

6

Conclusões

6.1.

Conclusões

Os resultados das modelagens numéricas são apresentados nos capítulos 4 e 5, onde são abordados os ensaios triaxial e de cisalhamento direto, respectivamente. As principais conclusões obtidas nos dois capítulos de modelagem estão apresentadas separadamente nos itens 6.1.1 (triaxial) e 6.1.2 (cisalhamento direto).

6.1.1.

Conclusões da Análise Numérica do Ensaio Triaxial

Os resultados da modelagem numérica dos ensaios triaxiais (cap. 4) sugerem que o programa Plaxis – V.8.2 – permite de forma satisfatória uma avaliação preliminar do incremento de tensões produzido pela inclusão do reforço no solo. Observou-se que, uma vez obtidos os resultados de ensaios triaxiais em uma areia densa, o efeito do reforço, no ganho de resistência, pode ser bem avaliado.

Foi possível verificar a necessidade de haver uma deformação mínima (no caso analisado igual à cerca de 3%) no solo para que a resistência do reforço seja mobilizada. As curvas dos ensaios reforçados e não reforçado foram razoavelmente coincidentes até que fosse atingida uma deformação axial de cerca 3%.

Em uma análise extra, foi avaliada alternativamente a influência do reforço no ganho de resistência e rigidez do conjunto. Nestas análises, são realizados incrementos de tensão confinante capazes de representar a influência do reforço. Os resultados desta análise foram satisfatórios, em relação à resistência, para todos os níveis de tensões e de camadas incrementais de reforço. Quanto à rigidez, os resultados mostraram uma concordância mais adequada quando os incrementos de tensão confinante aplicados eram

menores, pois estes incrementos de tensão geram acréscimos de rigidez inicial, ao contrário do que é observado com o reforço, que precisa de um deslocamento mínimo para que comece a atuar.

6.1.2.

Conclusões da Análise Numérica do Ensaio de Cisalhamento Direto

Inicialmente, foram analisados numericamente os ensaios no solo não reforçado, realizados por Sieira (2003), na etapa de calibração do programa. As retro-análises destes ensaios comparam-se bem com os resultados experimentais e permitem a verificação numérica de dois aspectos conhecidos experimentalmente:

- A rotação dos eixos das direções principais quando o carregamento cisalhante é aplicado. Na ruptura, a direção da tensão principal menor forma um ângulo de aproximadamente 60° com o plano de ruptura. Este resultado concorda com os resultados obtidos experimentalmente por Jewell (1980) e Palmeira e Milligan (1989).
- A formação de uma zona de cisalhamento na região central da caixa de cisalhamento, no instante da ruptura. Esta verificação implica que a caixa de cisalhamento pode variar de altura, desde que a zona de cisalhamento não seja atingida, sem que haja variação significativa dos resultados obtidos, como observado por Sieira (2003).

Posteriormente, as análises dos ensaios em solo reforçado foram realizadas com a geogrelha em duas configurações: posicionadas no plano horizontal, para se avaliar a resistência de interface solo-reforço, e inclinada em relação ao plano horizontal, para se avalia o ganho de resistência do conjunto.

No primeiro caso, com reforço horizontal, os resultados da análise numérica mostraram que o programa não consegue avaliar a resistência de interface devido a não representatividade do elemento de reforço. O programa Plaxis oferece, como única opção, elementos planos, onde não são avaliados os mecanismos de resistência que se desenvolvem em um reforço em forma de

grelha. Nas retro-análises do ensaio em solo com reforço horizontal, as resistência e os deslocamentos obtidos na ruptura foram inferiores aos obtidos experimentalmente (Sieira, 2003), indicando que os mecanismos de mobilização de resistência não estão sendo modelados.

No segundo caso, onde o reforço trabalha a tração e os mecanismos de mobilização de resistência são os mesmos que o de membrana plana contínua (sem os vazios), os resultados obtidos pelo Plaxis sugerem que as análises da influência do reforço devem ser realizadas em modelos com iguais dimensões de altura e comprimento, pois para relações de alturas/comprimento menores que 1,0, os contornos exercem influência significativas nos resultados.

Determinando a relação altura/comprimento igual a 1,0 da caixa de cisalhamento verificou-se os seguintes aspectos:

- Obtém-se o maior ganho de resistência quando o reforço está posicionado com inclinação $\theta = 60^\circ$, em relação ao plano horizontal. O mesmo resultado foi obtido experimentalmente por Jewell e Wroth (1987), Palmeira (1987) e Sieira (2003). Verificou-se numericamente, que o maior ganho de resistência pode ser associado ao reforço estar posicionado na mesma direção da tensão principal menor, na ruptura.
- O aumento da resistência cisalhante é influenciado pela rigidez do reforço. Análises realizadas com o reforço inextensível apresentam maior incremento de resistência cisalhante do que reforços extensíveis. Observa-se que a ruptura, em solos arenosos reforçados, ocorre para deslocamentos maiores do que no solo não reforçado, indicando que o reforço torna o solo mais deformável. O mesmo resultado foi obtido experimentalmente por Jewell e Wroth (1987).

Os resultados das retro-análises realizadas do ensaio de cisalhamento direto com reforço inclinado foram satisfatórios, mostrando o potencial da ferramenta numérica utilizada para análise deste tipo de ensaio.

6.2.

Sugestões para pesquisas futuras

As sugestões para pesquisas futuras sobre o tema abordado nessa dissertação são:

- Realização de análises numéricas com outras condições de contorno e modelos constitutivos dos materiais;
- Investigação de formas alternativas de se avaliar a resistência de interface solo-geogrelha;
- Realização de análises numéricas em comparação com resultados de ensaios em solo argiloso;
- Verificação mais aprofundada da distribuição de tensões internas durante o ensaio de cisalhamento direto reforçado.