

1. Resistência de argilas saturadas normalmente adensadas.

Um depósito de argila formou-se por sedimentação no fundo de um lago. Hoje o NA mantém-se um pouco acima da superfície do terreno durante a maior parte do ano, apenas ocasionalmente ficando cerca de 3 m abaixo da superfície. Ensaios edométricos (de compressão confinada) de amostras retiradas de 5 m e de 10 m de profundidade indicaram que o depósito é normalmente adensado. A partir de amostras extraídas de 1 m e de 3 m de

ensaio	tipo	profundidade da amostra (m)	tensão geostática com NA na superfície (kPa)	pressão confinante constante (kPa)	$\left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\right)_{rupt}$ (kPa)
1	UU	1	5	5	7,0
2	CU	1	5	5	5,0
3	CU	3	15	15	3,5
4	CU	3	15	20	6,5
5	CU	3	15	40	13,0
6	CU	3	15	60	19,5
7	CD	3	15	20	14,0
8	CD	3	15	40	28,0
9	CD	3	15	60	42,0

profundidade foram moldados corpos de prova submetidos aos ensaios de compressão triaxial convencional indicados na tabela, com os resultados também ali indicados.

- 1.1. Comece por examinar os ensaios 7 a 9. Observe que há uma proporcionalidade. Determine o ângulo de atrito do material.

Sugestão: trace a linha $\left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\right)_{rupt}$ vs. $\left(\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}\right)_{rupt}$ para obter a linha K_f (melhor ajustar uma reta a vários pontos do que a múltiplas tangências a círculos de Mohr); essa linha faz um ângulo α com o eixo das abscissas; depois utilize a relação $\tan \alpha = \sin \phi$ (Fig. 14.9 do CSP) para determinar o ângulo de atrito.

- 1.2. Examine a proporcionalidade que também aparece nos ensaios 4 a 6.

- 1.3. Qual teria sido $\left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\right)_{rupt}$ de um ensaio CU convencional, com confinante de 30 kPa.

- 1.4. Suponha que após o adensamento sob 30 kPa a drenagem fosse impedida e o confinamento fosse aumentado para 60 kPa, seguindo-se aumento da tensão axial até a ruptura, tudo sem drenagem.

Qual seria o valor de $\left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\right)_{rupt}$?

- 1.5. A relação entre a resistência não drenada $\left[s_u = \left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\right)_{rupt}\right]$ e a tensão de pré-adensamento é denominada razão de resistência (RR). Qual o valor de RR desse solo?

- 1.6. Você sabe que $\left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\right) = \left(\frac{\sigma_1' - \sigma_3'}{2}\right)$ (de maneira geral e, em particular, em situação de ruptura). Sabe também que na ruptura o ponto $\left(\frac{\sigma_1' - \sigma_3'}{2}\right)$ está sobre a linha K_f , o que equivale ao círculo de Mohr tangenciar a envoltória de resistência. Qual o valor da pressão neutra na ruptura (u_{rupt}) no corpo de prova do ensaio CU com $\sigma_3' = 30$ kPa?

- 1.7. Mesma pergunta para o ensaio em que, após adensamento sob $\sigma_3' = 30$ kPa, o corpo de prova foi levado, sem drenagem, a $\sigma_3 = 60$ kPa, e em seguida rompido, também sem drenagem.

- 1.8. Segundo raciocínio baseado em RR , qual deveria ter sido $\left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\right)_{rupt}$ do ensaio 3? Por que não foi atingida a resistência prevista?

- 1.9. Segundo raciocínio baseado em RR , qual deveria ter sido $\left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\right)_{rupt}$ do ensaio 2? Por que para este corpo de prova foi obtida uma resistência superior à prevista?

- 1.10. Examine os ensaios 1 e 2 para explicar a diferença de resistência não drenada encontrada.

2. Amostragem e resistência não drenada (ensaio UU)

Uma amostra indeformada da argila do exercício anterior foi cuidadosamente extraída 10 m abaixo do nível do terreno (coincidente com o NA). Admite-se que o terreno tenha em média, até essa profundidade, peso específico de 15 kN/m^3 .

- 2.1. Estime o estado de tensão (efetiva) da amostra no terreno. Para a estimativa das tensões normais horizontais admita que o solo seja normalmente adensado.
- 2.2. Supondo que, graças à sucção, a amostra pudesse não sofrer nenhuma variação volumétrica ao ser extraída do terreno, estime quais seriam a pressão neutra e o estado de tensão da amostra após a extração.
- 2.3. Admitida essa amostragem "ideal", quais seriam os resultados de ensaios do tipo UU, com pressões confinantes de 20 e de 80 kPa?

3. Resistência de argilas saturadas sobre-adensadas

Quatro ensaios CD convencionais foram realizados com corpos de prova de um certo solo argiloso saturado.

Obs.: não imagine que no mundo real os ensaios de laboratório são tão bem comportados quanto fariam supor os números da tabela; tenha sempre em mente os resultados obtidos nas suas próprias experiências no LMS.

ensaio	pressão confinante constante (kPa)	$\left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\right)_{rupt}$ (kPa)
1	30	55
2	100	85
3	200	150
4	400	300

3.1. Observe que para esses 4 ensaios não há mais a proporcionalidade que havia nos ensaios (também CD) 7 a 9 do exercício 1. Utilize seus conhecimentos de adensamento de solos argilosos para justificar a existência de dois comportamentos distintos.

3.2. Determine a envoltória de resistência desse solo, identificando cada um dos trechos.

3.3. Uma amostra desse solo foi submetida a um ensaio convencional CU com pressão confinante de 105 kPa. Neste ensaio observou-se $\left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\right)_{rupt} = 70$ kPa. Calcule a pressão neutra na ruptura (u_{rupt}).

4. Exemplo de aplicação das resistências drenada e não drenada em problemas práticos

Pretende-se construir um aterro extenso de 10 m de largura e 4,5 m de altura, com peso específico de 19 kN/m³, sobre argila mole a média saturada, com NA à superfície.

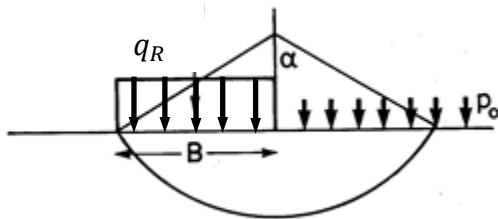
A **resistência não drenada** da argila em questão é aproximadamente constante com a profundidade (diferente, portanto, da situação do exercício 1) e vale $s_u = 25$ kPa. Seu peso específico, aproximadamente constante, é da ordem de 15 kN/m³. Sua envoltória de resistência (em tensões efetivas, portanto) tem os seguintes parâmetros: $c' = 14$ kPa e $\phi' = 21^\circ$. (resistência em kPa: $s = 14 + \sigma' \tan 21^\circ$).

Os modelos que permitem relacionar a resistência do solo à segurança desse tipo de obra (e de outros) serão estudados em breve. Adiantam-se aqui dois desses modelos.

Cargas de ruptura

Para solicitação não drenada: $q_R = (\pi + 2)s_u + p_0$ (com $\alpha \cong 67^\circ$)

Para solicitação drenada: $q_R = c'N_c + p_0N_q + 0,5\gamma BN_\gamma$, com $N_c = 15,81$, $N_q = 7,07$, $N_\gamma = 3,42$ para $\phi' = 21^\circ$



4.1. Calcule a solicitação q (carga aplicada pelo aterro).

4.2. Calcule o fator de segurança associado à superfície crítica de ruptura indicada, nas seguintes situações:

4.2.1. solicitação de curto prazo (não drenada);

4.2.2. solicitação de longo prazo (drenada).