



MICROESTACAS INJETADAS

Arquivo Crysthian Purdino



Perfuração de microestaca injetada à tração inclinada para linha de transmissão

Microestacas injetadas são estacas moldadas *in loco*, executadas através de perfuração rotativa com tubos metálicos (revestimento) ou rotoperçussiva por dentro dos tubos, no caso de matacão ou rocha. Esta estaca é armada e injetada, com calda de cimento ou argamassa, através de tubo-manchete, visando aumentar a resistência do atrito lateral. Este tipo de estaca comporta duas variantes em relação à armadura: na primeira delas introduz-se um tubo metálico com função estrutural, dotado de manchetes para a injeção e na segunda a armadura é constituída por barras (ou gaiola) e a injeção é feita através de um tubo plástico também dotado de manchetes (NBR 6.122:2010).

FINALIDADE

As microestacas injetadas são largamente utilizadas em reforços de fundações, fundações comuns, consolidações de taludes, reforço de túneis, ampliação de estruturas e em muitas outras aplicações. Elas são executadas com tecnolo-



Análise da viscosidade da calda de injeção no funil

gia de tirantes injetados em múltiplos estágios, utilizando-se, em cada estágio, pressão que garanta a abertura das “manchetes” (válvulas múltiplas) e posterior injeção a altas pressões (controladas).

Arquivo Crysthian Purdino



Execução em ambiente confinado



Execução de obra

Diferente das estacas tipo raiz, as microestacas são armadas com tubo metálico que possui dupla finalidade: armar a estaca e dispor de válvulas manchetes para injeção. Porém, nada impede de incrementar esta solução com armadura complementar constituída por barras ou fios de aço (pressoanclagens). Para redução de custos admite-se substituir o tubo de aço por PVC (Policloreto de Polivinila) rígido, porém neste caso é obrigatório o uso de armadura, pois o PVC não tem função estrutural.

O procedimento de execução de uma microestaca compreende basicamente em cinco etapas consecutivas, a saber: perfuração auxiliada por circulação de água; instalação de tubo-manchete; execução da "bainha"; injeção de calda de cimento e vedação do tubo manchete.

A utilização de microestacas é competitiva quando, por exemplo, em presença de interferências naturais, tais como lâmina de rocha, matacões, solo concretado ou artificiais, tais como entulhos, concreto e alvenarias. Sua aplicação é importante para situações onde se tem proximidade de estruturas existentes sensíveis à vibração e ruído ou restrições em planta, altura (pé-direito reduzido).

HISTÓRICO

Não se sabe ao certo quando esta técnica entrou no Brasil, mas sabe-se que uma variação das microestacas, a pressoanclagem começou a ser desenvolvida no País pela empresa Tecnosolo S.A., ainda na década de 1960. O professor Antônio



Fabricação da calda de injeção

José da Costa Nunes coordenou o aprimoramento deste tipo de estaca, que no seu surgimento era executada com armação de tubo Schedule 40 mm, e atualmente é armada por fios de aço de alta resistência. A evolução da estaca foi devido às exigências do mercado, já que inicialmente seu custo era extremamente elevado, obrigando a Tecnosolo a reinventá-la. Posteriormente, com o advento de estacas injetadas no Brasil, sobretudo as do tipo “raiz” que, em sua concepção, consideram a argamassa como elemento estrutural, a pressoancoragem tubada ficou em grande desvantagem econômica. Em seguida, tentou-se utilizar o aço Dywidag ST-85, mas esse processo também se mostrou economicamente inviável. Outra tentativa, também de duração breve, foi a confecção das estacas de pressoancoragem utilizando-se somente barras de aço CA-50. Além do alto custo, essa alternativa exigia guindastes para elevar as estacas durante a introdução no furo, devido à pouca flexibilidade das barras.

O trabalho executado pela filial de Minas Gerais da Tecnosolo, com atuação destacada nas indústrias, sobretudo a siderúrgica, levou a propor, inicialmente, a utilização de fios de alta resistência ($135/145 \text{ kg/mm}^2$), com pintura anticorrosiva para substituir todas as alternativas anteriores de confecção de estacas. O professor Costa Nunes, ainda não satisfeito com o procedimento, estabeleceu algumas condições para a utilização de fios de alta resistência. A estaca deveria dispor de uma blindagem capaz de garantir a proteção da armadura e deveria ser rejeitável. Era necessário, ainda, formar uma bainha de cimento para não compro-



Verificação da temperatura da calda de injeção

meter a resistência à compressão da estaca por pontos de estrangulamento do bulbo de injeção de cimento causados por eventuais falhas de injeção. Essas preocupações são muito pertinentes, visto que os ensaios de tração não revelam eventuais falhas no fuste que possam comprometer a compressão. Assim a SOEGEO, empresa de Belo Horizonte (MG) saiu em busca de uma solução que contemplasse as três exigências impostas pelo professor Costa Nunes. Após diversas experiências e muitos testes, finalmente foi concebido o modelo de pressoancoragem que vem sendo executado desde 1986 até os dias atuais.

VIABILIDADE

As microestacas injetadas podem ser utilizadas em todos os tipos de solo e rocha, porém são mais competitivas em ambientes confinados onde seus equipamentos entram sem maiores problemas viabilizando a execução.

PREPARAÇÕES E ESPECIFICAÇÕES

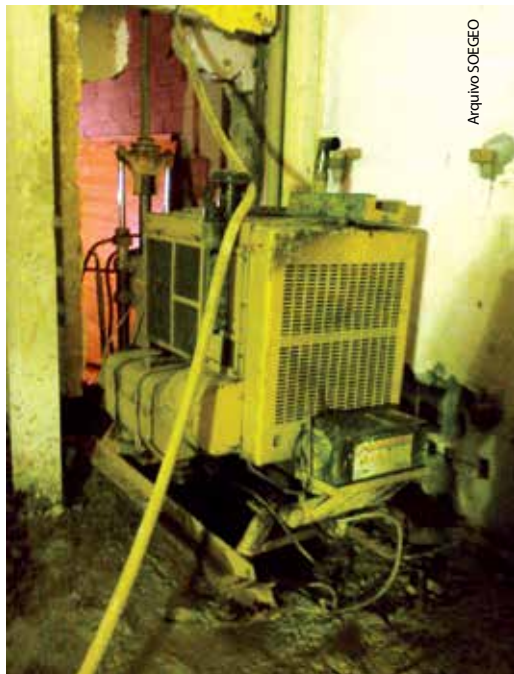
Todos os serviços devem observar normas constantes na NR 18 – “Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção” e as normas pertinentes a cada tarefa. As áreas de intervenção deverão ser isoladas e sinalizadas. O centro das microestacas deve estar locado topograficamente em planta para o devido posicionamento do equipamento.

SONDAGENS

Segundo a NBR 6.122:2010 devem ser considerados os se-



Arquivo SOEGEO



Arquivo SOEGEO



Arquivo SOEGEO

Reforço do Shopping Ipatinga (MG)

guintes aspectos na elaboração de projetos e previsão de desempenho das fundações:

- Visita ao local;
- Feições topográficas e eventuais indícios de instabilidade de taludes;
- Indícios de presença de aterros (bota-fora) na área;
- Indícios de contaminação do subsolo por material contaminante lançado no local ou decorrente do tipo de ocupação anterior;
- Prática local de projeto e execução de fundações;
- Estado das construções vizinhas;
- Peculiaridades geológico-geotécnicas na área, tais como presença de matacões, afloramento rochoso nas imediações, áreas brejosas, minas d'água etc.

Para qualquer edificação deve ser feita uma campanha de investigação geotécnica preliminar, constituída no mínimo por sondagens à percussão (com SPT – *Standart Penetration Test*), visando a determinação da estratigrafia e classificação dos solos, a posição do nível de água e a medida do índice de penetração de resistência à penetração NSPT, de acordo com a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR 6.484. Na classificação dos solos deve ser empregada a ABNT NBR 6.502. Em função dos resultados obtidos na investigação geotécnica preliminar, pode ser necessária uma investigação complementar, através da realização de sondagens adicionais, instalação de indicadores de nível d'água, piezômetros, bem como de outros ensaios de campo e de ensaios de laboratório.

Independentemente da extensão da investigação geotécnica preliminar realizada, devem ser feitas investigações adicionais sempre que, em qualquer etapa da execução da fundação, forem constatadas diferenças entre as condições locais e as indicações fornecidas pela investigação preliminar, de tal forma que as divergências fiquem completamente esclarecidas. Para a programação de sondagens de sim-



Arquivo Brascol



Arquivo Brascol



Arquivo Brascol

Utilização das microestacas injetadas na obra da Arena Multiuso de Canasvieiras (SC)

plés reconhecimento para fundações de edifícios deve ser empregada a ABNT NBR 8.036.

Após a realização inicial de sondagens à percussão, em função das peculiaridades do subsolo e do projeto, ou ainda, caso haja dúvida quanto à natureza do material impenetrável à percussão, devem ser realizadas investigações complementares. Neste caso, sondagens adicionais e outros ensaios de campo serão programados. Em resumo, salvo casos específicos as sondagens à percussão (com SPT) são as mais empregadas para definição de projeto.

EXECUÇÃO

A perfuração em solo é executada por meio de perfuratriz rotativa que desce o revestimento através de rotação com o uso de circulação direta de água injetada no seu interior. Quando há a ocorrência de solos muito duros ou muito compactos, pode-se executar pré-furação avançada por dentro do revestimento.

No caso de solos com matações ou embutimento em rocha, os procedimentos acima são repetidos até que se atinja a matação ou topo rochoso. Na sequência, a perfuração é prosseguida por dentro do revestimento mediante emprego de martelo de fundo ou sonda rotativa. Esta operação, necessária para atravessar a matação ou embutir a estaca na rocha causa, usualmente, uma diminuição do diâmetro da estaca que deve ser considerada no dimensionamento.

Antes da colocação da armadura, limpa-se internamente o furo através de lavagem. Posteriormente é descida a armadura constituída de tubo metálico mancheteado ou gaiola no fundo do furo. Quando em gaiola, as barras são montadas com um tubo PVC mancheteado. As válvulas manchetes devem ser espaçadas no máximo 1 m. A calda de cimento é aplicada por meio de bomba de injeção, através de hastes dotadas de obturadores duplos. A primeira injeção, chamada de injeção da bainha ou preenchimento, deve ser feita a partir da extremidade inferior do tubo e deve preencher o espaço anelar entre o tubo e o furo. O revestimento é retirado após a injeção da bainha.

As injeções posteriores (primária, secundária e assim por diante) são feitas de baixo para cima em cada manchete, verificando-se os volumes, as pressões e critérios de injeção previstos em projetos. Não se devem executar estacas com espaçamento inferior a cinco diâmetros em intervalo inferior a 12 horas. Esta distância se refere à estaca de maior diâmetro. No caso de estacas com argamassa inadequada abaixo da cota de arrasamento ou estacas cujo topo resulte abaixo da cota prevista, deve-se fazer a demolição do comprimento e recompô-lo até a cota de arrasamento. O material a ser utilizado na recomposição das estacas deve apresentar resistência não inferior a da argamassa da estaca. Na demolição podem ser utilizados ponteiros ou martelinhos leves (potência < 1.000 W). A argamassa deve ter $f_{ck} > 20$ MPa e deve atender as seguintes exigências: consumo de cimento não inferior a 600 kg/m³; fator água/cimento entre 0,5 e 0,6 e agregado (areia). Os corpos de prova devem ser moldados de acordo com a ABNT NBR 5.738 e ensaiados de acordo com a ABNT NBR 5.739.

Podem ser utilizados aditivos plastificantes, incorporadores de ar, aceleradores e retardadores, desde que atendam às ABNT NBR 10.908, ABNT NBR 11.768 e ABNT NBR 12.317. É permitido o uso de agregados miúdos artificiais de acordo com a ABNT NBR 7.212. Para registro de qualidade dos serviços deve ser preenchida a ficha de controle diariamente para cada estaca, devendo conter pelo menos as seguintes informações:

- Identificação da obra e nome do contratante e executor;
- Data da execução com anotação dos horários de início e fim de cada etapa;
- Identificação ou número da estaca;
- Diâmetro do revestimento e nominal da estaca executada;
- Cota do terreno;
- Comprimento executado;
- Desaprumo e desvio de locação;
- Características dos equipamentos de perfuração e injeção;
- Características da armadura e do tubo manchete;
- Consumo de materiais (armadura e argamassa) por estaca;
- Verificação da integridade de no mínimo uma estaca na obra, por meio da escavação de um trecho do seu fuste;
- Pressão aplicada sobre a argamassa;
- Anormalidades de execução;
- Observações pertinentes.

EQUIPAMENTOS

Os equipamentos necessários para a realização dos serviços são:

- Perfuratriz rotativa ou rotopercussiva, capacitada para revestir todo o trecho de perfuração em solo, utilizando-se o tubo de revestimento. Podem ser dotadas ou não de esteiras para deslocamento, acionadas por motor diesel ou elétrico;
- Conjunto misturador de argamassa ou calda de cimento;
- Bomba de injeção de argamassa ou calda de cimento;
- Bomba d'água acionada por motor capaz de promover a limpeza dos detritos de perfuração no interior do tubo de revestimento;
- Reservatórios para armazenagem de água, com capacidade para perfuração contínua de, pelo menos, uma estaca.

Além dos equipamentos listados, uma série de acessórios essenciais para a execução de microestacas pode ser citada, como tubos de revestimento, sapatas de perfuração, cabeça de revestimento, mangote de água, mangote de injeção, mangueira de água, mangueira de injeção, obturador duplo, hastes metálicas, manômetro entre outros.

MERCADO

Trata-se de uma técnica utilizada geralmente em situações especiais, quando há necessidade de perfurações em rocha e/ou reforços de fundação. O que mais se assemelha a esta técnica são as estacas raiz, que utilizam equipamentos similares às microestacas injetadas. Esta solução de fundação é possível para várias estruturas, entretanto é convenientemente utilizada na maioria das vezes como fundação para base de máquinas e equipamentos de alguma linha de produção de

indústrias, torres de telecomunicações e Linhas de Transmissão e reforço de fundações de estruturas já existentes. Elas admitem grandes profundidades e grandes inclinações, além de poderem ser utilizadas em solo e rocha, abrangendo sua área de influência como solução para as mais diversas hipóteses. Como os equipamentos utilizados são de pequenas dimensões, estes também são utilizados em espaços pequenos e de acesso restrito, como bases de novas máquinas em indústrias em operação, além de não criar vibrações que possam interferir nos equipamentos em operação. Como é possível atingir grandes profundidades, mesmo em material de elevada competência, torna-se também uma solução interessante para absorver cargas de tração elevadas.

VANTAGENS

As microestacas suportam grandes cargas de compressão e de tração, podendo atingir grandes profundidades, dependendo da disponibilidade dos equipamentos. Devido à sua versatilidade, este tipo de estaca pode ser executado tanto em solo quanto em rocha (bastando ter a ferramenta adequada). Outro ponto favorável é a versatilidade do equipamento, podendo executar estacas com inclinações mais acentuadas do que as permitidas para outros processos, podendo inclusive se adaptar mais facilmente às exigências do local em que estão trabalhando, inclusive nos aspectos vibração e ruídos. Pode ser vantajosa a sua utilização para reforço de fundações para edificações históricas ou que não permitiriam outra solução com vibrações excessivas como a de reforço com trilhos ferroviários. Uma das grandes vantagens é a facilidade da realização de ensaios (testes de arrancamento). Com menor diâmetro e menos espaçamento entre estacas, é possível reduzir as dimensões dos blocos de coroamento. Entretanto, a especificidade de equipamentos e o elevado consumo de cimento necessário e obrigatório para executar este tipo de estaca ($> 600 \text{ kg/m}^3$) e a alta taxa de aço das armaduras tornam esta solução uma das mais caras do mercado, o que a deixa pouco atrativa. Além disso, ela requer que o local tenha uma disponibilidade de espaço fixo para a instalação de reservatório de água e preparo da argamassa/calda de cimento para injeção e também necessita de um bota-fora para a água de injeção e material proveniente da injeção. Resumidamente suas vantagens se encontram na:

- Possibilidade de perfurações, tanto em solos moles, como em rocha;
- Possibilidade de estacas com qualquer inclinação;
- Equipamentos de pequeno porte, adequados a ambientes restritos;
- Armada em todo seu comprimento, absorvendo melhor os esforços horizontais e flexão nas estacas;
- O uso do revestimento metálico na perfuração do trecho em solo garante a qualidade do fuste da estaca;
- Bom custo-benefício, pois entra como uma solução adequada para problemas difíceis de engenharia de fundações.

DESVANTAGENS

- Pouco utilizada devido a sua baixa disseminação no mercado;

- Produção diária menor pela dificuldade de execução na maioria das obras.

CASOS DE OBRAS

Algumas obras de Linhas de Transmissão utilizaram esta técnica devido à rapidez na execução e fácil acesso dos equipamentos, bem como sua capacidade de suporte a compressão e também a tração.

Na expansão da empresa Arcelor Mittal em Juiz de Fora (MG) foi escolhido o processo de pressoancoragem, em que a armadura utilizada é em fios de alta resistência, aço CP 145 RB, diâmetro de 9 mm, diametralmente dispostos por espaçadores, colocados ao longo de seu comprimento. Também foi utilizada esta opção no reforço de fundações do Shopping do Vale em Ipatinga (MG). Outro caso de obra que utilizou as microestacas injetadas foi a Arena Multiuso de Canasvieiras, no norte da ilha de Florianópolis. Esta solução foi indicada devido à alteração do projeto da obra após a execução de parte da estrutura, ampliando a área construída e conseqüentemente, aumentando as cargas nas fundações. Portanto, para atender a todos os requisitos, ou seja, custo-benefício, tipo de solos e altura do equipamento, a utilização desta tecnologia foi a melhor opção. 🌐

Arquivo pessoal



Crysthian Purcino Bernardes Azevedo é engenheiro civil pela UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais) em 2000, fez seu mestrado (2007) e doutorado (2011) também pela UFMG, na qual desde 2013 é professor das disciplinas de Mecânica dos Solos e Fundações e Estruturas de Contenção. Trabalhou como projetista e consultor em fundações e estruturas de contenção desde sua graduação alcançando experiência em execução de grandes obras e projetos. Escreveu o livro "Fundações de Linhas de Transmissão – Dimensionamento e Execução" e possui diversos trabalhos técnicos publicados e apresentados em diversos congressos. Atualmente tem atuado em pesquisas diversas aplicadas nas áreas de "Fundações", "Estruturas de Contenção" e "Confiabilidade Aplicada a Fundações e Contenções".

Arquivo pessoal



Cynthia Minatto Brandão Richter é engenheira civil pela UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) em 1980, possui MBA (Master of Business Administration) em Recursos Humanos pela FUCRI (Fundação Educacional de Criciúma) em 1985, MBA em Gestão de Empresas pela FGV (Fundação Getúlio Vargas) em 2010. Trabalhou como engenheira de obras e gerente administrativa e financeira na Construtora Brandão. No ano de 1990 iniciou como gerente comercial na empresa BPM Pré-Moldados e desde 2008 atua como diretora da empresa Brasecol Engenharia e Fundações.