

pelo Método dos Elementos Finitos e comprovação experimental, essa questão do afastamento. O trabalho chega à mesma conclusão, de 8 a 10 diâmetros dentro da precisão desses ensaios. Como a precisão, em geral, nos fenômenos de ruptura em Mecânica dos Solos é tão pequena, dizer 8 diâmetros ou 10 diâmetros é, estatisticamente, a mesma coisa. Mas, meus senhores, eu acho que nós temos um encurtamento do caminho para resolver o problema experimentalmente, e nós o fizemos na Ponte Rio-Niterói, nas provas de carga que foram efetuadas, acredito eu pela primeira vez no mundo, de ensaios de grande carga com ancoragens. Na Ponte Rio-Niterói foram feitos ensaios de 1.700 toneladas com ancoragens. Para resolver esse problema do afastamento entre as ancoragens e um outro problema, muito grave, que não foi tratado aqui, que é a eventual influência das ancoragens na capacidade de carga do elemento de fundação ensaiado, quando se o ensaia com ancoragens, fizemos um ensaio que recomendamos para quem tem dúvida sobre o assunto. Consiste no seguinte: carregar uma ancoragem até uma determinada carga e depois aplicar uma carga na ancoragem vizinha. Se a carga na primeira varia quando se aplica a carga na segunda é porque há influência. Se a carga que se aplica na segunda não influencia a que se aplica na primeira, então a influência não existe. Na Ponte Rio-Niterói ficou comprovado que para afastamentos superiores a 10 diâmetros, a influência era desprezível, confirmando assim, aqueles dados fornecidos pelo Prof. Salioni, pelo Prof. Conti e pelo Prof. Antonio Pinelo. Acredito que tenha respondido ao estudante, e ao mesmo tempo lhe dei uma grande bibliografia que sugiro ele estude, uma vez que é estudante.

Eng^o Walter Bernardes Nory: Prof. Victor de Mello, da Victor de Mello e Associados quer fazer alguns comentários sobre as exposições do Eng^o Zirlis, do Eng^o Salioni, Prof. Ranzini.

Prof. Victor de Mello: Desculpem a mania de professor de querer usar o quadro negro. Eu tomo a liberdade de voltar um pouquinho ao tema de ontem: tenho assistido com muito interesse e entusiasmo aos debates de agora, porque estou parcialmente de acordo com todos embora todos tenham exposto posições algo diferentes. No entanto onde está o solo, onde está a teoria? Então se me permitem eu iria fazer uns 3 ou 4 comentários para mostrar que felizmente um caso pode ser bastante correto, conforme apresentado pelo Prof. Clóvis Salioni, para um determinado solo, e para um montão de outros casos resultarem situações inteiramente diferentes: e isso é que é a beleza. E a teoria também pode ser muito mais sensível do que a realidade prática. Eu vou começar por esse último tema. O Prof. Costa Nunes, o Prof. Clóvis, ambos concordaram com 8 a 10 diâmetros como o raio de influência. Agora, há uma pesquisa que foi feita simultaneamente por 5 laboratórios no mundo: o Studio Geotécnico Italiano, o "Norwegian Geotechnical Institute", o "M.I.T.", Waterways Experiment Station e Monash University da Austrália, usando 5 amostras de areia absolutamente idênticas encaminhadas exatamente para os mesmos ensaios, etc., para verificar, por motivos de "offshore", o comportamento de cravação de um cone (eu vou simplificar a idéia básica pela cravação de um cone): nessa pesquisa, que foi publicada há cerca de um ano e meio, num simpósio especial do National Research Council dos Estados Unidos, embora as clássicas fórmulas de capacidade de carga atribuíam da ordem de 3D como raio de influência de um cone penetrando numa areia

pura, etc., etc., demonstrou-se, por medições muito cuidadosas, que até um raio de 50 diâmetros, existe influência de pressões e deformações, que obviamente a teoria não pretende levar em conta. Aí está a diferença entre teoria, grau de ciência e a realidade da prática da engenharia. Quando o Prof. Costa Nunes e o Clóvis ambos concordaram que da ordem de 8 a 10 diâmetros é suficiente, é o mesmo que dizer que numa série de Fourier ao final de 2 ou 3 termos, o resto tende para zero, nunca realmente desaparece a influência. Eu estou sendo influenciado neste momento por qualquer um dos senhores, em grau oxalá pequeno, e assim vice e versa: de modo que o primeiro assunto que eu descartaria seria esse. Realmente as influências, abrangem uma questão de decisão, até onde que nós queremos ir.

Agora, quanto à tração e compressão, os gráficos que o Eng^o Clóvis Salioni mostrou são fundamentais, mas eu tomaria a liberdade de mencionar que a qualidade do solo é extremamente importante nesses casos também. E discutir, por exemplo: um ensaio rápido é pior do que um ensaio lento? Depende! Se o solo é compressível, portanto desenvolve pressão neutra positiva quando eu carrego, seja em tração seja em compressão, e eu carrego rápido, eu o torno mais crítico. Porém a maioria dos nossos solos, saprolíticos, etc., etc., tem ludibriado os nossos prezados colegas que querem aplicar elementos finitos, etc., etc., porque o máximo permitido pela teoria da elasticidade é um coeficiente de Poisson de 0,5 (inclusive esse não se pode inserir pois senão o computador "ferve"; 0,4999 etc., é o que se pode). Mas de fato existem solos que têm coeficientes de Poisson maiores do que 0,5, especialmente os nossos solos saprolíticos um tanto densos; na hora que nós carregamos verticalmente, em vez deles expandirem lateralmente, eles contraem, e vice-versa; na hora que nós descarregamos, eles são dilatantes. Ora, numa situação dessas, uma sucção entra em jogo, e quanto mais tempo eu der ao solo, tanto pior fica; ele vai inchando, vai amolecendo, etc. Portanto, onde está o solo nessa discussão toda? Cada um desses materiais é um solo distinto, depende saber portanto se ele é dilatante ou contrativo, se o estado de tensões daquele específico ensaio vai de uma forma ou de outra.

Passando mais rapidamente agora, por exemplo, à menção do Eng^o Zirilis, com a qual concordo inteiramente, dos tipos de injeções e o uso de controle de pressão de injeção: acho realmente muito bonito. Até há pouco tempo julgava que só os franceses conseguiam fazer curvas tão bonitas por 3, 4 pontos, mas acho que nós estamos aprendendo também: eu esperaria uma chuva de pontos em todos os gráficos; mas quando só se tem poucos, sempre dá para se passar uma curva bonita. Agora, o que não foi mencionado aí é que este solo por ser sedimentar, tem uma tendência de abrir-se essencialmente segundo as laminações, o massapê, etc. No entanto, na maioria de nossos saprolitos e em qualquer solo sedimentar em que nós admitimos que a pressão horizontal $\sigma'_h = K_0' \sigma'_v$ é menor do que o σ'_v ($K_0' < 1$), então, quando se começa a injetar o que que deveria ocorrer é fugas. Nos nossos solos saprolíticos é muito comum as diaclases favorecerem pontos de fuga. Então, o que, nós temos encontrado, em centenas e milhares de casos, é que a tendência de grandes fugas, na tentativa de usar critério de aumento de pressão (muito louvável, que eu sempre procuraria mas não ocorre): porque na hora que eu vou injetando a calda vai fugindo, e chega a uma certa

diacrise e foge ainda mais fácil. Nós já temos uma série de ensaios em que curiosamente se observa o seguinte? fazendo injeções em estágios diferentes, com diferentes corantes, nós esperaríamos que o corante, depois de encontrar uma fratura injetada, iria buscar outra; não, parece uma segunda língua, azul no meio do verde, uma terceira vermelha no meio do azul e verde; curiosíssimo, porque? Porque solos são felizmente curiosos, felizmente para aqueles que aqui querem uma regrinha para voltar para casa e dizer "eu estive no SEFE e sei exatamente", eu sinto muito, mas acho que nós temos que reconhecer essas variabilidades imensas. Então eu gostei muito da idéia de controle de volume e controle de pressão, e tenho a impressão de que obviamente nós teríamos que controlar pelos 2, ambos, nem um nem outro, independentemente.

Tomei a liberdade de não fazer perguntas, de fazer uns comentários que espero que contribuam para o tema. Nós temos tido centenas de casos desse gênero (especialmente em saprolitos) em que esses diaclasamentos são os pontos preferenciais de fuga e não dá para aumentar a pressão, por mais que queira. Concordo mais ou menos, (não vou dizer que isso é genérico) em muitos dos solos é bastante válido o que o Dr. Zirlis mencionou.

Agora, passando para diante um pouquinho, e para mostrar que teoria também tem suas limitações, eu queria fazer referência ao trabalho do Prof. Ranzini, que eu reputo extremamente interessante e útil, porém lamentavelmente não atende à mais frequente necessidade e realidade do Brasil. Todos nós sabemos que na teoria de estabilidade (nem se precisa ir a Bishop) estão inclusas as hipóteses de corpo de sólido rígido, teorias de pressão neutra de superfície ou neutras de membrana (conforme chamarei), e teoria de equação linear de resistência. Baseado nessas equações, Taylor (1948) tem uma demonstração bonita nas páginas 200 a 204 (1ª edição) do livro dele (leiam e releiam porque a demonstração é elucidativa), mostrando que é igual considerar forças totais mais (em vetores naturalmente), pressões neutras de superfície (pressões de membrana), absolutamente igual a, pressões intergranulares de gravidade mais (também vetores) pressões neutras de infiltrações. Ele demonstra que isso é válido para um corpo sólido rígido e equação Mohr-Coulomb linear; Teorias de Bishop et al, todas elas consideram somatórias de força, etc., etc., e as equações da estática válidas. Quando é que a estática existe na natureza? Realmente nunca. Porque ela é infinitamente rígida, infinitamente instantânea, infinitamente infinita, e não existe na realidade prática. A estática é inexistente a não ser na abstração do ser humano. Bom, enfim, o que é realidade? E porque isso nos afeta muito? Porque realmente o único comportamento que existe num solo é o comportamento de rede de percolação, rede de infiltração, etc., e isso instabiliza o talude: desde que haja perda de carga isso significa aumento de esforço; eu não posso ter uma perda de carga de um líquido viscoso sem estar transferindo essa carga ao meu vizinho; portanto desde o momento que existe infiltração começa a instabilização muito antes da rede de percolação chegar à superfície hipotética de escorregamento.

Agora, deixando de lado Bishop, etc., etc., um processo chamado Sarma (1973) permite conhecer a distribuição de tensões e indica a consequência

no caso de se usar envoltórias curvas de resistência. Se eu retiro uma certa pressão deste ponto e transfiro para cá (processo de Taylor), numa equação linear, não faz diferença nenhuma. Mas numa equação curva qualquer, pois todos os solos têm equações curvas, faz muita diferença. Ora, essa diferença passou a ser possível conhecer-se. Então eu postulo que nós deveríamos voltar ao reconhecimento de que as análises de estabilidade requerem reconhecimento: a eliminação de u de sucção por simplificação como 1ª problema hoje afastável; 2ª a introdução da tensão intergranular de percolação composta com a pressão intergranular de gravidade; e 3ª análise de estabilidade preferivelmente feita por esse procedimento, e não mais pelo do muito ilustre e prezado colega Bishop e suas hipóteses, cujo uso eu próprio fui um dos responsáveis por difundir entre nós. O processo convencional não atende a solos não saturados, linhas de infiltração, subpressão, etc., que abrangem a grande maioria de situações que nos atingem a nós. É fazendo a análise de estabilidade por redes de infiltração e pelo processo clássico, (vamos chamar de clássico convencional nominal o daquelas hipóteses de Taylor) dá uma diferença brutal. Eu tenho um trabalho apresentado à conferência de "Landslides" de Toronto em que mostro uma diferença de um coeficiente de segurança 1,33 cair para 0,52 simplesmente pelo uso de um processo comparado com o outro. Então são pequenas indicações de que Teoria também é inteiramente nominal, como o são todos os casos práticos; para cada um ser válido depende de considerar-se que solo, que situação etc. MUITÍSSIMO obrigado, desculpem-me o tempo.

Engº Walter Bernardes Nory: Ranzini, algum comentário?

Prof. Ranzini: Bem, o único comentário que eu queria fazer é que o processo apresentado visa simplificar o método de Bishop e em determinados casos pode ser utilizado. A utilização de determinado ferramental evidentemente depende da habilidade do cirurgião. Cada um deve usar o método adequado ao problema que tem de resolver.

Engº Walter Bernardes Nory: Engº Zirlis, algum comentário?

Engº Zirlis: Só gostaria de dizer que o fato levantado pelo Dr. Victor Mello de não se esquecer da geologia do solo deve ser tido como muito importante, e que a observação do efeito de injeção, realmente é feita por volumes e pressões como foi demonstrado naquela comparação entre dois tipos de estacas injetadas, e que é um efeito também local para aquela área que pode ter um comportamento diferente em outros locais.

Engº Walter Bernardes Nory: Engº Salioni, algum comentário?

Engº Clóvis Salioni: Eu rapidamente aqui, realmente, os problemas no que se refere ao que o Prof. Victor comentou eu concordo plenamente e tenho até um adicional, um dado. Se esses próprios trabalhos utilizados como base dos franceses, especialmente dessa equipe Gouvenot, Bustamante, Gabai, eles começaram em 69 e atualmente, em 81 no Congresso de Estocolmo, 85 no Congresso de São Francisco, eles a cada congresso eles apresentam a correção dos valores obtidos, sempre para melhor. No meu entender, nas mesmas condições de solo, mesmas condições de tudo, o que eles estão aperfeiçoando é a metodologia de execução de