

III-A 57 リングせん断試験における残留強度とせん断変位の関係について

信州大学大学院 学生会員 鈴木素之
 信州大学工学部 正会員 梅崎健夫
 信州大学工学部 正会員 川上 浩

1.はじめに 残留強度を求めるためのせん断試験の打ち切り変位について明確に規定されていない。残留状態における強度・変形特性は、①排水せん断あるいは定圧せん断において、最大せん断応力後のせん断応力は漸次低下して一定であり、および②せん断に伴う体積変化がゼロであると考えられる。本文では、(1)せん断応力と基準化した残留強度との比、とせん断変位の関係、および(2)垂直変位とせん断変位との変化率、とせん断変位の関係を検討することにより、リングせん断試験における残留強度とせん断変位の関係について検討した。なお、せん断変位はせん断面に対するせん断変形の割合と考えて、環状供試体の中心における変位角（せん断変位角）とした。

2.圧密・定圧リングせん断試験 試料はカオリン($G_s=2.759, w_L=75.7\%, I_p=39.4, CF=67\%$)であり、環状供試体は内径6cm, 外径10cm, 高さ2cmである。上・下リングの隙間は0.1mmとした。圧密応力を98, 196, 392kPa, 圧密時間を180 min.として、正規圧密状態に引き続いて定圧せん断試験を実施した。せん断変位角速度 $\dot{\theta}$ は0.0005, 0.0025, 0.05rad/min.である。試験の打ち切りは $\theta=10$ radまでとした。なお、リング周面摩擦応力を考慮して、垂直応力を随時調整した。

3.残留状態における強度・変形特性とせん断変位の関係
 (1)せん断応力 τ と基準化した残留強度 τ_r^* との比 τ/τ_r^* とせん断変位角 θ の関係 せん断応力とせん断変位の関係の実測値は、室内試験における長期のせん断によっても、厳密な定常状態に至らない。実際は個々の基準でせん断を打ち切り、残留強度を決定している。著者らは、残留強度を基準化して評価するために、双曲線近似による残留強度の決定手法を提案した^{1), 2)}。図-1に、双曲線近似により決定した残留強度 τ_r^* を用いて、残留状態に至るせん断変位角 θ^* の決定方法を模式的に示す。せん断応力 τ はせん断変位角 θ の増加に伴って残留強度 τ_r^* に等しくなる($\tau/\tau_r^*=1$)。このときの θ を θ^* と決定する。図-2(a)および(b)に、それぞれ垂直応力 σ_N およびせん断変位角速度 $\dot{\theta}$ が異なる場合の $\tau/\tau_r^* \sim \theta$ 関係を示す。(a), (b)ともに、 $\tau/\tau_r^* \sim \theta$ 関係の実測値は θ の増加に伴って残留状態の基準線($\tau/\tau_r^*=1$)に漸近するのがわかる。(a)に関しては、 $\tau/\tau_r^*=1$ となるのは概略 $\theta=7$ rad以降である。垂直応力が大きいほど、基準線に漸近する勾配は急になる。(b)に関しても同様に、

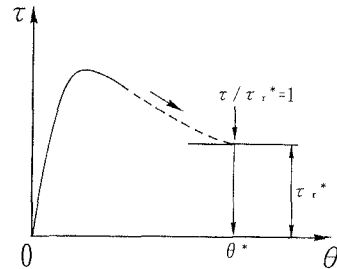


図-1 $\tau \sim \theta$ 関係における θ^* の決定(模式図)

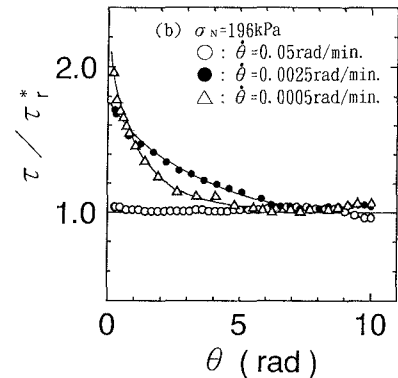
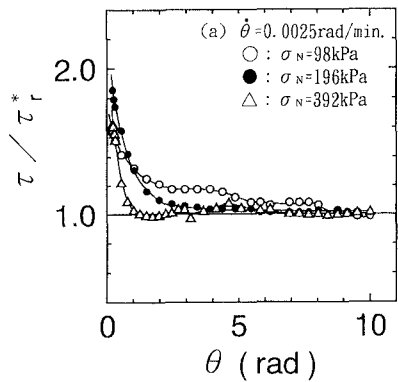


図-2 $\tau/\tau_r^* \sim \theta$ 関係

$\tau/\tau_r^*=1$ となるのは概略 $\theta=7\text{rad}$ 以降である。ただし、せん断変位角速度が極端に大きい場合は、 $\tau/\tau_r^*\sim\theta$ 関係の実測値は θ の増加に対しても基準線上を辿って変化する。したがって、(a),(b)より $\theta^*=7\text{rad}$ とする。

(2)垂直変位 h とせん断変位角 θ との変化率 $\Delta h/\Delta\theta$ 、とせん断変位角 θ の関係 残留状態では、1.②で前述したように、せん断変位角 θ に対して垂直変位 h の変化率 $\Delta h/\Delta\theta$ はゼロである(図-3)。このときの θ を残留状態に至るせん断変位角 θ^{**} と決定する。図-4(a)および(b)に、それぞれ垂直応力 σ_N およびせん断変位角速度 $\dot{\theta}$ が異なる場合の $\Delta h/\Delta\theta\sim\theta$ 関係を示す。(a),(b)ともに、 $\Delta h/\Delta\theta\sim\theta$ 関係の実測値は θ の増加に伴って残留状態の基準線($\Delta h/\Delta\theta=0$)に漸近するのがわかる。(a)に関しては、 σ_N の大きさによらず、 $\theta=4.0\text{rad}$ 以降において、 $\Delta h/\Delta\theta=0$ となる。(b)に関しては、せん断変位角速度が極端に大きい場合には、 $\Delta h/\Delta\theta=0$ とはならない。したがって、(a),(b)より $\theta^*=4\text{rad}$ とすると、 $\tau/\tau_r^*=1$ となるよりも $\Delta h/\Delta\theta=0$ となる方がはやいことがわかる。以上の(1)と(2)より、 $\tau/\tau_r^*=1$ および $\Delta h/\Delta\theta=0$ によって決定した残留状態に至るせん断変位角は一致しない。

4.まとめ リングせん断試験における残留強度とせん断変位の関係について一連の試験結果に基づいて検討した。その結果、最大せん断応力後のせん断応力が漸次低下して一定の状態になる以前に、せん断に伴う体積変化がゼロの状態になることが明らかになった。換言すれば、せん断試験の打ち切り変位を決定する際には、せん断に伴う体積変化がゼロの状態になる以降のせん断応力の低下を考慮する必要がある。これには従来指摘されている板状粘土粒子のせん断方向への定方向・再配列が重要な要因として含まれるであろう。

【参考文献】

- 1) 鈴木素之・梅崎健夫・川上 浩：リングせん断試験による粘土の残留強度特性、直接型せん断試験の方法と適用に関するシンポジウム発表論文集，pp.269-274，1995。
- 2) 鈴木素之・梅崎健夫・川上 浩：リングせん断試験における粘土の残留強度の決定手法，土木学会第50回年次学術講演会講演概要集，pp.386-387，1995。

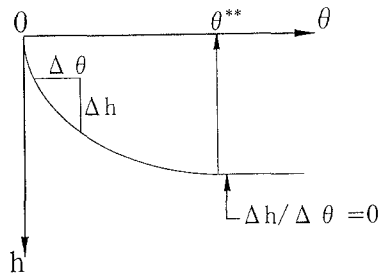


図-3 h $\sim\theta$ 関係における θ^{**} の決定 (模式図)

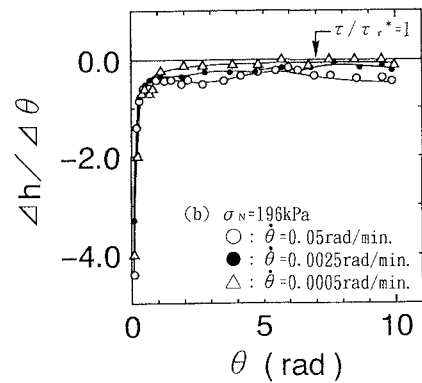
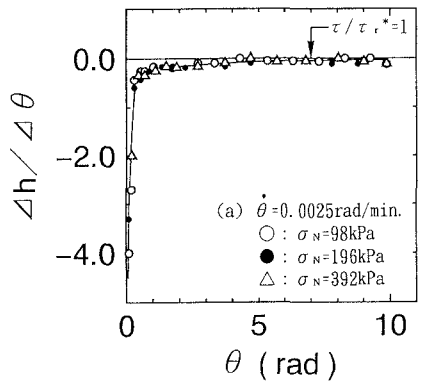


図-4 $\Delta h/\Delta\theta\sim\theta$ 関係