

ANÁLISE COMPARATIVA DA RESISTÊNCIA AO ARRANCAMENTO DE GRAMPOS COM E SEM REINJEÇÃO

Ana Carolina Nascimento de Barros Arêdes², Sophia Ferreira Merlo³,
Eduardo Antonio Gomes Marques⁴, Eduardo Souza Cândido⁵,
Ângelo Henrique Cruz Oliveira⁶

Resumo: *Dentre as diversas técnicas de estabilização de solos, a de solo grampeado tem sido muito utilizada, dada sua eficiência, custo-benefício competitivo, flexibilidade e facilidade de produção. O parâmetro fundamental na análise do comportamento mecânico dessa estrutura é a resistência de atrito solo-grampo, ou resistência ao arrancamento (q_s). Diversos fatores influenciam o valor desse parâmetro atingido por uma inclusão, como, por exemplo, a realização de fases de reinjeção. Esse trabalho tem por objetivo analisar o ganho de resistência ao arrancamento em grampos executados com 1 reinjeção e grampos compostos somente com bainha. Foram realizados ensaios de arrancamento em 7 grampos, sendo 4 (2 com 1 reinjeção e 2 somente com bainha) com 5 metros de comprimento ancorados e 3 (1 com reinjeção e 2 somente com bainha) com 3 metros de comprimento ancorados. Com base nos resultados, pode-se observar que para os grampos de 3 m de comprimento ancorado q_s aumentou 200% com a inserção de 1 reinjeção; e para os grampos de 5 m, o ganho foi de 37% de resistência. Sendo assim, pode-se observar um efeito mais significativo nos grampos menores, fato justificado pelo volume maior de calda por metro de grampo inserido durante a fase de reinjeção. Conclui-se com este trabalho que a reinjeção pode aumentar substancialmente q_s e assim gerar maior segurança e economia nos projetos envolvendo o grampeamento dos solos.*

Palavras-chave: *Ensaio de arrancamento, solo grampeado*

²Mestranda em Engenharia Civil – Universidade Federal de Viçosa. e-mail: ana.aredes@ufv.br

³Engenheira Civil – Universidade Federal de Viçosa. e-mail: sophia.merlo@ufv.br

⁴Professor Titular – Universidade Federal de Viçosa. e-mail: emarques@ufv.br

⁵Doutorando em Engenharia Civil – Universidade Federal de Viçosa. e-mail: eduardo.candido@ufv.br

⁶Engenheiro Civil – Faculdade Única. e-mail: angelo.cruz.oliveira@hotmail.com

Introdução

A partir da avaliação da estabilidade de um talude, pode-se considerar a necessidade de uma intervenção no maciço, a fim de torná-lo mais seguro contra possíveis movimentos. O solo grampeado se apresenta como uma boa alternativa para técnica de estabilização, cujo princípio se baseia no reforço do maciço de solo por meio da introdução de inclusões passivas (hastes semi-rígidas), denominadas grampos. O parâmetro fundamental na análise do comportamento mecânico dessa estrutura é a resistência de atrito solo-grampo, ou resistência ao arrancamento (q_s). Diversos fatores influenciam o valor final desse parâmetro atingido por uma inclusão, dentre eles a realização de fases de reinjeção. O objetivo desse trabalho é avaliar o ganho na resistência ao arrancamento devido à primeira fase de reinjeção, em relação à bainha.

Material e Métodos

Para a realização do trabalho executou-se 7 grampos em um talude de solo residual de gnaíse localizado no campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV); sendo estes dispostos em uma única linha com espaçamento horizontal médio de 1,5 m.

Os furos (100 mm de diâmetro) para inserção dos grampos foram executados utilizando-se uma perfuratriz com circulação de água e mantendo-se uma inclinação de 15° com a horizontal. Dentro destes foram inseridas barras de aço CA-50 com 20 mm de diâmetro e comprimento de 7 m, para os furos com 6 m de extensão, e 5 m, para os furos com 4 m de extensão. A fim de garantir que a barra se posicione no centro do furo, foram instalados junto a elas centralizadores, confeccionados a partir de pedaços de tubo PVC e amarrados com espaçamentos de 1,5 m na barra com arame recozido.

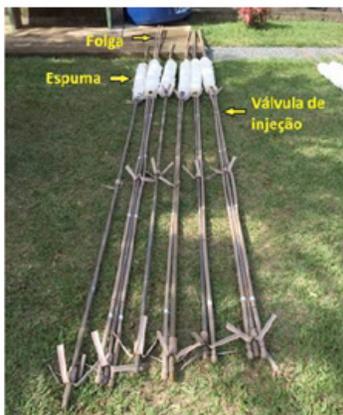
Para a realização da reinjeção, foi acoplado a cada barra de aço um tubo de PVC, de 20 mm de diâmetro, e neste criou-se pequenos orifícios espaçados de 1 m, também chamados de válvulas de injeção ou tipo manchete. Esses orifícios foram vedados com fita adesiva, e se romperam ao aplicar a calda de cimento sob pressão.

Após a preparação da barra (Figura 1a), esta foi inserida no furo,

deixando 1 metro livre a partir da superfície, para a realização do ensaio de arrancamento. Para impedir que a calda de cimento preencha o metro inicial do furo, envolveu-se a barra com uma espuma ao longo desse trecho.

A calda de cimento (CP II-E-32), com uma relação água/cimento de aproximadamente 0,7, foi lançada de forma ascendente à baixa pressão para a execução da bainha, utilizando o mesmo tubo de PVC usado na lavagem do furo. A primeira reinjeção foi executada 24 horas após a execução da bainha sendo nessa etapa a calda aplicada sob uma pressão de aproximadamente 2,4 kgf/cm² durante 5 minutos.

A montagem do aparato (Figura 1b) para ensaio de arrancamento era composto pelos seguintes equipamentos: peças de madeira (I), placa de aço soldada à perfis metálicos (II), macaco hidráulico vazado com capacidade de 50 toneladas (III), conjunto de peças para travamento da barra de aço (IV), suporte dos extensômetros (V), extensômetros mecânicos (VI), braços com articulação para ajuste da posição do extensômetros (VII) e suporte fixo para os braços articulados com base de concreto (VIII).



(a)



(b)

Figura 1 – (a) Barra preparada para inserção no furo. (b) Esquema de montagem do sistema de arrancamento.

O arrancamento foi realizado em estágios, sendo cada um correspondente

a um acréscimo de carga aplicado, durante o qual foram realizadas as leituras dos extensômetros para os tempos 0, 15, 30 s, 1 min, 2 min, 4 min, 8 min, 15 min e 30 min. Após a leitura relativa ao tempo de 30 min, realizou-se a verificação quanto à estabilização das leituras de deslocamento (Equação 1). Caso esta condição fosse atingida, caracterizava-se o fim do estágio, caso contrário, prosseguiam as leituras para os tempos de 1 h, 2 h, 4 h, dobrando-se o valor até obter a estabilização. Em que representa a leitura realizada em cada um dos intervalos de tempo.

$$\frac{l_i - l_{i-1}}{\sum_{l=0}^i l} \times 100 \leq 5\% \tag{1}$$

Ao fim de cada estágio, o procedimento era refeito aplicando um novo carregamento e repetia-se o ciclo de leituras. O processo foi reproduzido até o rompimento do atrito lateral entre o grampo e o solo, identificado pela não estabilização da carga aplicada relacionada com grandes deslocamentos.

Resultados e Discussão

A Figura 2 apresenta os resultados dos ensaios de arrancamento.

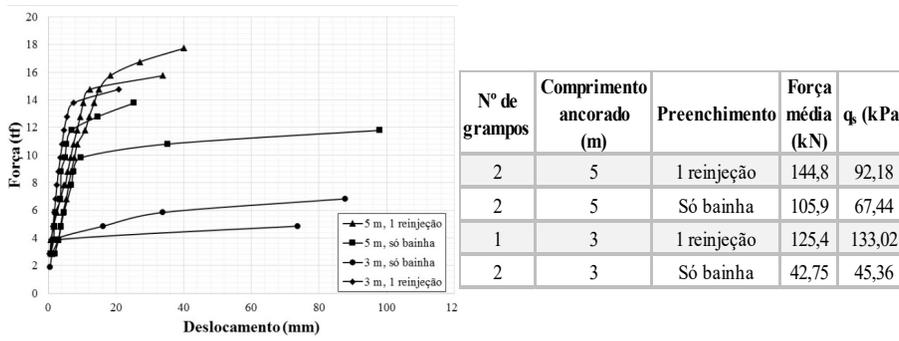


Figura 2 – Força versus deslocamento dos grampos

Com base nos resultados obtidos, observou-se para os grampos de 3 m de ancoragem um ganho de aproximadamente 200% de resistência com 1

reinjeção, e 37% para os grampos com 5 m, conforme se apresenta na Tabela 1. Sendo assim, pode ser notado um efeito mais significativo nos grampos menores, justificado pelo maior volume de calda de cimento por metro de grampo inserido durante a fase de reinjeção.

Tabela 1 – Comparação entre o preenchimento só com bainha e 1 reinjeção

Comprimento efetivo	q_s (kPa)	% de aumento em relação à só bainha
5	92,18	193 %
3	133,02	37 %

Souza, Pitta e Zirlis (2005) mostraram em ensaios de arrancamento que a primeira fase de reinjeção apresenta um aumento na resistência de 78%. Springer (2006) observou um aumento de 50%. Os ensaios feitos nesse trabalho em grampos de 3 m mostraram um aumento superior ao obtido pelos autores citados, mas inferior para grampos de 5 m. Esse ganho pode ser justificado pelo fato da exsudação da calda de cimento provocar um vazio em grande parte do furo e a calda não reconstituir totalmente o desconfinamento provocado pela perfuração. Nos grampos executados com bainha e uma fase de reinjeção já foi possível preencher os vazios causados pela exsudação; melhorando sensivelmente as características geológico-geotécnicas do maciço.

Conclusões

Diante dos resultados expostos, pode-se concluir que a primeira fase de injeção gera um ganho de resistência significativo no grampo devido ao preenchimento dos vazios causados pela exsudação da calda de cimento da bainha.

Referências Bibliográficas

SOUZA, G.K.T.; PITTA, C.A.; ZIRLIS, A.C., Solo grampeado – aspectos executivos do chumbador. IV COBRAE – Conferência Brasileira sobre estabilidade de enconstas. Salvador, BA, p. 835-844, 2005.

SPRINGER, F. O. Ensaios de arrancamento de grampos em solo residual de gnaiss. Orientadores: Alberto de Sampaio Ferraz Jardim Sayão e Anna Laura L. S. Nunes. Tese (Doutorado). Rio de Janeiro. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil. 310 p., 2006.