

Ⅲ-193

リングせん断試験における粘土の残留強度の決定手法

信州大学大学院 学 鈴木素之

信州大学工学部 正 梅崎健夫 正 川上 浩

1. はじめに

残留強度を求める室内土質試験の一つにリングせん断試験があるが、残留強度状態に至る変位量が明確ではないことから、残留強度の決定法あるいは判定基準が確立されていない。また、試験時間も一般に長期間を要する。本文では、練返しカオリン粘土を用いた圧密・定圧リングせん断試験を実施し、試験結果に基づいて双曲線近似を用いた残留強度の決定法^{1), 2)}の適合性を検証した。また、残留強度とせん断試験の打ち切り変位の関係を検討することにより、残留強度の決定に必要な変位量について考察した。なお、変位量はせん断面に対するせん断変形の度合いと考えて、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. 双曲線近似を用いた残留強度の決定法

残留強度は大変位を受けた土の最小の強度であると一般に定義される。一方、室内試験ではせん断応力-せん断変位角関係の実測値は長期間のせん断においても厳密な定常状態には至らず、実際は個々の判断において試験を打ち切り、残留強度を決定している。そこで、最大せん断応力後のせん断応力 τ とせん断変位角 θ の関係の実測値に対して双曲線近似を適用し、その漸近値を残留強度と決定する方法を提案した^{1), 2)}。図-1に提案法の概略を示す。 τ_{max} を最大せん断応力、 θ_{max} をせん断応力最大時のせん断変位角、 θ_{end} を試験打ち切り時のせん断変位角とする。垂直応力 σ_n が一定の下、区間 $[\theta_{max}, \theta_{end}]$ において $\tau \sim \theta$ 関係の実測値に対して式(1)で表す双曲線近似が適用可能であると仮定する。すなわち、図-2の $\theta/\tau \sim \theta$ 関係における実測値に直線関係があるものとする。

$$\tau = \theta / (a + b\theta) \quad (1)$$

ここで、 a , b は実験から求まる定数であり、それぞれ $\theta/\tau \sim \theta$ 関係における実測値に対して最小二乗法によってフィッティングされた直線の切片および傾きで与えられる。式(1)と実測値の適合性が良好であれば、双曲線近似の仮定が成立するものとして、残留強度 τ_r は式(1)の漸近値として次の式(2)から決定される。

$$\tau_r = 1/b \quad (2)$$

3. 圧密・定圧リングせん断試験

試料はカオリン ($G_s=2.759$, $w_L=75.7\%$, $I_p=39.4$, $CF=67\%$) である。環状供試体は内径6cm、外径10cm、高さ2cmである。上・下リングの隙間を0.1mmとした。圧密応力を196, 294, 392kPa、圧密時間を180分(3t法:10分)として、正規圧密状態の定圧リングせん断試験を実施した。せん断変位角速度

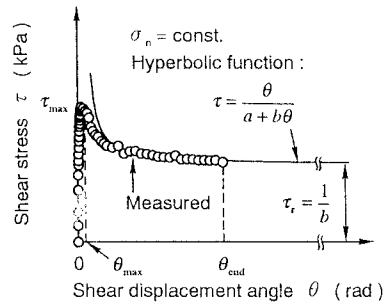


図-1 双曲線近似による残留強度決定法（模式図）

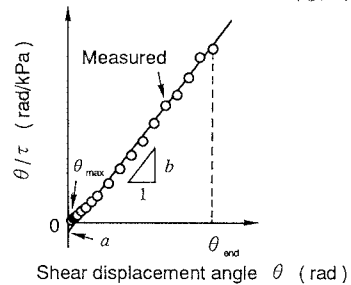


図-2 実験定数 a , b の決定（模式図）

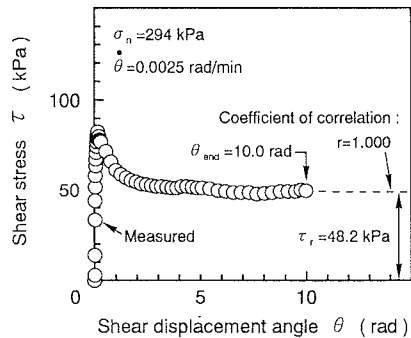


図-3 せん断応力-せん断変位角関係

$\dot{\theta}$ は0.0025および0.01rad/minである。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。

4. 実験結果と考察

(1) 双曲線近似の適合性 図-3は $\dot{\theta} = 0.0025$ rad/minのときのせん断応力とせん断変位角の関係であり、実測値と双曲線式の適合性の一例を示した。実測値と双曲線式はよく適合しており、この場合の残留強度は双曲線式の漸近値として $\tau_r = 48.2$ kPaと与えられる。ここで、 r は図-2における $\theta/\tau \sim \theta$ 関係の直線性の度合いを表す相関係数であり、実測値と双曲線式の適合性はこれにより評価される。しかし、残留強度の決定値 τ_r は打ち切り変位角 θ_{end} によって変化することから、 τ_r と θ_{end} の関係を検討する必要がある。

(2) 打ち切り変位角の決定 図-4(a)および(b)にそれぞれ $\dot{\theta} = 0.0025$ および0.01rad/minの場合において、異なる θ_{end} までの実測値を用いて決定した残留強度 τ_r とそのときの θ_{end} の関係を示す。 θ_{end} を大きくすると、ほぼ $\theta_{end} = 7.5 \sim 10$ radの範囲で τ_r はほぼ一定値になる。このときの θ_{end} を適切な試験の打ち切り変位角 θ_{end}^* と決定することができる。このことから残留強度を決定するにはせん断変位角8rad以上（供試体の中心半径4cmの場合にはせん断変位32cm以上）の実測値を用いる必要がある。また、試験の打ち切り変位角 θ_{end}^* とせん断応力最大時のせん断変位角 θ_{max} の関係において β を式(3)のように定義すると、ほぼ $\beta = 33 \sim 59$ となる。

$$\theta_{end}^* = \beta \theta_{max} \quad (3)$$

言い換えれば、残留強度を決定するには θ_{max} の少なくとも30倍以上のせん断変位角を必要とするようである。

図-4(a)に示した $\sigma_n = 294$ kPaの場合において、打ち切り変位角 θ_{end} を変化させたときの相関係数 r の変化を図-5に示す。 θ_{end} によらず r は0.998以上と非常に高いことから、残留強度の決定に双曲線近似が適用できる。しかし、前述したように、適切な打ち切り変位角に基づいて、残留強度を決定することが重要である。

5. まとめ ①最大せん断応力後のせん断応力ーせん断変位角関係の実測値に十分な精度で双曲線近似が適用できる。したがって、残留強度を土の最小強度と定義すると、残留強度は双曲線近似の漸近値として決定できる。②リングせん断試験において残留強度を決定するには少なくとも $\theta = 8$ radすなわち θ_{max} の30倍以上の実測値を用いる必要がある。

【参考文献】 1) 鈴木素之ら：平成5年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集，pp.343-344，1994。

2) 鈴木素之ら：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。

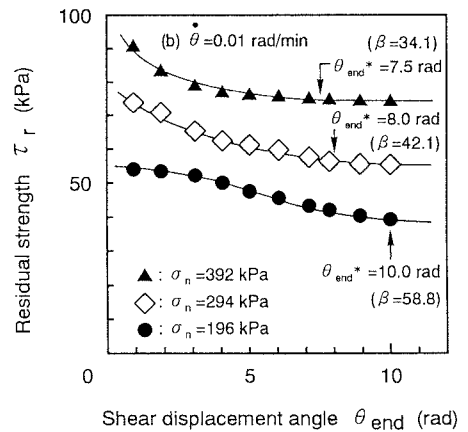
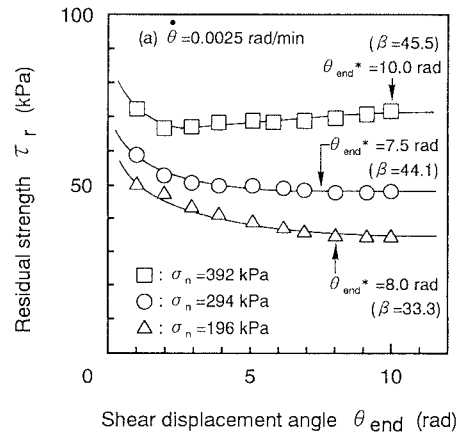


図-4 残留強度－打ち切り変位角関係

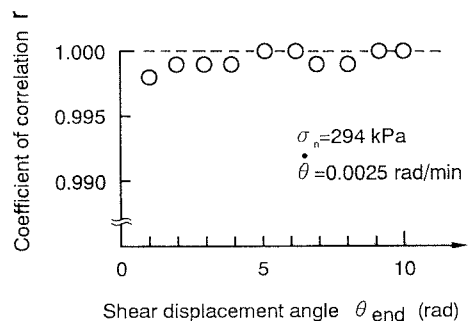


図-5 相関係数－打ち切り変位角関係