

防衛大学校 学 ○ 山内 邦彦
同 正 山口 晴幸
同 正 木暮 敬二

1. はじめに

応力履歴を受けた粘性土の強度変化に関する研究のうち、過圧密比とせん断強度の変化を扱ったものは非排水条件下におけるものが多く¹⁾²⁾、排水条件下での強度変化を定量的に論じたものはない。

本研究は、通常の軸対称三軸試験機を用い、等方応力条件下において応力履歴を経験した有機質土の側圧一定下での排水圧縮試験結果に基づいて、Hvorslevの破壊規準を用いて正規圧密状態にある土の非排水強度パラメーターから排水強度の推定を試みた。

2. 試料および実験方法

実験に用いた試料は、埼玉県浦和市郊外の泥炭地で地表面下0.2~0.7mに堆積していた土層から採取した有機質土を420 μ mのふるいを通して粒度調整し、約60kPaの鉛直応力で一次元圧密したものである。試料の物理的諸性質を表-1に示す。

実験は、通常の三軸試験機を用いて、供試体を等方的に圧密および膨張させたのち、側圧一定条件下でひずみ制御方式により、以下の実験を実施した。(OCUC-testは文献³⁾参照)

- (1) CDC test: 正規圧密排水圧縮試験 ($\dot{\epsilon}=8 \times 10^{-4}\%/min$)
- (2) OCDC test: 圧密膨張排水圧縮試験 ($\dot{\epsilon}=8 \times 10^{-4}\%/min$)
- (3) CUC test: 正規圧密非排水圧縮試験 ($\dot{\epsilon}=0.04\%/min$)

3. 過圧密土の排水強度

dry側では、図-1に示したように $e \sim \ln \sigma$ 面上で、破壊状態線が μ の傾きを持つ直線で近似される。せん断時の $e \sim \ln \sigma$ 面上の状態径路を傾き β の直線で表すと、Hvorslevの規準より、Mohrの応力円(図-2)から dry側の排水強度式は次のようになる。

$$\left(\frac{S_d}{\sigma}\right)_{oc} = \left(\frac{S_u}{\sigma}\right)_{nc} \times k n^{1 - \frac{(\kappa + \beta)}{(\beta + \mu)} \frac{\mu}{\lambda}} \cdot \exp\left\{\frac{\beta \mu (N - \Gamma)}{\lambda^2 (\beta + \mu)}\right\} \cos \phi_0 + n^{\frac{\mu - \kappa}{\beta + \mu}} \cdot \exp\left\{\frac{\beta (\Gamma - N)}{\lambda (\beta + \mu)}\right\} k \cos \phi_0 + \exp\left\{\frac{\Gamma - N}{\lambda}\right\} \sin \phi_0 \quad (1)$$

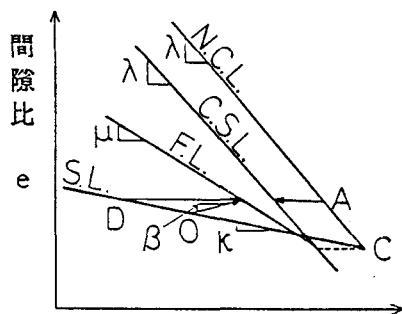
N 、 Γ は $\sigma=1$ の時の正規圧密線および正規圧密土の破壊線の間隙比を表す定数、 k と ϕ_0 はHvorslevの強度定数である。ここで、 $\lambda \approx \mu$ ならば(1)式は、

$$\left(\frac{S_d}{\sigma}\right)_{oc} = \left(\frac{S_u}{\sigma}\right)_{nc} \times \exp\left\{\frac{\beta (N - \Gamma)}{\lambda (\beta + \lambda)}\right\} n^{(\lambda - \kappa) / (\beta + \lambda)} \quad (2)$$

となり、つねに $\beta=0$ とおくことによって(2)式は非排水強度をも表現しうる次のような Mitachiらと同形の式が得られる。

表-1 試料の物理的諸性質

Gs	LL(%)	PL(%)	Lig(%)
2.36	147.1	67.5	25.4



平均主応力 σ (kPa)

図-1 理想化された $e \sim \ln \sigma$ 面

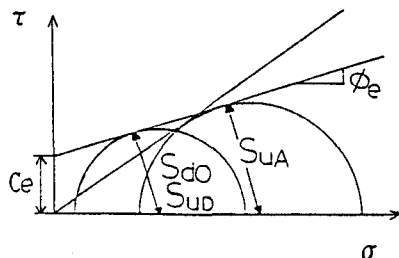


図-2 Hvorslevの破壊規準

$$(S_u/\sigma)_{oc} = (S_u/\sigma)_{nc} \times n^{(\lambda - \kappa)/2} \quad (3)$$

次に、正規圧密および軽過圧密土(wet側)において破壊状態が図-1で正規圧密線と平行な傾き λ の線上にあるものは、 $\tau \sim \sigma$ 面では原点を通り傾き M' ($=\sin\phi_d = \sin\phi' = 3M/(6+M)$)の破壊線上にあるとする。 M は正規圧密土の限界状態時の応力比である。

$\tau_{fd} = \sigma_{fd} - \sigma_0$, $\tau_{fd} = M' \sigma_{fd}$ より次式が得られる。

$$(S_d/\sigma)_{oc} = 3M/(6-2M) \quad (4)$$

一方、正規圧密土の非排水強度は、 $\tau_{fu} = M' \sigma_{fu}$ と $\sigma_{fu} = \sigma \cdot \exp\{(\Gamma - N)/\lambda\}$ の関係より、

$$(S_u/\sigma)_{nc} = 3M \cdot \exp\{(\Gamma - N)/\lambda\} / (6+M) \quad (5)$$

となる。これらから wet側の排水強度と非排水強度の関係は、次式のように求められる。

$$\left(\frac{S_d}{\sigma}\right)_{oc} = \left(\frac{S_u}{\sigma}\right)_{nc} \times \frac{6+M}{6-2M} \cdot \exp\left(\frac{N-\Gamma}{\lambda}\right) \quad (6)$$

すなわち、4つの強度定数から簡易に求められ、wet側では排水強度は過圧密比の影響を受けないことがわかる。

4. パラメーター β について

$e \sim \ln\sigma$ 面上の状態経路について、正規圧密土の β は、 $\beta_1 = (e_{rd1} - e_c) / \ln(\sigma_{fd}/\sigma_c)$ より、

$$\beta_1 = \frac{\Gamma - N}{\ln\{(6+M)/(6-2M)\}} - \lambda \quad (7)$$

試験結果(図-3)から $v_f = A_f = 0$ が同一過圧密比で生ずると仮定してMitachiら²⁾の導いた間隙圧係数と過圧密比の関係式から、 $\beta=0$ となる過圧密比 $n \times$ は次式で与えられる。

$$n \times = \{1 - 2A_{r1} \cdot (S_{u1}/\sigma_c)\}^{\lambda/(\kappa - \lambda)} \quad (8)$$

A_{r1} , S_{u1} は σ_c における正規圧密土($OCR=1$)の破壊時の間隙圧係数と非排水強度である。 β と過圧密比が片対数上で直線的になるとして、その傾きを係数 α ($=\beta_1/\ln n \times$)とすると、過圧密土のパラメーター β と過圧密比 n は、

$$\beta = \beta_1 + \alpha \ln n \quad (9)$$

より求められる。図-4は、片対数紙上における β と n の関係を表したもので、強過圧密領域($n \geq 7$)では β 値がほぼ一定になることがわかる。

5. 結論

以上のようにして得られた関係式から求められた強度増加率と過圧密比の関係を図-5に示す。非排水試験から得られる強度パラメーターを用いて、過圧密土の排水強度変化を表現することができる。今後は、伸張条件下についても検討してみたい。

(参考文献) 1) 中瀬他: 港湾技術研究所報告, 第8巻第4号, pp. 103-143, 1969. 2) Mitachi et al.: Soils and Foundations, Vol. 16, No. 1, pp. 45-58, 1976. 3) 山内他: 土木学会第13回関東支部概要集, pp. 180-181, 1986.

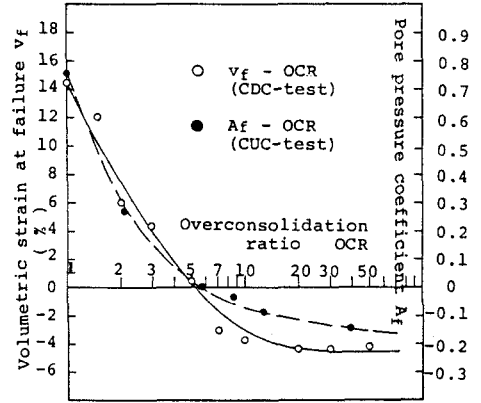


図-3 v_f , A_f と過圧密比の関係

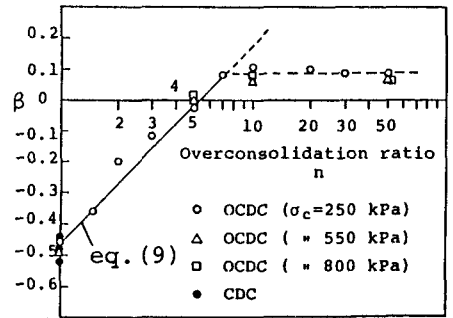


図-4 パラメーター β と過圧密比の関係

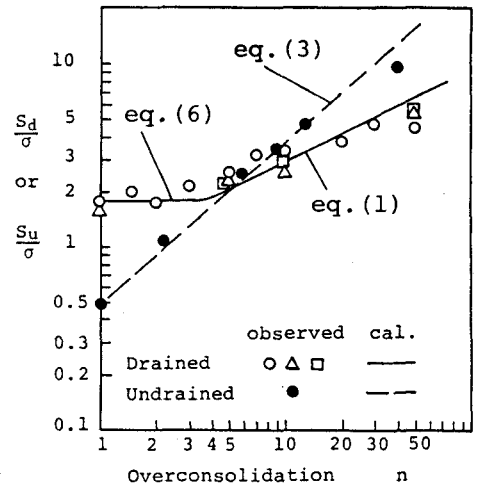


図-5 強度増加率と過圧密比の関係