6 Conclusões e sugestões

A realização de estudos numéricos sobre o comportamento estático e dinâmico de aterros reforçados com geossintéticos é importante para compreender melhor os mecanismos de deformação e de resistência de tais estruturas, principalmente em regiões de grande atividade sísmica, como os países andinos da América do sul.

Os resultados quantitativos e qualitativos obtidos com o emprego do programa computacional FLAC v.5 permitiram verificar os efeitos de diferentes condições de contorno, tipos de amortecimento, ângulo de atrito do material de rejeito, distribuição dos reforços no aterro, etc.

Com relação ao comportamento do aterro para barragem de rejeitos III da Mina San Rafael, Peru, as principais conclusões foram:

1. O fator de segurança estática do aterro sem reforço foi estimado em 0.66, sendo necessário o emprego de reforços (geossintéticos) para garantir sua estabilidade. O aterro reforçado passou a apresentar então comportamento estável com fator de segurança de 1.90.
2. Em uma análise estática de estabilidade externa do aterro verificou-se que o comportamento de região de aterro reforçado se comporta mecanicamente como um bloco ou muro de arrimo de gravidade com superfície de ruptura passando abaixo da base da estrutura de contenção.
3. O resultado de análise dinâmico considerando amortecimento hysterético mostra que a geometria da superfície de ruptura do aterro reforçado, no caso das análises dinâmicas, é do tipo bilinear.
4. Efeitos de amplificação da propagação vertical de ondas S através de diferentes tipos de solo foram verificados em simulações 1D realizadas com os programas computacionais FLAC e SHAKE. Em ambos os programas foram considerados o amortecimento hysterético, de acordo com as curvas de degradação do módulo de

cisalhamento e razão de amortecimento crítico propostas por Seed e Idriss (1970), para areias. Os resultados de ambas as simulações foram bastante satisfatórios, avaliando-se uma aceleração máxima 0.36g com o programa FLAC e 0.34g com o programa SHAKE.

5. Os resultados numéricos mostram a ocorrência de maiores deslocamentos horizontais da face do talude do aterro para condições de contornos laterais de campo livre e contorno inferior viscoso, em comparação com o caso de contornos laterais rígidos e contorno inferior viscoso.
6. A simulação dinâmica do aterro reforçado mostrou similar comportamento mecânico do aterro para amortecimento Rayleigh e local, atingindo em ambas as análises valores próximos de 0.33m de deslocamento horizontal relativo no topo de talude. No entanto, para amortecimento histerético +0.5% Rayleigh este valor incrementou para 0.50m.
7. Na simulação dinâmica do aterro, as forças axiais máximas nos reforços correspondentes ao amortecimento local e amortecimento de Rayleigh apresentaram valores bastante similares, atingindo 68 kN/m na segunda camada de reforço. No entanto, para amortecimento histerético+0.5% Rayleigh esses valores atingiram 87.5 kN/m também na segunda camada de reforço.
8. Com base nos resultados obtidos, observa-se que os efeitos do amortecimento do material no comportamento dinâmico do aterro influenciam significativamente os resultados. Na simulação através do programa FLAC, a melhor opção parece ser a consideração do amortecimento histerético combinada com 0.5% de amortecimento de Rayleigh, porque há melhor controle das deformações e uma razoável diminuição do tempo de execução do problema no computador. As análises feitas somente com amortecimento de Rayleigh geralmente envolvem tempos de processamento muito maiores.
9. Na análise dinâmica verificou-se que quanto menor o ângulo de atrito do solo do aterro maior o desenvolvimento das forças de tração nos reforços.

Como sugestão para trabalhos futuros, entende-se que seriam interessantes e recomendadas a realização das seguintes análises adicionais:

- a. Estudo da otimização da distribuição e do efeito do comprimento das camadas de reforço sob carregamentos estáticos e dinâmicos.
- b. Análise do aterro reforçado sob a ação de diferentes registros sísmicos e frequências.