

III-201

不飽和履歴を受けた粘性土のせん断特性

矢作建設工業㈱ 正会員 ○渡辺 義規
 長岡技術科学大学 正会員 小川 正二
 長岡技術科学大学 正会員 遠藤 之康
 大木建設㈱土木本部 正会員 江本 祐橘

1. まえがき

不飽和状態にある土は、飽和状態にあるときに比べてせん断強さは大きく、外力に対する抵抗力も大きいことが知られている。したがって、不飽和状態にあった土が吸水等によって再び飽和状態になると、せん断強さは低下することが予想できる。しかし、飽和-不飽和-再飽和の履歴を受けた土のせん断挙動に関する研究はほとんどみられない。

本文は、飽和粘性土を不飽和状態および再飽和状態としたときのせん断特性を検討し、不飽和・飽和の履歴が土の力学的挙動に与える影響を解明することを目的として行った実験結果について述べている。

2. 試験方法

試験に用いた試料は $\rho_s=2.82$, $W_L=57.8\%$, $W_p=43.8\%$ の粘性土(赤色土)の2mm以下の粒径部分であり、この試料をスラリー状にした後に、 0.7kgf/cm^2 の予備圧密により飽和供試体を作成した。

土の不飽和化は、三軸室で飽和供試体を $\sigma_c=1.0\text{kgf/cm}^2$ で等方圧密した後に、供試体上部より空気圧を与え、下部より脱水させて行い、不飽和時の飽和度は80~95%の範囲で4種類に変化させた。再飽和化は、不飽和状態の供試体の下部より σ'_c が変化しないように水圧を与えて行ったが、脱水・通水時に供試体の体積変化が生じるため、脱水・通水時に供試体の体積変化がないように拘束圧を変化させた試験も行った。さらに、比較のため過圧密状態にある飽和粘性土の三軸圧縮試験も併せて行った。

なお、飽和土および再飽和化された土のせん断試験は圧密非排水条件とし、不飽和化された土のせん断試験は圧密排気非排水条件とした。いずれの場合もせん断時の拘束圧(飽和土・再飽和土では σ_c 、不飽和土では $(\sigma_c - u_s)$)は 1.0kgf/cm^2 とし、軸ひずみ速度は $\dot{\epsilon}_s=0.05\%/min$ とした。

3. 過圧密飽和土の $e-OCR$ の関係

過圧密比(OCR)を変化させるために所定の拘束圧力で圧密し、その後に $\sigma_c=1.0\text{kgf/cm}^2$ まで拘束圧力を低下させたときの間隙比の変化は図-1となり、当然のこととして過圧密比が大きくなるほど間隙比が小さくなっている。このとき、過圧密比と間隙比の関係は図-2のようになり、試験で行われた範囲内では次式のようになる。

$$e = -0.158 \cdot \log(OCR) + 1.16 \quad (1)$$

4. せん断強さへの過圧密比の影響

$\sigma_c=1.0\text{kgf/cm}^2$ における $S_r=80\%$ の不飽和化および再飽和化された土と $OCR=1, 2, 4$ の飽和粘性土の応力-ひずみ関係は図-3に示すとうり、飽和粘性土では過圧密比が大きくなると圧密圧力が大きいので軸差応力も大きくなる。また、 $\sigma_c=1.0\text{kgf/cm}^2$ で圧密し、その後不飽和状態にした土では、正規圧密状態の飽和土より大きなせん断抵抗力を示す。しかし、土が再飽和化されると、不飽和化された土よりせん断強さは低下し、その時の大きさは正規圧密状態の飽和粘性土よりも大きい。また、脱水・通水時の拘束圧を体積変化しないように変化させると、せん断強さは拘束圧一定試験のせん断

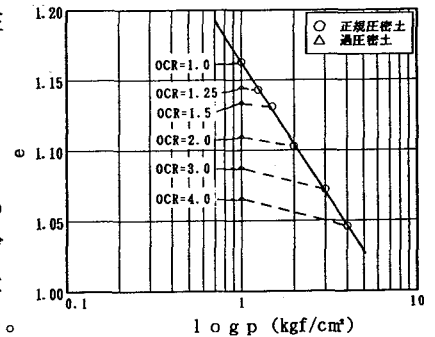


図-1 $e-\log p$ 曲線

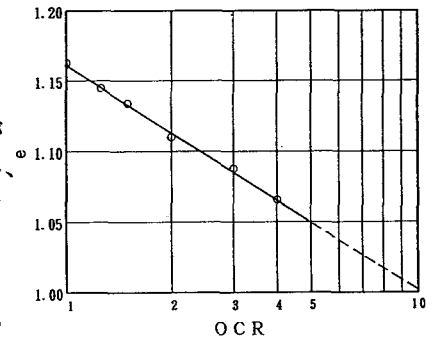


図-2 間隙比と過圧密比の関係

強さより小さいが正規圧密土より大きい。

飽和土では、過圧密履歴などによるせん断前の体積変化が、せん断強さに影響を及ぼすことが知られている。不飽和化および再飽和化された土のせん断後の間隙比は図-4のようになり、飽和土と比較して小さくなっており、不飽和化および再飽和化された土の間隙比の変化は、過圧密状態の飽和土に類似の傾向を示している。

一般に、正規圧密土では $Cu/p = \text{一定}$ といわれている。また、過圧密土の Cu/p と過圧密比 OCR の関係は両対数紙上で直線で表され¹⁾、本試験でも OCR と Cu/p には次式の関係がある。

$$(Cu/p) = 0.735 \cdot OCR^{0.588} \quad (2)$$

5. 不飽和化による Cu/p の変化

不飽和化および再飽和化された土の間隙比の変化量が、飽和土を過圧密化した時の間隙比の変化量に相当するものとすると、(1)式より不飽和化および再飽和化により変化した間隙比に相当する OCR が求められる。また、不飽和化および再飽和化された土の強度変化も飽和土の過圧密化による強度増加と同じであると仮定すると、不飽和化および再飽和化された土のせん断試験の結果より Cu/p が求まるので、その時の OCR は(2)式より求まる。このようにして求めた OCR は、それぞれ図-5のように示され、再飽和化された土は飽和土の直線上にあり、土に不飽和履歴を与えることは過圧密状態にしたことと同じ効果があり、不飽和化された土の (Cu/p) は、飽和土の (Cu/p) よりも大きく、この二つの方法で求めた OCR の差は、サクシヨン力によるものと考えることができる。

6. まとめ

①不飽和化時の粘性土のせん断強さは、脱水時の体積収縮による見掛け上の過圧密履歴と、不飽和供試体内の土粒子間に働くサクシヨン力により、同一拘束圧条件の正規圧密状態にある飽和粘性土のせん断強さより大きくなる。

②土が再飽和されるとサクシヨン力が失われるため、再飽和した土のせん断強さは不飽和時の粘性土のせん断強さより低下する。また、応力-ひずみ関係は、脱水・通水時における供試体の体積収縮により見掛け上過圧密履歴を受けたことと同等の影響を受けるため、過圧密粘土と同様なせん断挙動を示し、同一拘束圧条件の正規圧密状態の飽和粘性土よりせん断強さは増加する。

③上記のような土の不飽和化および再飽和化に伴う土のせん断強さは、過圧密化された飽和粘性土のせん断特性に相当するものとすると、不飽和化および再飽和化された土の強度を定量的に求めることができる。

参考文献

- 1) Mitachi, T. and Kitago, S.: Change in Undrained Shear Strength Characteristics of Saturated Remolded Clay due to Swelling, Soils and Foundations, Vol. 16, No. 1, pp45-58, 1976

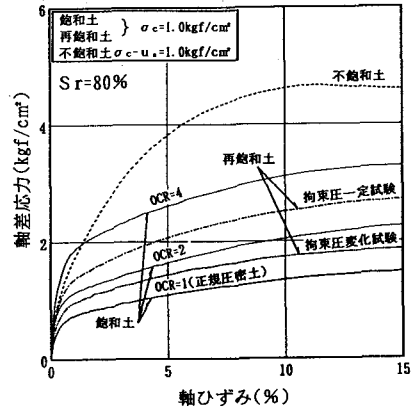


図-3 応力-ひずみ関係

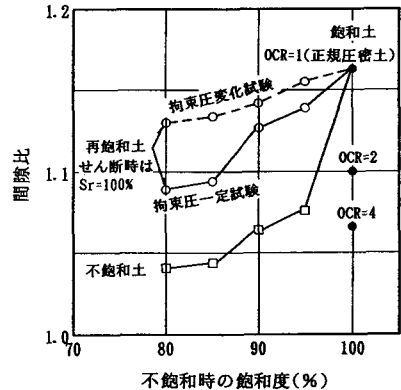


図-4 不飽和時の飽和度と間隙比の関係

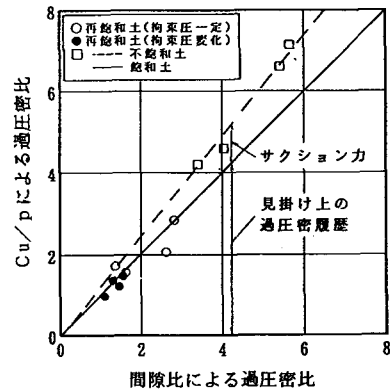


図-5 不飽和化した土のせん断強さへの過圧密比による影響