

TENSÕES NO SOLO

1 INTRODUÇÃO

O solo ao sofrer solicitações se deforma, modificando o seu volume e forma iniciais. A magnitude das deformações apresentadas pelo solo irá depender de suas propriedades elásticas e plásticas e do carregamento a ele imposto. O conhecimento das tensões atuantes em um maciço de terra, sejam elas devido ao peso próprio ou provenientes de um carregamento em superfície (alívio de cargas provocado por escavações) é de vital importância no entendimento do comportamento de praticamente todas as obras de Engenharia geotécnica. Nos solos ocorrem tensões devidas ao seu peso próprio e a carregamentos externos. As tensões induzidas por carregamentos externos serão tratadas na disciplina MECÂNICA DOS SOLOS II.

2. CONCEITO DE TENSÕES NUM MEIO PARTICULADO

Para o estudo das tensões no solo aplica-se os conceitos da Mecânica dos SÓLIDOS DEFORMÁVEIS aos SOLOS, para tal deve-se partir do CONCEITO DE TENSÕES. Considera-se que o solo é constituído de um sistema de partículas e que FORÇAS APLICADAS a eles são transmitidas de partícula a partícula, como também são suportadas pela água dos vazios.

As FORÇAS APLICADAS são transmitidas de partícula a partícula de forma complexa e dependendo do tipo de mineral. No caso de PARTÍCULAS MAIORES, em que as três dimensões ortogonais são aproximadamente iguais, como são os grãos de silte e de areia a transmissão de forças se faz através do contato direto mineral a mineral. No caso de PARTÍCULAS DE MINERAL ARGILA sendo elas em número muito grande, as forças em cada contato são muito pequenas e a transmissão pode ocorrer através da água quimicamente adsorvida. **Em qualquer caso, entretanto, a transmissão se faz nos contatos e, portanto, em áreas muito reduzidas em relação a área total envolvida.**

Um corte plano numa massa de solo interceptaria grãos e vazios e, só eventualmente alguns contatos. Considere-se, porém, que tenha sido possível colocar uma placa plana no interior do solo como se mostra esquematicamente na Figura 1.

Diversos grãos transmitirão forças à placa, forças estas que podem ser decompostas em forças normais e tangenciais à superfície da placa. Como é impossível desenvolver modelos matemáticos com base nestas inúmeras forças, a sua ação é substituída pelo conceito de Tensão em um ponto (desenvolvido pela mecânica do contínuo). "De acordo com a mecânica do contínuo o estado de tensão em qualquer plano passando por um ponto em um meio contínuo é totalmente

especificado pelas tensões atuantes em três planos mutuamente ortogonais, passando no mesmo ponto. O estado de tensões é completamente representado pelo tensor de tensões naquele ponto. O tensor de tensões é composto de nove componentes, formando uma matriz simétrica.”

A TENSÃO NORMAL é a somatória das forças normais ao plano, dividida pela área total que abrange as partículas em que estes contatos ocorrem:

$$\sigma = \frac{\sum N}{\text{área}}$$

E a TENSÃO CISALHANTE é a somatória das forças tangenciais, dividida pela área.

$$\tau = \frac{\sum T}{\text{área}}$$

O que se considerou para o contato entre o solo e a placa pode ser também assumido como válido para qualquer outro plano, como o plano P na figura 1.

3. TENSÕES DEVIDAS AO PESO PRÓPRIO DO SOLO

Nos solos, ocorrem tensões devidas ao peso próprio e às cargas aplicadas. Na análise do comportamento dos solos, as tensões devidas ao peso tem valores consideráveis, e não podem ser desconsideradas. Quando a superfície do terreno é horizontal, aceita-se intuitivamente, que a tensão atuante num plano horizontal a uma certa profundidade seja normal ao plano. De fato, estatisticamente, as componentes das forças tangenciais ocorrentes em cada contato tendem a se contrapor, anulando a resultante.

Num plano horizontal, acima do nível de água, como o plano A mostrado na figura 2, atua o peso de um prisma de terra definido por este plano. O peso do prisma dividido pela área, indica a tensão vertical:

$$\sigma_v = \frac{\gamma_n V}{\text{área}} = \gamma_n z_A$$

Quando o solo é constituído de camadas aproximadamente horizontais, a tensão vertical resulta da somatória do efeito das diversas camadas. A figura 3 mostra um diagrama de tensões com a profundidade de uma seção de solo, por hipótese seco.

4. PRESSÃO NEUTRA

Tomamos, agora, o plano B, abaixo do lençol freático, situado na profundidade z_w . A tensão total no plano B será a soma do efeito das camadas superiores. A água no interior dos vazios, abaixo do nível d'água, estará sob uma pressão que independe da porosidade do solo, depende apenas de sua profundidade em relação ao nível freático. No plano considerado, a pressão da água será dada por:

$$u = (z_B - z_w) \gamma_w$$

ou

$$u = \gamma_w Z \text{ Coluna De Água}$$

5. PRINCÍPIO DAS TENSÕES EFETIVAS

O princípio das tensões efetivas foi postulado por TERZAGHI, para o caso dos solos saturados, a tensão em um plano qualquer deve ser considerada como a soma de duas parcelas:

- a) a tensão transmitida pelo contato entre as partículas, chamada de TENSÃO EFETIVA ($\bar{\sigma}$) ou (σ');
- b) pela pressão da água, denominada PRESSÃO NEUTRA ou PORO -PRESSÃO.

PRINCÍPIO DAS TENSÕES EFETIVAS DIZ QUE:

“ A tensão efetiva, para solos saturados, pode ser expressa por:

$$\bar{\sigma} = \sigma - u$$

sendo σ a tensão total e,

Todos os efeitos mensuráveis resultantes de variações de tensões nos solos, como compressão, distorção e resistência ao cisalhamento são devidas a VARIAÇÕES DE TENSÕES EFETIVAS.

5.1 COROLÁRIOS DO PRINCÍPIO DAS TENSÕES EFETIVAS

1. O comportamento de dois solos com a mesma estrutura e mineralogia será o mesmo desde que submetido ao mesmo estado de tensões efetivas.
2. Se um solo for submetido a um carregamento ou descarregamento sem qualquer mudança de volume ou distorção, não haverá variação de tensões efetivas.
3. Um solo expandirá (e perderá resistência) ou comprimirá (ganhará resistência) se a poro pressão isoladamente aumentar ou diminuir.

6. USO DO PESO ESPECÍFICO SUBMERSO

Nos locais do solo abaixo do nível de água (NA) o cálculo das tensões efetivas poderia ser simplificado pelo uso do conceito de PESO ESPECÍFICO SUBMERSO. Neste caso a tensão total abaixo do NA será dada por $\sigma_v = \gamma_{\text{sat}} \cdot z$.

IDENTIFICAÇÃO TÁTIL-VISUAL DOS SOLOS

Os solos são classificados em função das partículas que os constituem. Com muita frequência, seja porque o projeto não justifica economicamente a realização de ensaios de laboratório, seja porque se está em fase preliminar de estudo, em que os ensaios de laboratório não são disponíveis, é necessário descrever um solo sem dispor de resultados de ensaios. O tipo de solo e o seu estado devem ser estimados. Isso é feito meio a uma identificação tátil-visual manuseando-se o solo e sentido sua reação ao manuseio.

Como nos sistemas de classificação, o primeiro aspecto a considerar é a provável quantidade de grossos (areia e pedregulho) existente no solo. Grãos de pedregulho são bem distintos, mas grãos de areia, podem encontrar-se envoltos por partículas mais finas. Neste caso, podem se encontrar envoltos por partículas mais finas.

Para que se possa sentir nos dedos a existência de grãos de areia, é necessário que o solo seja umedecido, de forma que os torrões de argila se desmanchem. Os grãos de areia podem ser sentidos pelo tato ou manuseio.

Se a amostra de solo estiver seco, a proporção de finos e grossos pode ser estimada esfregando-se uma pequena porção de solo sobre uma folha de papel. As partículas finas (siltes e argilas) se impregnam no papel ficando isoladas as partículas arenosas.

Definido se o solo é uma areia ou um solo fino, resta estimar se os finos apresentam características de siltes ou de argilas. Alguns procedimentos para esta estimativa são descritos a seguir:

RESISTÊNCIA A SECO – Umedecendo-se uma argila, moldando-se uma pequena pelota irregular (dimensões da ordem de 2cm) e deixando-a secar ao ar, esta pelota ficará muito dura e, quando quebrada, dividirá-se em pedaços bem distintos. Ao contrário, pelotas semelhantes de siltes são menos resistentes e se pulverizam quando quebradas.

SHAKING TEST – formando-se uma pasta úmida (saturada) de silte na palma da mão, quando se bate esta mão contra a outra, nota-se o surgimento de água na superfície. Apertando-se o torrão com os dedos polegar e o dedo indicador na outra mão, a água reflue para o interior da pasta (é semelhante à aparente secagem da areia da praia, no entrono do pé, quando nela se pisa no trecho bem saturado bem junto ao mar). No caso de argilas, o impacto das mãos não provoca o aparecimento de água.

DUCTILIDADE – Tentando moldar um solo com umidade em torno do limite de plasticidade nas próprias mãos, nota-se que as argilas apresentam-se mais resistentes quando nesta umidade que os siltes.

VELOCIDADE DE SECAGEM – A umidade que se sente de um solo é uma indicação relativa ao LL e LP do solo. Secar um solo na mão do LL ao LP, por exemplo, é tanto mais rápido quanto menor for o intervalo entre os dois limites, ou seja, o IP do solo.