ISSN: 2594-6153

Estudo e Aplicação da Técnica de *Jet Grouting* Armada na Contenção do Talude do Cais no Porto de Santos

Guilherme Righi[1], Alexandre Jusis Blanco[1,2]

[1]Universidade Santa Cecília (UNISANTA), Santos-SP, Brasil
[2]Universidade de São Paulo (USP) - Semi-Industrial USP-SP.
E-mail: guilhermerighi@hotmail.com

Resumo: O *Jet Grouting* armado com perfil H metálico foi o método utilizado para estabilização e formação dos taludes nos leitos marinhos, contendo o solo, posicionado de maneira a manter as estacas do paramento do cais com o calçamento mínimo necessário, permitindo a dragagem para operar navios com maior calado. Houve a necessidade de um processo continuo de modernização e de dragagem. Com isto um novo empecilho a ser resolvido, com o aprofundamento do canal e dos berços de atracação foi identificado à necessidade de conter o material confinado sob o cais e manter as estacas pranchas do paramento do cais com solo em sua base, para tal foi desenvolvido o projeto de contenção utilizando o método de cortina formada através de uma linha de colunas de *Jet Grouting* secantes.

Palavras-chave: Jet Grouting; Calado; Dragagem; Modernização; Taludes.

Study and application of Jet grouting technique in slope containment of the Navy Pier in the port of Santos

Abstract: The jet grouting armed with metal H profile was the method used for stabilization and formation of the slopes in marine beds, containing the ground, positioned in a way as to keep the piles of the ornament of the quay with the necessary least paving, allowing the dredging to operate ships with bigger draught. There was the need of an on-going process of dredging and modernization. With this, a new obstacle to be solved, with the deeping of the channel and of mooring berths was identified the need to contain the material confined under the pier and keep the piles with soil in your base, such was the developed study it projects the restriction using the method of curtain through a line of dryers jet grouting.

Keywords: Jet Grouting; Quiet; Dredging; Modernisation; Slopes.

Introdução

Entre as décadas de 1950 e 1970 o processo de industrialização é intensificado, principalmente em São Paulo, com a industrialização do ABC e a implantação no polo de Cubatão, demandando uma ampliação da capacidade operacional das atividades do porto de Santos [1-5]. Na década de 1990 os portos brasileiros sofrem um processo de transformação estrutural e organizacional com a criação em 1993 da lei nº 8.630 que "dispõe sobre o regime jurídico da exploração dos portos organizados e das instalações portuárias", conhecida como Lei da Modernização dos Portos [6-7]. Impulsionado pelos ciclos de crescimento econômico do país e mundial, passando a operar diversos tipos de cargas até os dias atuais com movimentação de carga

ISSN: 2594-6153

gerais de importação e exportação com utilização de contêineres, cargas granéis, líquidos diversos, açúcar, veículos entre outros, (UNCTAD – United Nations Conference ON Trade and Development - 1994)[9]. Para atender à crescente demanda de movimentação de carga global os navios foram se modernizando e aumentando a capacidade de carga transportada, o que influenciou o desenvolvimento de navios com dimensões cada vez maiores como os transportadores de contêineres de longa distância. (GVcelog, 2006). Com o cais dimensionado para operar navios de menor calado, houve a necessidade de um processo continuo de modernização e de dragagem. Com isto um novo empecilho a ser resolvido, com o aprofundamento do canal e dos berços de atracação foi identificado à necessidade de conter o material confinado sob o cais e manter as estacas pranchas do paramento do cais com solo em sua base (ficha), para tal foi desenvolvido um projeto de contenção utilizando o método de cortina de *Jet grouting* armado com perfil H metálico, método que consiste no tratamento do solo alterando sua estrutura e melhorando sua característica mecânica e conferindo estabilidade ao maciço, neste trabalho evidenciaremos a eficiência do referido método na formação dos taludes nos leitos marinhos contendo o solo posicionado de maneira a manter as estacas do paramento do cais com o calçamento mínimo necessário [8].

O porto de Santos e o maior da América latina, e seu projeto original (Cais dinamarquês) previa uma profundidade de 8 (oito) metros de profundidade, existe estudos para atingirmos uma profundidade de 17 (dezessete) metros até 2022 (Resumo - CODESP- Companhia Docas do Estado de S. Paulo 2016), atendendo a maior parte de navios em operação no mundo.

Objetivos

Avaliar a empregabilidade da técnica de execução de colunas de Jet Grouting, com implante de perfil metálico que consiste na alteração das estruturas do solo, melhorando as propriedades mecânicas com injeção de aglutinante “in situ”, conferindo maior resistência, menor compressibilidade e relativa impermeabilidade possibilitando melhores resultados para a expansão portuária.

Material e Métodos

A perfuração do terreno é feita por processo rotativo com o emprego de injeção d’água sob pressão através de bicos na haste de perfuração (trabalhando em conjunto com a ferramenta de corte conforme equipamento figura 2) que provoca um desmonte hidráulico, e ao atingir a profundidade requerida em projeto “cota de projeto” é vedada a saída de água, passando ao início a fase de injeção, a qual é executada através dos bicos injetores, utilizando uma bomba de alta pressão (a pressão de injeção define o diâmetro da coluna conforme especificada em projeto) injeta-se a calda (cimento +

água + aditivo) que é preparada através de um conjunto de misturador, agitador de alta turbulência e de grande volume (traço), o jato assim conseguido promove uma mistura homogenia deste material com a calda injetada. A coluna vai se formando através da subida ascensional da haste conforme observados na figura 01.

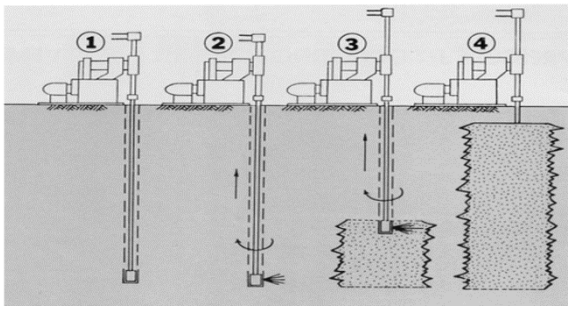


Figura 1. Croqui de execução de JG**.**



Figura 2. Equipamento de execução de JG.

Para dar andamento no projeto iniciamos com uma investigação geotécnicas identificando o tipo de solo e resistência através de sondagens, após a caracterização do solo são definidos os parâmetros de pressão e tempo de subida, executando o controle e anotação da profundidade de perfuração através do comprimento das hastes utilizadas bem como controle automático com "display" e escala graduada externa. Repetir essas mesmas operações com as profundidades de início e fim de injeção das colunas e início e fim de trecho de eventual pé-ruptura; verificação e anotação do tempo gasto na perfuração feito com cronômetro. Anotação da pressão na bomba injetora e na sonda durante a execução da coluna JG, anotando eventuais variações de pressão; Monitoramento da velocidade de rotação da haste em rpm e a subida da haste (translação) em cada passo, com uso de cronômetro (exemplo: 3cm/10s). O reforço metálico consiste na introdução de um perfil de aço no interior da coluna recém executada, até as cotas e nas posições indicadas nos documentos de projeto. O objetivo desses perfis metálicos é assegurar a continuidade das colunas de JG e resistir aos esforços de tração. Deverá ser previsto o auxílio de martelos de gravidade ou vibratórios para garantir a inserção de todos os perfis no interior das colunas até a cota especificada. As colunas de JG deverão ser executadas, de início espaçadas umas das outras num afastamento mínimo entre elas que atenda os critérios da figura 3, sendo executadas as colunas adjacentes só após garantida a resistência da coluna já executada por exemplo a coluna 5 somente poderá ser executada depois que o controle indicar que a lama de solo-cimento nas colunas 1 e 2 atingiu uma resistência mínima superior a 4kgf/cm2 e assim sucessivamente.

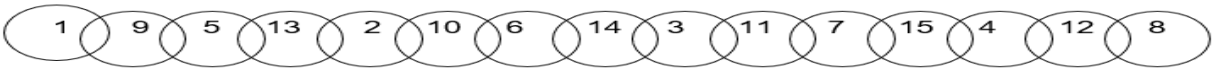


Figura 3. Croqui da ordem de execução das colunas.

ISSN: 2594-6153

Resultados

Para comprovarmos os resultados executaremos a moldagem de quatro corpos de prova, de Ø = 5 cm e h = 10 cm de calda de água-cimento do misturador, para romper com 7, 14, 28 e 60 dias de idade. Antes de romper, determinar densidade natural, a umidade natural, para as colunas de JG será a extração de 02 corpos de prova em cada coluna ensaiada para realização de ensaios de compressão simples (figura 4) e módulo de elasticidade. Para extração dos corpos de prova recomenda-se executar uma sondagem rotativa de Ø = NX, com barrilete duplo lene giratório de parede fina e coroa de diamante. Após a amostragem deve-se proceder a imediata obstrução do furo com calda de água-cimento (0,7: 1). O cimento Portland a ser empregado deverá ser o do tipo de alta resistência inicial, os quais deverão atender às exigências da NBRs. A fim de garantir a formação da cortina deverá ser retirado corpos de prova das áreas de intersecção.

RESULTADO DE RESITÊNCIA À COMPRESSÃO (RETIRADA DE AMOSTRA COM MAIS DE 60 DIAS)							
Amostra (Coluna)	62a (1)	62a (2)	123b	268ª (1)	268ª (2)	343b (1)	343b (2)
Resultado em Mpa	7,2	5,8	5,0	5,6	5,2	4,2	5,4

Figura 4. Planilha demonstrativo dos resultados de ensaio a compressão simples.

Discussão

Podemos verificar que com os equipamentos de perfuração móveis (sobre esteiras) foram executados os serviços sem a necessidade de interdição nas operações do terminal e operação de navios, trabalhando nas janelas de atracação e nos trechos de cais entre os navios. O projeto executivo prevê a implantação de 3 (três) linhas de colunas secantes de JG com implante de perfil metálico, faseadas que permitiria a dragagem em três profundidades, uma para cada fase na sequência de cotas de (-)11, (-)14 e (-)17 metros de profundidade (cotas negativas com referência maré 0,0 DHN), sendo que esta última fase para 17 metros está com sua liberação vinculada aos estudos em andamento da Autoridade Portuária no trecho 04 do canal de navegação de Santos onde está situado o reforço estudado. A coluna de fechamento somente poderá ser executada depois que o controle indicar que nas colunas já executadas próximas atingiu uma resistência mínima superior a 40kgf/cm2. O início da execução das colunas deverá ser precedido de uma prefixação dos parâmetros executivos para a obtenção do diâmetro especificado e resistência (em corpo de prova de 30kgf/cm2 a 28 dias e 40kgf/cm2 a 60 dias) especificados em projeto.

Conclusão

O projeto demonstra-se eficiente e com um custo (conforme figura 4) viabilizado economicamente principalmente por não interromper a operação do terminal, utilização de pouca

mão de obra diminuindo os riscos de acidentes e se adequar as situações adversas das áreas portuárias e “off Shore”; e atender as variações de solo consolidado e sendo indicado para tratar os solos moles com pouca resistência. No caso estudado da execução de colunas JG nas cais do Saboó e Valongo, podemos observar que a solução encontrada com a indicação deste sistema, atende premissas peculiares do site, permitindo a execução das colunas no leito marinho a baixo da linha d’agua e em solo saturado, consolidando o solo de forma controlada definindo o diâmetro e cota de início e fim da coluna e com o implante do perfil metálico de plataforma suspensa sobre o cais.

OBRA:	APROFUNDAMENTO DO CALADO - 02 LINHAS JG - CAIS - SABOO				
ASSUNTO:	PLANILHA ORÇAMENTÁRIA/2013				
ITEM DE PLANILHA	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
1	APROFUNDAMENTO DO CALADO				
1.1	Serviços Preliminares				
1.1.1	Mobilização e instalação de canteiro de obras	vb	1	65267,17	65.267,17
1.1.2	Canteiro de obras - manutenção mensal	mês	18	1978,94	35.620,89
1.1.3	Mobilização de equipamentos de jet-grounting	vb	4	125455,00	501.820,00
1.1.5	Ensaios tecnológicos para determinação do traço do concreto da coluna de jet-grouting	unid	3	885,60	2.656,79
1.1.6	Levantamento planialtimétrico cadastral	m²	15.000,00	11,35	170.219,63
1.1.7	Administração central	mês	18	57025,00	1.026.450,00
	SUB-TOTAL 1.1				1.802.034,48
1.2	Coluna de Jet-Grouting				
1.2.1	Execução de colunas de jet-grouting Ø 1,25m	m	20.100,00	1724,86	34.669.645,50
1.2.2	Fornecimento e instalação de perfis metálicos - W360x72	kg	1.500.000,00	5,70	8.553.750,00
	SUB-TOTAL 1.2				43.223.395,50
	TOTAL 1+2				45.025.429,98

Figura 5. Planilha demonstrativo de preços para execução de duas linhas de J.G.

Referências

1. Abramento, M. et al. Fundações: Teoria e Pratica. 2ª ed. São Paulo: Pini, 1998.

2. _____. A teoria do Desenvolvimento Econômico. São Paulo: Nova Cultural (Coleção Os Economistas), 1985.
3. Abramento, M. et al. Fundações: Teoria e Pratica. 2ª ed. São Paulo: Pini, 1998.

4. Hachichi, W. et. Al. Fundações Teoria e Pratica: Concepção de Obras de Contenção. 2. Ed. São Paulo: Pini, 1998. Cap. 13, p. 509-513.

5. Nunes, L. A. de P., O Grande Porto: A Modernização no Porto de Santos – Santos 2008.

6. Massad, F. Obras de Terra: Curso Básico de Geotécnica. São Paulo: Oficina de texto, 2003.

7. Silva, J. M.: Estabilidade de Escavações Subterrâneas, 2008. 357 f. 1(3) – Curso de geologia, Cap 1. Minas Gerais.

8. Ranzini, S. M. T.; Negro Junior, A. Fundações Teoria e Pratica: Obras de Contenção. São Paulo 1998.
9. UNCTAD – United Nations Conference ON Trade and Development – 1994.