

試作単純せん断試験機による土の単純せん断特性

愛媛大学 工学部 八木 則男, 榎 明梨
矢田部 龍一, 尾尾雅人

1. まえかき

単純せん断試験機は地震のような水平の繰返しせん断を受けた場合や実際のすべり面上の応力、変形状態を再現できうとして、この方面の研究によく使用されている。しかし、従来、試作されてきた単純せん断試験機はいずれも圧密時に側方の変形が拘束されており、側方への変位や応力を自由に与えることができない欠点を有している。したがって、任意の応力状態における土のせん断特性を究明することは不可能である。そこで、ゴムスリーブで包まれた供試体を三軸試験機のセルの中に入れ、水平方向のせん断力を作用させることのできる試験機を試作した。この方法によると軸圧、側圧、それと水平せん断力によって供試体を任意の応力状態にすることが可能である。この試験機の詳細と若干の試験結果は既に示した¹⁾。本報告では、圧密時に供試体の水平面上にせん断応力が作用するときの非排水せん断特性について述べる。

2. 試料・実験方法

試料には海成粘土を用いた。試料の物性は $G_s = 2.77$, $L.L. = 57.8\%$, $P.L. = 31.1\%$, $U = 6.07$ である。

実験は図-1に示すように仮定した円弧すべり面上の6点の初期応力状態を軸圧 (σ_v) , 側圧 (σ_h) , それと水平面上の初期せん断応力 (τ_{ho}) を作用させることにより再現し行った。地盤の K 値は 0.6 とし実験は圧密非排水試験である。以下、実験結果の説明には図-1に示すように鉛直方向と供試体の水平面のなす角度を α とし、その α を用いて示した。

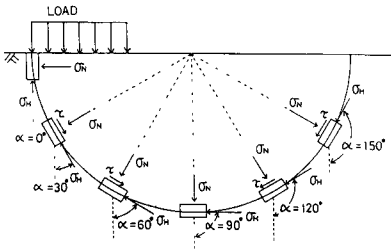


図-1 仮定した円弧すべり面

3 実験結果と考察

1) 圧密特性

圧密時の含水比 w と平均有効圧密圧力 σ_{mc} の関係を図-2に示す。若干のばらつきはみられるが、 α の等しい供試体はほぼ直線上に示され圧密に関しては試験機の問題はそうなさそうである。また、当然のことではあるが、同一の平均有効圧密圧力のもとでは $\alpha = 0^\circ, 90^\circ$ の供試体の含水比に較べて初期せん断力を受けている $\alpha = 30^\circ, 60^\circ, 120^\circ, 150^\circ$ の供試体の含水比はタイレイタシーの影響が低い。なお、等方状態での沈下曲線を三軸試験のそれと比べてみると同一圧密圧力で三軸試験機による含水比の方が若干低いので摩擦の除去に関してもう少し改良の必要がある。

2) せん断特性

安定計算に必要なすべり面上でのせん断抵抗は供試体の水平面上でのせん断応力 τ_{hs} に等しい。得られた τ_{hs} と含水比 w の関係を図-3に示す。同一含水比であることは同じ深さの供試体に相当している。同一含水比で τ_{hs} を比較してみると、 $\alpha < 90^\circ$ の場合の方が $\alpha > 90^\circ$ の場合より大きく、せん断抵抗に最大で 30% 程度の差がある。これは静的せん断時におけるタイレイタン

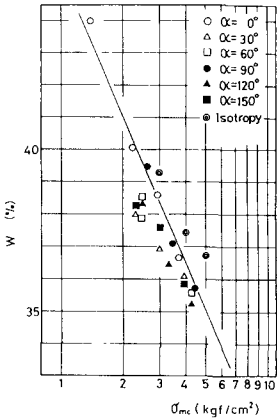


図-2 w と σ_m の関係

シーによる間隙水圧の発生量に違いが生じているためである。せん断時の間隙水圧に関しては後で述べる。

次に、非排水強度 $C_{uf} = (\sigma'_1 - \sigma'_3)_f / 2$ について述べる。単純せん断時の応力状態は明らかでないが、せん断時に平均主応力と中間主応力が不変であると仮定すれば、 C_{uf} は次式で求められる。

$$\frac{(\sigma'_1 - \sigma'_3)_f}{2} = \sqrt{\frac{\sigma_v'^2(1-k)}{4} + \tau_{sf}^2} \quad \dots (1)$$

ここで、 σ_v' は鉛直応力、 τ_{sf} は破壊時の水平面上のせん断応力である。このようにして求めた C_{uf} と W の関係を図-4に示す。これから、同一含水比における非排水強度 C_{uf} の値は α の値によって異なることがわかる。

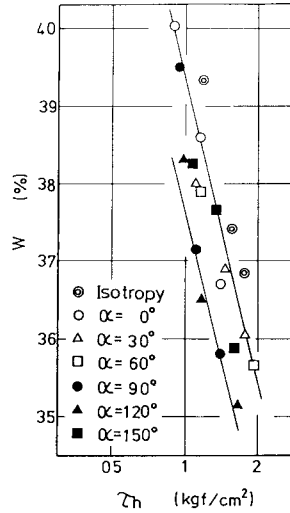


図-3 W と τ_h の関係

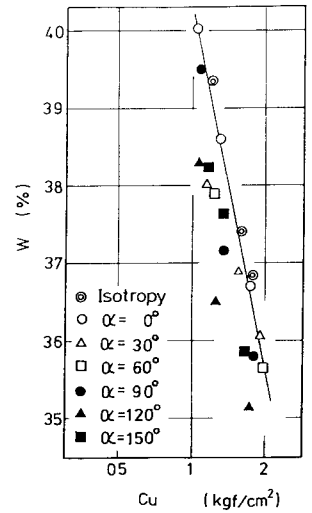


図-4 W と C_u の関係

次に、有効応力径路を図-5に示す。同図は σ_{mc} で正規化して示してある。これから、 $\alpha > 90^\circ$ の受働側での非排水強度の低下が明らかである。これは繰返しせん断の影響であろう。

最後に間隙水圧特性について述べる。ここでは、Henkel による拡張された間隙水圧表示式を用いる。単純せん断時における正八面体せん断応力 τ_{oct} は上述の仮定を用いれば次式で示される。

$$\tau_{oct} = \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot \sigma_v' \cdot \sqrt{(1-k)^2 + 3 \left(\frac{\tau_{sf}}{\sigma_v'} \right)^2} \quad \dots (2)$$

$\Delta u / \sigma_m'$ と $\Delta \tau_{oct} / \sigma_m'$ の関係を図-6に示す。これから、受働側の $\alpha = 120^\circ, 150^\circ$ では主動側の $\alpha = 30^\circ, 60^\circ$ に比べて $\Delta u / \sigma_m'$ はかなり大きいことがわかる。これは当然のことではあるが、圧密時のせん断方向とせん断試験時のせん断方向が一致しているか、あるいは反対であるかによる。

4. あとがき

今回、すべり面上の応力状態を再現して単純せん断試験を行った。しかし、試験機の精度等にまだ問題が残っているように思われる。また、単純せん断時の応力状態の仮定にも検討の余地があろう。しかし、従来、再現できなかった応力状態を再現できる利点があるので、今後、その利点を生かして研究をしていく価値はあるであろう。

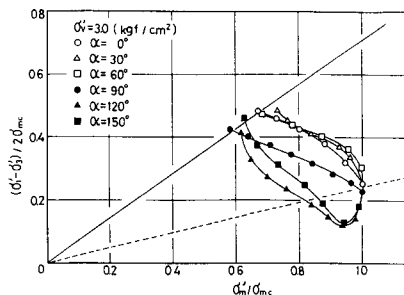


図-5 有効応力径路

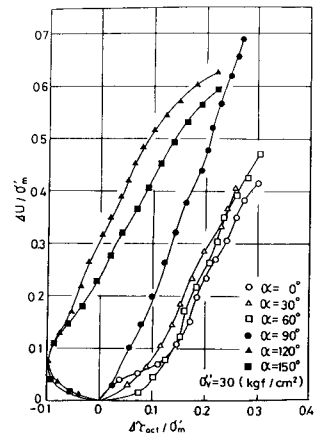


図-6 $\Delta u / \sigma_m' \sim \Delta \tau_{oct} / \sigma_m'$

参考文献

- 1) 八木則男, 矢田部龍一: 応力の制御が可能な単純せん断試験機の試作, 土と基礎, No. 306, 1983.