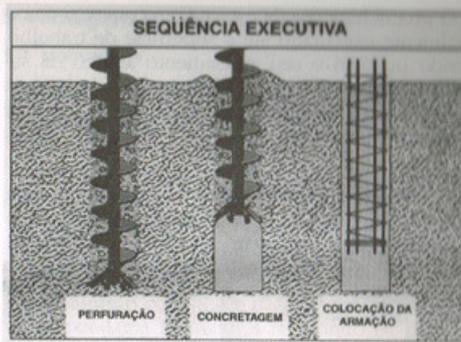


Figura 9.6 - Seqüência executiva

Na fase de perfuração, a única força vertical atuante é o peso próprio da hélice com o solo nela contido. O avanço é sempre inferior a um passo por volta e a relação entre o avanço e a rotação decresce ao aumentarem as características mecânicas do terreno.

A perfuração é uma operação contínua, sem a retirada da hélice do terreno, para garantir a principal característica da estaca hélice contínua que é a de não permitir alívio significativo do terreno tomando possível a sua execução tanto em solos coesivos como arenosos, na presença ou não do lençol freático.

A produtividade pode variar de 150 m a 400 m por dia dependendo do diâmetro da hélice, da profundidade da estaca, do tipo e resistência do terreno e do torque do equipamento utilizado.

2.2 Concretagem

Alcançada a profundidade desejada, o concreto é bombeado através do tubo central, preenchendo simultaneamente a cavidade deixada pela hélice que é extraída do terreno sem girar ou, no caso de terrenos arenosos, girando-se lentamente no mesmo sentido da perfuração.

Na fase de concretagem, a velocidade de extração da hélice está diretamente relacionada com a pressão e o sobreconsumo de concreto, de forma que não haja vazios entre a retirada da hélice do terreno e o seu preenchimento com concreto, evitando-se possíveis estrangulamentos ou seccionamentos do fuste da estaca.

Durante a extração da hélice, a limpeza do solo contido nas lâminas pode ser feita manualmente ou por limpador de acionamento hidráulico acoplado ao equipamento. O solo decorrente dessa limpeza é removido com auxílio de uma pá carregadeira.

O concreto normalmente utilizado apresenta resistência característica f_{ck} 20 MPa, é bombeável e composto de areia, predisco ou brita 1 e consumo de cimento de 350 a 450 kg/m³, sendo facultativa a utilização de aditivos. O abatimento ou "slump-test" é mantido entre 200 e 240 mm.

O preenchimento da estaca com concreto é normalmente executado até a superfície de trabalho, sendo possível o seu arrasamento abaixo da superfície do terreno, guardadas as precauções quanto à estabilidade do furo no trecho não concretado e a colocação da armação.

2.3 Colocação da Armação

O método de execução da estaca hélice-contínua exige a colocação da armação após a sua concretagem e portanto com as dificuldades inerentes desse processo executivo.

A armação, em forma de gaiola, é introduzida na estaca por gravidade ou com auxílio de um pilão de pequena carga ou vibrador.

As "gaiolas" devem ser constituídas de barras grossas, estribo helicoidal soldado (pontead) nas barras longitudinais e a extremidade inferior levemente afunilada, para facilitar e evitar sua deformação durante a introdução no concreto.

As estacas submetidas a esforços de compressão normalmente não necessitam de armação conforme NBR-6122, ficando a critério do projetista a armação de ligação com o bloco.

No caso de estacas submetidas a esforços transversais ou de tração e que exigem o uso de gaiolas longas, deve-se preferir o uso de espirais em substituição aos estribos e evitar emendas por transpasse. Essas gaiolas devem ser suficientemente rígidas para permitir a sua introdução no concreto, por gravidade para gaiolas até 12 m e pilão ou vibrador para gaiolas até 19 m.

A armação é centralizada no furo por meio de espaçadores tipo pastilha ou roletes para garantir o recobrimento mínimo necessário.

3 Equipamentos

O equipamento normalmente empregado para cravar a hélice no terreno é constituído por uma torre metálica, de altura apropriada a profundidade da estaca, dotada de duas guias nas extremidades sendo que a guia inferior pode ser substituída pelo limpador de trado; mesa rotativa de acionamento hidráulico com torque apropriado ao diâmetro e profundidade da estaca a ser executada, e guincho compatível com os esforços de arrancamento necessários.

A tabela 9.5 apresenta as características mínimas dos equipamentos disponíveis.

Tabela 9.5

Toque (KNm)	Diâmetro (mm)	Profundidade (m)
35	275; 350; 425	15
80 a 150	≤ 800	24
≥ 160	≤ 1000	24

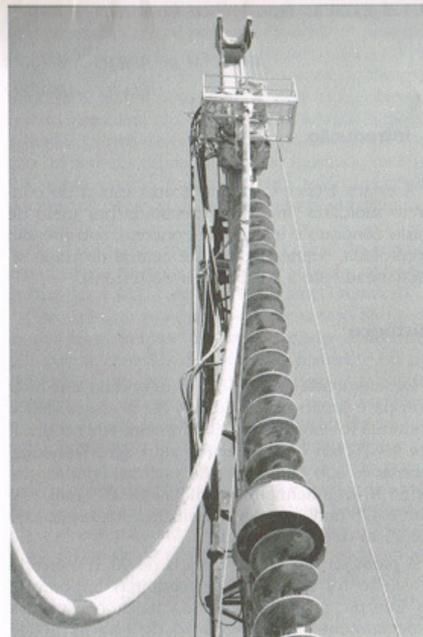


Foto 9.9 - Detalhe da hélice e tubo de concretagem

4 Controle Executivo

Para monitorar as estacas hélice contínua durante a sua execução, o equipamento mais utilizado no Brasil e no mundo é de origem francesa, fabricado pela Jean Lutz S.A., denominado Taracord CE.

O Taracord CE é constituído de um computador, alimentado eletricamente pela bateria do equipamento, com mostrador digital instalado na cabine do operador e sensores colocados na máquina que informam todos os dados de execução da estaca tais como: **Profundidade** na ponta do trado em relação ao nível do terreno, **Velocidade de Rotação** da mesa rotativa, **Torque**, **Inclinação da Torre**, **Pressão de Concreto**, **Volume** acumulado desde o início da concretagem e **Sobre-consumo Parcial (CP)** nos últimos 50 cm concretados e **Sobre-consumo Total (CT)**, ambos em percentagem.

Os parâmetros indicados no mostrador digital são registrados em um elemento de memória e transferidos a um microcomputador "PC", através de um drive especial, para aplicação de "Software" que imprime o relatório da estaca. (Fig.9.7) com todos os dados obtidos no campo e desenha o perfil provável da estaca. Nesse relatório, além dos dados já mencionados, são impressos: número do contrato, nome da obra, número e diâmetro da estaca, data da execução, horário do início da perfuração, da concretagem e do fim da estaca.

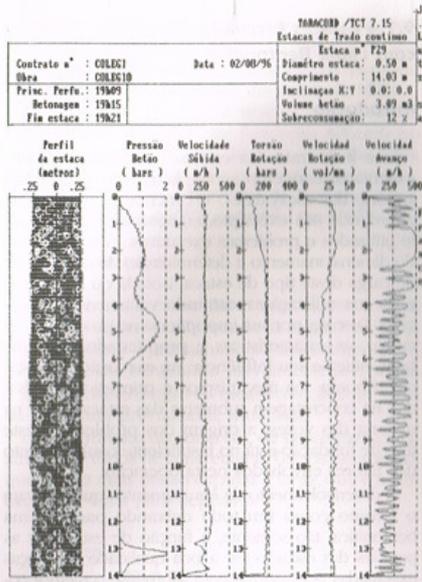


Figura 9.7 - Aplicação do software

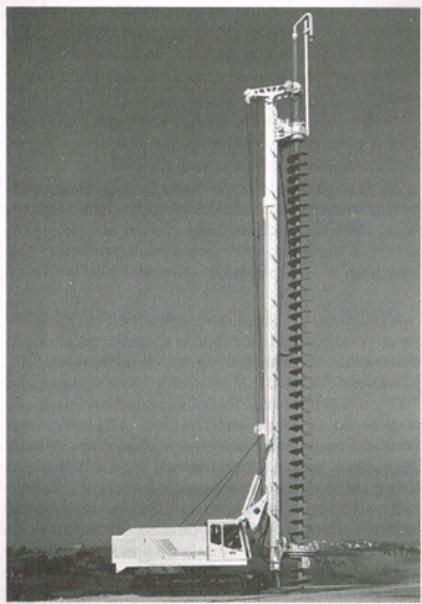


Foto 9.10 - Equipamento usual

5 Vantagens e Desvantagens

5.1 Vantagens

A elevada produtividade reduz significamente o cronograma da obra com apenas 1 equipe de trabalho.

Adaptabilidade na maioria dos tipos de terreno, exceto na presença de matacões e rochas.

O processo executivo não produz os distúrbios e vibrações típicos dos equipamentos à percussão e não causa descompressão do terreno.

A perfuração com hélice não produz detritos poluídos por lama bentonítica reduzindo os problemas ligados a disposição final de material resultante da escavação.

5.2 Desvantagens

Em função do porte do equipamento, as áreas de trabalho devem ser planas e de fácil movimentação.

Devido a grande produtividade, exige a central de concreto nas proximidades do local de trabalho.

Necessidade de uma pá-carregadeira na obra para remoção e limpeza do material extraído da perfuração para fora da área de trabalho.

Do ponto de vista comercial é necessário um número mínimo de estacas compatível com os custos de mobilização dos equipamentos envolvidos.

Limitação nos comprimentos da estaca e da armação.

6 Elementos para Projeto

Atualmente os equipamentos disponíveis no mercado permitem executar estacas com comprimento máximo de 24 m e diâmetros de hélice variando de 275 mm a 1000 mm (ver tab. 9.5).

Na tabela 9.6 encontram-se os diâmetros utilizados, o espaçamento sugerido entre eixos de estacas e a carga admissível estrutural conforme item 7.8.6.4 da NBR 6122/96 (fck 20 MPa, gc = 1.8; gf = 1.4)

Os comprimentos das estacas necessários para que essas cargas possam ser atingidas sob o ponto de vista de interação solo-estaca, podem ser obtidos através de métodos semi-empíricos de previsão de capacidade de carga de estacas a partir do resultado de sondagens à percussão, com parâmetros do solo comprovados por provas de carga estática ou dinâmica.

A distância mínima de eixo de uma estaca à divisa (quando existe uma parede), depende do tipo do equipamento. Os equipamentos com torque de até 35 KNm permitem trabalhar com o centro da estaca a 35 cm da divisa e os equipamentos com maior torque de 100 a 120 cm.

7 Aplicações

As estacas Hélice Contínua oferecem uma solução técnica e economicamente interessante nos seguintes casos:

Tabela 9.6

Diâmetro da Hélice (mm)	Carga Admissível Estrutural (KN)	Espaçamento Sugerido (cm)
275	350	70
300	450	75
350	600	90
400	800	100
425	900	110
500	1250	125
600	1800	150
700	2450	175
800	3200	200
900	4000	225
1000	5000	250

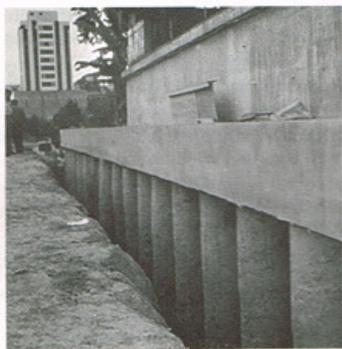


Foto 9.11 - Muro de contenção com hélice contínua

Em centros urbanos, próximo a estruturas existentes, escolas, hospitais e edifícios históricos, por não produzir distúrbios ou vibrações e de não causar descompressão do terreno.

Em obras industriais e conjuntos habitacionais onde, em geral, há um grande número de estacas sem variações de diâmetros, pela produtividade alcançada.

Como estrutura de contenção, associado ou não a tirantes protendidos, próximo à estruturas existentes, desde que os esforços transversais sejam compatíveis com os comprimentos de armação permitidos.

*

REFERÊNCIAS

- 8.1. Mascardi, C. Esecuzione e Cenni sul dimensionamento dei pali con elica continua. XII Ciclo Conferenze Di Geotecnica Di Torino
- 8.2. Pali Trivellati ad Elica continua tipo Trelicon. Relazione Illustrativa. Spec.: U.T. 007/Rev.A Rel.: U.T. 153.00.00. Trevi Spa. 1990
- 8.3. NBR - 6122. Projeto e Execução de Fundações
- 8.4. Antunes W.R., Tarozzo H., Alonso U.R., Caputo A.N. - Estacas Hélice Contínua - Projeto, Execução e Controle - ABMS/1997.

9.1.4 Estacas Escavadas com Lama Bentonítica

JOSÉ LUIZ SAES

Introdução

Este item trata das estacas moldadas "in loco" executadas com emprego de lama bentonítica (para suporte das escavações) e concretagem submersa, abordando sua execução, equipamentos usualmente utilizados e problemas executivos. Trata, também, do dimensionamento e determinação da capacidade de carga deste tipo de estaca, isolada ou em grupo, e da sua utilização mostrando vantagens e limitações. Discute, por sua importância no processo executivo, as características e propriedades da lama bentonítica e sua influência na execução das estacas. Aborda os mecanismos e princípios envolvidos na concretagem submersa das estacas pois, na maioria das vezes, a origem dos problemas neste tipo de fundação está no insuficiente conhecimento dos fatores envolvidos nesta operação.

O desenvolvimento de equipamentos que escavam o terreno como um todo deixando para a lama bentonítica, tão somente, a função de estabilizar as paredes das escavações, a boa qualidade das peças executadas por concretagem submersa, o melhor conhecimento da influência da lama bentonítica no atrito lateral e na aderência aço/concreto foram fatores determinantes do contínuo e notável desenvolvimento, nestes últimos 40 anos, deste tipo de fundação, principalmente quando cargas elevadas e condições adversas do subsolo tornam difícil e ou antieconômico o emprego dos outros tipos de fundação.

Existem basicamente dois tipos de estacas escavadas com lama bentonítica:

- a) Estacões, que são estacas circulares com diâmetro variando, usualmente, de 0,6 m até 2,0 m, perfuradas ou escavadas por rotação.
- b) "Barretes" ou estacas-diafragma, que são estacas com seção transversal retangular ou alongadas, escavadas com "clamshells".

Histórico

A utilização de lamas nas perfurações, para melhorar as condições de estabilidade e auxiliar na remoção dos detritos, data de muito tempo (Egípcios 3.000 A.C., Chineses 1.500 A.C., M. Fauvelle, 1845, Chappman, 1887 etc.) Entretanto, foi com a indústria do petróleo, a partir de 1900, que esta técnica, utilizando lamas bentoníticas, teve grande desenvolvimento. A lama bentonítica permitia e permite até hoje a perfuração de poços profundos sem desmoronamentos, substituindo os tubos de revestimento impossíveis de serem utilizados dada a profundidade das perfurações.

Introduzida na engenharia civil em 1951 por C. Verder, na execução de uma cortina de estacas justapostas de concreto, escavadas com lama bentonítica através de camadas permeáveis de areias e pedregulhos abaixo do lençol freático