

Conheça as técnicas de execução de jet grouting

Colunas de solo-cimento podem ser adotadas na melhoria de solos fracos e de baixa resistência

Edição 200 - Novembro/2013



Garantia de resistência, rapidez de execução e versatilidade são algumas das vantagens do jet grouting. A tecnologia permite melhoria e reforço do solo por meio de colunas de solo-cimento executadas com perfuração, jateamento e desagregação do solo com calda de cimento a altas velocidades (da ordem de 800 km/h) e grandes impactos. Aplicáveis a qualquer tipo de solo, sem restrições granulométricas, as colunas de jet grouting podem ser feitas em quaisquer direções.

A técnica é especialmente indicada para solos fracos, moles e de baixa resistência. No campo geotécnico, é aplicada na melhoria das propriedades dos solos, para contenções, reforços e reduções de permeabilidade dos solos. Obras portuárias, barragens e túneis também podem utilizar a tecnologia, que costuma ser relativamente cara em relação à técnica de injeção tradicional de cimento. "É cara, pois o seu custo costuma estar atrelado ao maior consumo de materiais como o cimento e ao conjunto de equipamentos envolvidos", afirma o engenheiro Luiz Callandrelli Neto, gerente técnico da Costa Fortuna Engenharia de Fundações. "Nos EUA e Europa a técnica é bem mais competitiva por causa dos valores menores imputados aos aglutinantes", acrescenta o engenheiro.

A primeira etapa do jet grouting é fazer o furo, por meio de uma perfuratriz, até a cota final estipulada pelo projeto. Uma vez atingida esta cota, inicia-se o desmonte hidráulico do maciço, de baixo para cima, com jato de calda de cimento, associado a movimentos rotativos e ascendentes na haste. O jateamento da calda acontece por meio de uma motobomba (com tamanho aproximado de um contêiner de 20 pés) que bombeia a calda de cimento a uma pressão de aproximadamente 350kgf/cm², formando colunas cilíndricas com diâmetros que podem ultrapassar 2 m.

"A velocidade de subida do bico hidromonitor é controlada por meio de dispositivos eletrônicos acoplados ao equipamento e interligados a um computador que interpreta a fonte de dados reais, emite boletins e relatórios que permitem a ação direta na obra", explica o engenheiro Luiz Antônio Naresi Junior, assessor da Progeo Engenharia. Em locais pequenos, segundo Naresi Junior, o acesso e operação das grandes máquinas podem ser

dificultados. "Nestes casos, o tratamento de consolidação com solo- -cimento injetado é feito em tubos manchitados, o que pode ser mais vantajoso", complementa.

Antes do jet grouting ser criado pelos japoneses na década de 1970, a única tecnologia disponível para tratamento de maciços instáveis na abóboda de túneis era a enfilagem injetada com o uso de válvula manchete, processo construtivo limitado que trazia riscos durante a execução. Apesar disso, essa técnica, segundo o engenheiro Akira Koshima, gerente técnico da Novatecna Consolidações e Construções, ainda pode ser a tecnologia mais indicada para situações específicas, como o tratamento de um maciço de blocos sem muitos finos e rochas com fendas, fraturas e fissuras. "Nesse tipo de maciço, a desagregação por jato de jet grouting não ocorre, havendo o simples preenchimento da feição geológica com calda", explica Koshima.

Ele afirma que o jet grouting faz bem a transição entre rocha e solo, sendo indicado, por exemplo, para tratamento do contato entre o maciço rochoso irregular e o aluvião arenoso do leito de um rio. Koshima ressalta a versatilidade da tecnologia, que já foi aplicada pela Novatecna em todos os tipos de solos (aluvionares, turfosos, marinhos, sedimentares de leito de rio arenoso com cascalhos e blocos de rocha, solos residuais, saprolitos, rocha alterada, etc.).

Reforço adicional

Quando reforçadas com barras e tubos de aço, fibras de vidro e perfis metálicos, as colunas de solo-cimento suportam bem os esforços de tração, flexão e cisalhamento. "Colunas de solo- cimento armadas são muito utilizadas, por exemplo, no tratamento de maciço terroso instável em obra de escavação de túnel em sua abóboda. A primeira vez em que elas foram usadas no Brasil, com o nome de enfilagens de bulbo contínuo - em substituição às enfilagens injetadas com válvula manchete - foi em 1993, em São Paulo, nos túneis rodoviários Maria Maluf", esclarece Koshima.

O jet grouting com reforço também é usado como elemento de ancoragem passiva (chumbador) ou ativa (tirante), associado a uma laje de colunas de jet grouting compenetrantes, atuando como um "tampão de fundo" de combate à subpressão hidrostática. Jet groutings armados com perfis metálicos de até 78 kgf/m foram usados em obras de rebaixo de calado de portos em operação.

Segundo Koshima, um caso particular é o jet grouting autoperfurante, onde a haste que perfura é a própria armadura da coluna, indicado para maciços terrosos com blocos, matacões, com cascalhos, maciços de transição entre solo e rocha com fragmentos de rocha e maciços arenosos e saturados com fluxo intenso de água propenso a carreamentos de partículas. "É indicado para obras onde a introdução da armadura é dificultada", diz o engenheiro.

A técnica usa a própria barra ou o tubo (que serão deixados como reforço estrutural da coluna) como haste de perfuração e de injeção de calda. Callandrelli Neto explica que esses processos (perfuração e injeção de calda de cimento) acontecem simultaneamente (jetting in) e não em sequência, como no jet grouting convencional. Outro campo de atuação do jet grouting autoperfurante são os tirantes submersos, que permitem a execução de ancoragens ativas ou passivas sob a água, provisórias ou definitivas. "A técnica, também conhecida como Under Water Anchor, é indicada para obras portuárias marítimas e fluviais que necessitem de reforços de paramentos de cais por conta de deterioração por vida útil ou para demandas de rebaixamento de calados devido a expansões de atividades", diz Callandrelli Neto. "Mas esta técnica ainda não foi utilizada em nenhuma obra brasileira", finaliza Callandrelli Neto.

Tecnologias

Jet grouting autoperfurante

Na obra de expansão do Porto de Navegantes (SC), a opção por colunas do tipo jet grouting armado ao invés de estacas-raiz previamente projetadas "levou à redução de custos e prazos", segundo o engenheiro Luiz Callandrelli Neto, gerente técnico da empresa Costa Fortuna. Ao todo, foram construídas 1.332 colunas de solo-cimento verticais e inclinadas, com 55 cm de diâmetro efetivo e até 40 m de comprimento. Por meio de um sistema de vigamento, as estacas ancoram-se à extremidade do cais de atracação de navios, de modo que o novo travamento criado no topo oferece à estrutura existente condições para suportar os novos esforços de flexão a que as contenções estarão sujeitas após o rebaixamento de 3 m do calado atual. Além disso, a linha de estacas do tipo jet grouting armado foi projetada para absorver os novos esforços horizontais de atracação de navios maiores.



Expansão do Porto de Navegantes - Portonave

Local: **Navegantes (SC)**

Cliente: **Construtora Triunfo**

Serviços de fundação: **Costa Fortuna Fundações e Construções/Layne Geogroup**

Empresa Projetista: **Redav Serviços de Engenharia**

Tirantes submersos

O rebaixamento do calado do Porto de Ravenna, na Itália, exigiu o reforço estrutural das cortinas de contenção existentes. Para isso, ao longo do cais de 16 km de extensão, foram executados aproximadamente 1.660 tirantes submersos com 18 m de comprimento, instalados 8m abaixo do nível do mar, em um solo constituído por sedimentos marinhos arenosos finos, camadas de areias siltosas intermediárias. Para cada tirante, foram utilizadas barras autoperfurantes galvanizadas de 51 mm de diâmetro externo e espessura de 9 mm para cargas de escoamento da ordem de 630 kN, e bulbos de jet grouting com 400 mm de diâmetro. A injeção da calda de cimento foi feita sob a pressão de 300 bar a 400 bar e as cargas de incorporação aplicadas nos tirantes foram de 360 kN.



Reforço do cais do Porto de Ravenna

Local: **Ravenna, Itália**

Cliente: **PAC spa e Sapir Engineering**

Fundações: **Tecniwell/Layne Geogroup**

Projetista: **Sapir Engineering**

Tampão de fundo de subsolo e reforço nas pontas das estacas barretes com jet grouting

A implantação de uma torre de edifício e de até cinco subsolos (com até cerca de 20 m de altura de escavação) ocupando toda a área do quarteirão da ordem de 5 mil m², cercado por paredes-diafragmas no seu perímetro, exigiu o uso de jet



grouting. Foi executado um tampão de fundo e de contraventamento das paredes-diafragmas na cota de apoio do último piso em colunas de jet grouting compenetrantes com 5 m de espessura. Desta forma, o projeto da parede-diafragma pode ser otimizado, tanto na espessura como na armadura. A escavação era em solo siltoso saturado com subpressão de 10 m, em área nobre de Belo Horizonte. Também foi feito o reforço do solo nas pontas das estacas barretes de grande carga devido à presença de solo inadequado. Essa escavação não poderia ser feita com rebaixamento do lençol freático e nem com tirantes abaixo do lençol freático devido aos prováveis carregamentos na sua execução, com base na experiência de outra obra vizinha. Foram executadas 4.100 colunas de 1,40 m de diâmetro, totalizando 64.500 m de perfuração e 19.000 m de colunas de jet grouting.

Edifício Forluz

Local: **Belo Horizonte (MG)**

Cliente: **Forluz**

Contratante: **Via Engenharia**

Fundações: **Novatecna Consolidações e Construções**

Jet grouting como contenção lateral e de fundo e como ancoragem passiva em moega ferroviária profunda em argila marinha muito mole

Consolidação do solo mole marinho profundo, com cerca de 40 m profundidade, para contenção lateral e de fundo e fundação/tirante para apoio das moegas ferroviárias e para o túnel de transporte dos granéis para os



armazéns. A profundidade de escavação das moegas variaram entre 6 m e 10 m de profundidade na argila marinha saturada de SPT 0 a 2. O jet grouting armado com três barras especiais serviram também como elemento de fundação dessas estruturas na condição final

de obra, bem como elemento de ancoragem (100 tf) para combate à subpressão do tampão (laje) de fundo, formado previamente por colunas justapostas de jet grouting durante a fase de escavação. A escavação foi feita inteiramente suportada por jet grouting até o tampão de fundo e a concretagem da estrutura feita de baixo para cima. A consolidação do solo mole foi feita com 3.400 colunas de jet grouting de 1,2 m de diâmetro, totalizando uma perfuração de 38.800 m e 21.250 m de colunas.

Moega ferroviária e túnel

Local: **Guarujá (SP)**

Cliente: **Terminal de Grãos e Granéis do Guarujá -**

Termag -TGG

Contratante: **Constran & Zortéa**

Fundações: **Novatecna Consolidações e Construções**

