

神戸大学大学院 (学) の 濫谷 啓
 同 小寺 康裕
 神戸大学工学部 (正) 輕部 大蔵

1. 概要 飽和粘性土地盤のセリ断破壊に対する短期安定問題には $\phi_u=0$ 法が広く用いられている。飽和粘土を非排水状態でセリ断した場合に土塊内に発生する間げき水圧 Δu は、 $\Delta u = \Delta \sigma_3 + A_f (\Delta \sigma_1 - \Delta \sigma_3)$ (A_f : 破壊時の間げき水圧係数) で表わされるが、 A_f の値は、(i) セリ断方向 (異方性), (ii) セリ断速度, (iii) 変形の幾何学的条件 (軸対称, 平面ひずみなど) などの要因により大きく変化することが知られている。したがって、設計定数としての非排水セリ断強度 C_u 値は、これらの影響を考慮し、現場での施工条件・変形条件に応じた値を用いるべきである。本研究は、一次元圧密粘土の強度異方性 (i) を一面セリ断試験により調べると共に、新しく開発した「円筒回転セリ断試験機」を用いて、バーン側面でモービライズされるセリ断強度のセリ断速度依存性 (ii) を検討し、 $\phi_u=0$ 法の限界' を明らかにしようとするものである。

2. 試料

大阪沖種粘土に蒸留水を加えながらスラリー状に練り返し、 74μ フィル通過分を段階裁荷により最終圧密応力 $\sigma_{vo} = 73.5 \text{ kN/m}^2$ まで圧密した練り返し再圧密粘土である。試料の物理的諸性質を表-1 に示す。

3. 非排水セリ断強度の異方性

図-1 は、定圧一面セリ断試験より得られた供試体切り出し角 θ_c (キズケチ) とセリ断強度 τ_f との関係を示したものである。供試体は、直径 6 cm, 高さ 1.5 cm まで、セリ断時の垂直応力 σ_v と圧密応力 σ_{vo} との比は、 $\sigma_v/\sigma_{vo} = 0.47$, セリ断速度は 1 mm/min , である。主動セリ断 (Active shear), 受働セリ断 (Passive shear) の定義は高田ら (オ33 国土本年講) に従い、 $\theta_c = 90^\circ$ 供試体については、便宜的に、鉛直方向, 水平方向にセリ断したものとそれぞれ 主動セリ断, 受働セリ断と正例した。図中の実線は、太田ら (オ15 国土実研究発表会) により提案された平面ひずみ状態において成り立つ、 $C_u(\tau_f)$ と最大主応力方向の回転角 θ との関係式

$$\frac{C_u}{\sigma_{vo}} = \frac{M \exp(-\alpha)}{\sqrt{3} (\cosh \beta - \sinh \beta \cdot \cos 2\theta)} \quad (1)$$

を用いて計算した値である。 θ は、破壊時に、最大主応力方向がセリ断断面と、 $\frac{\pi}{4} + \frac{\phi'}{2}$ の角度をなすと仮定して求め、 ϕ' は、等体積一面セリ断試験 (CVDSST) より求めた値、 k_0 値は、柴田 (オ11 国土実工学シンポジウム) が提案した E_{p-k_0} 関係より求めた値とそれぞれ用いた。

また図-2 は、非排水セリ断強度の異方性を最大主応力方向の回転角 θ との関係で与えたものである。図中の数字は、それぞれ供試体の切り出し角 θ_c を表わしている。この図より、一次元圧密粘土の強度異方性は主として、最大主応力方向の回転に伴う、粘土のダイレイタンシー特性に起因することが推定される。定圧一面セリ断試験では、 (σ_v/σ_{vo}) の値に

表-1

G_s	w_L (%)	I_p (%)	粘土分 (%)	C_c
2.67	91.2	56.6	48.0	1.23

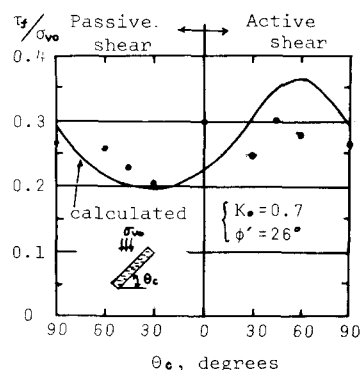


図-1 (↑)

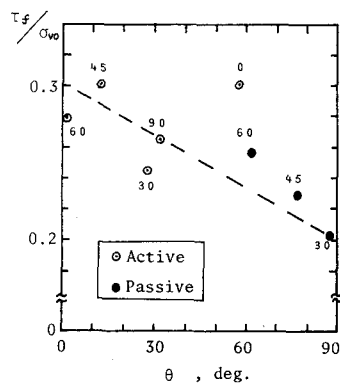


図-2 (↑)

より測定されるセリ断強度 τ_v の値がかなり影響されるため
 今回のように様々な角度に切り出した供試体すべてに一樣な
 垂直応力を作用させることには問題があり、 $\theta_0 = 0^\circ$ 供試体
 のセリ断強度が相対的に大きな値を示したのは、上述の影響
 によるものと思われる。

4. 円筒回転セリ断試験機 (略称 CRST)

円筒回転セリ断試験機 (図-3, 図-4) は、バーン側面でモービライ
 ズされるセリ断強度 τ_v のセリ断速度 (= 回転角速度) による影響
 を直接測定する目的で開発したものである。供試体は、正規圧密状態
 ($\sigma_{v0} = 73.5 \text{ kN/m}^2$) でセリ断され、また供試体上下に置かれたハアリング
 (図-4) により、セリ断に伴う供試体の変形は拘束されない。回転角
 速度はギヤボックスの組み合わせにより、 $\dot{\omega} = 1, 0.1$ (標準), 0.01 ,
 0.001 deg/s の4種類に変化し得る。

図-5 に $\tau_v \sim \omega$ (回転角) 関係を示す。 $\tau_v \sim \omega$ 関係と回転
 角速度 $\dot{\omega}$ に注目すれば、 $\dot{\omega}$ が大きい程ピークが明確であり、 τ_v
 (ピーク強度) の値も大きい。また $\dot{\omega} = 0.001 \text{ deg/s}$ の実験では
 セリ断強度がピークに達するまでに約 3 時間を要したため、試験
 機の性格上、非排水状態を保つ排水強度を測定したものと考えられる。

また図-6 は、破壊までの時間 t_f (セリ断開始からピーク強度と
 示すまでに要した時間) と τ_v との関係を示したものである。

図中の破線は式示すと (2) 式となり

$$\left(\frac{\tau_v}{\tau_{v0}} \right) = 0.95 \cdot t_f^{-0.14} \quad (2)$$

τ_v : 任意の t_f におけるセリ断強度

τ_{v0} : 標準試験 ($\dot{\omega} = 0.1 \text{ deg/s}$) より得られたセリ断強度

τ_v は t_f に対して指数的に減少することがわかる。

Torstenson (Int. Symp. on Soft Clay, Bangkok, 1977) は、回転
 角速度を様々な変化させた一連のバーン試験結果より、標準バーン試
 験 ($\dot{\omega} = 0.1 \text{ deg/s}$) より得られた残留強度を設計定数として用いる
 ことを提案しているが、本実験においてもこの「残留強度設計法」の
 妥当性が確かめられた。

5. 今後の発展

円筒回転セリ断試験により測定されるセリ断強度 τ_v を有効
 応力の立場からみると (3) 式で表わされる。

$$\tau_v = c' + (k_0 \sigma_{v0}' + \Delta \sigma_{v0}') \tan \phi' \quad (3)$$

$\Delta \sigma_{v0}'$: 回転による有効垂直応力の变化

したがって、上のセリ断強度が Hvorslev の規準に従うとすれば、

(急速セリ断の残留状態における $\Delta \sigma_{v0}'$) = (緩速セリ断のピーク時

における $\Delta \sigma_{v0}'$) となる筈である。今後は、セリ断面上の向けき水圧を測定することにより、有効応力の立場か
 らバーン破壊機構をとらえ、残留強度の物理的な意味を明らかにしたい。

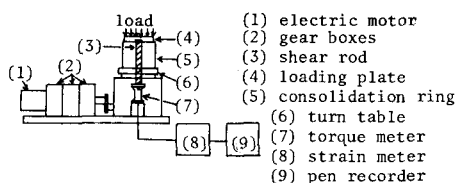


図-3

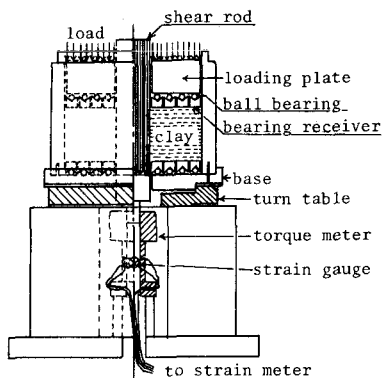


図-4

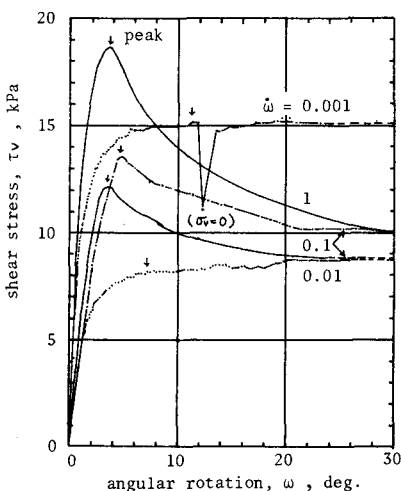


図-5

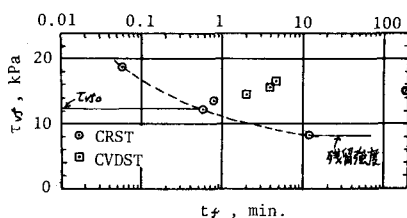


図-6