

不撓乱粘土および再構成粘土のリングせん断特性

信州大学工学部 正 梅崎健夫, 正〇河村 隆

北海道大学大学院 学 西田浩太（元 信州大学工学部）

1. はじめに 土の残留強度を得るためにリングせん断試験が実施される。しかし、従来の試験では、比較的大型の試料が必要で成形も困難であり、不撓乱土の残留強度の測定は容易ではない。そこで、内径 $d_{s1}=42\text{mm}$ 、外径 $d_{s2}=70\text{mm}$ の設置可能な小型リングせん断試験機を開発した¹⁾。NSF(B)粘土（土粒子密度 $\rho_s=2.726\text{g/cm}^3$ 、液性限界 $w_L=73.9\%$ 、塑性指数 $I_p=40.8$ ）を用いた試験結果¹⁾を図-1に示す。小型および中型の装置を用いた試験（小型試験、中型試験）では、それぞれ $\sigma_N < 200\text{kN/m}^2$ および $\sigma_N < 100\text{kN/m}^2$ の領域において、ピーク強度時および残留強度時の内部摩擦角（ ϕ_d , ϕ_r ）は過大評価される。しかし、それら以上の領域ではそれぞれ一定の内部摩擦角が得られており、小型試験の信頼性も中型試験と同程度である。

本文では、小型リングせん断試験機を用い、 $\sigma_N > 200\text{kN/m}^2$ の領域において不撓乱粘土と再構成粘土のリングせん断試験を実施し、両者のリングせん断挙動および内部摩擦角について検討する。

2. 試料および試験方法 不撓乱試料は長崎県諫早市で採取された有明粘土（深度 $z=6.00\sim 6.80\text{m}$ ）を用いた。 $z=5.00\sim 5.80\text{m}$ における土質定数は、 $\rho_s=2.626\text{g/cm}^3$ 、 $w_L=84.9\%$ 、 $I_p=49.3$ 、圧縮指数 $C_c=1.89$ 、圧密降伏応力 $p_c=41.2\text{kN/m}^2$ 、一軸圧縮強さ $q_u=28.7\text{kN/m}^2$ であった。また、試料採取地点の有効土被り圧は $\sigma_{v0}'=28\text{kN/m}^2$ 程度であり、原位置の過圧密比は $\text{OCR}=1.5$ 程度である。再構成試料は、不撓乱試料に純水を加えて含水比を w_L の 2.6 倍程度に練り返し、圧密圧力 $\sigma_v=98\text{kN/m}^2$ で 3t 時間まで一次的に圧密したものである。両試料とも環状供試体（ $d_{s1}=42\text{mm}$ 、 $d_{s2}=70\text{mm}$ 、初期高さ $h_0=20, 26\text{mm}$ ）に成形した。供試体を試験装置に設置し、 $\sigma_c=\sigma_N^*=264.4, 294.0, 343.0\text{kN/m}^2$ で 3t 時間まで圧密して正規圧密状態にした。その後、 σ_N^* =一定の小型リングせん断試験をせん断変位角 $\theta=14.3\text{rad}$ （せん断変位 $D=400\text{mm}$ ）まで実施した。ここで、 σ_c : 圧密圧力、 σ_N^* : 設定垂直応力である。 $\sigma_N^*=R \cdot p_c$ と定義すると、不撓乱試料では $R=6.4, 7.1, 8.3$ である。せん断中の上下リングの隙間は 0.1mm 、小型試験のせん断変位角速度 $\dot{\theta}$ は 0.0025rad/min （せん断変位速度 $\dot{D}=0.07\text{mm/min}$ に相当）である。なお、せん断中の垂直応力 σ_N は供試体とリング周面の摩擦を考慮したせん断面上の平均的な値として算定している。

3. 試験結果および考察 図-2(a-1)～(c-2)にせん断応力 τ および

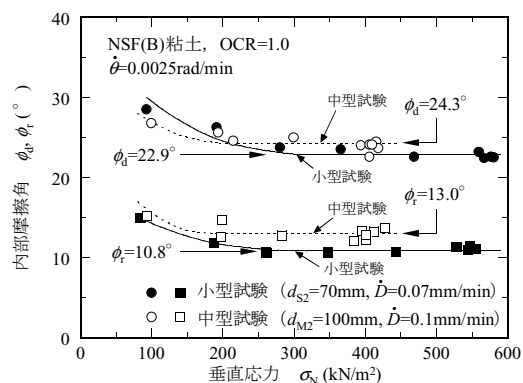


図-1 小型試験および中型試験の内部摩擦角¹⁾

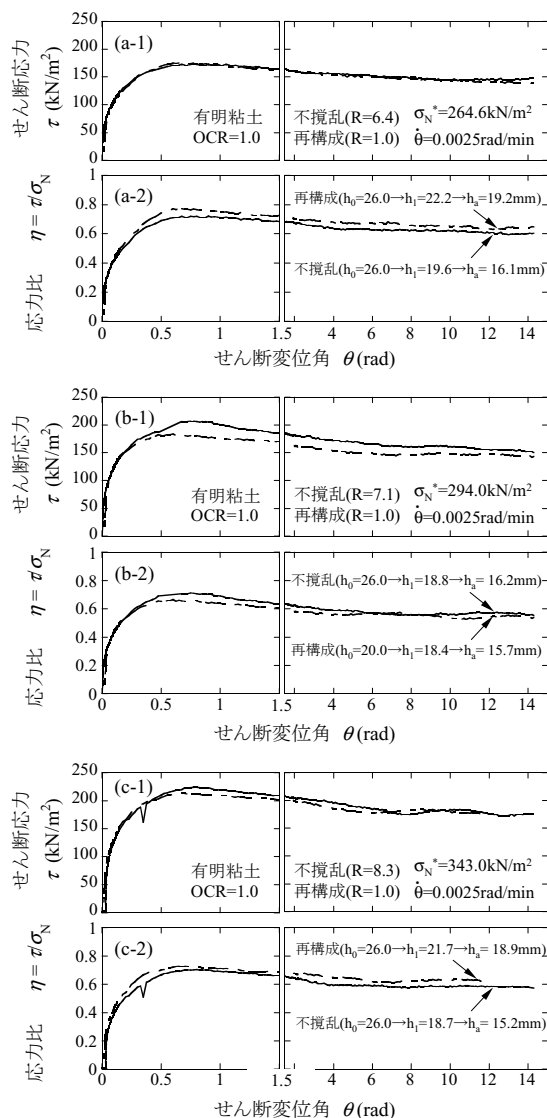


図-2 τ , $\eta=\tau/\sigma_N \sim \theta$ の関係

キーワード：リングせん断試験，残留強度，不撓乱粘土，強度定数，試験装置

連絡先：長野市若里 4-17-1, TEL&FAX: 026-269-5291

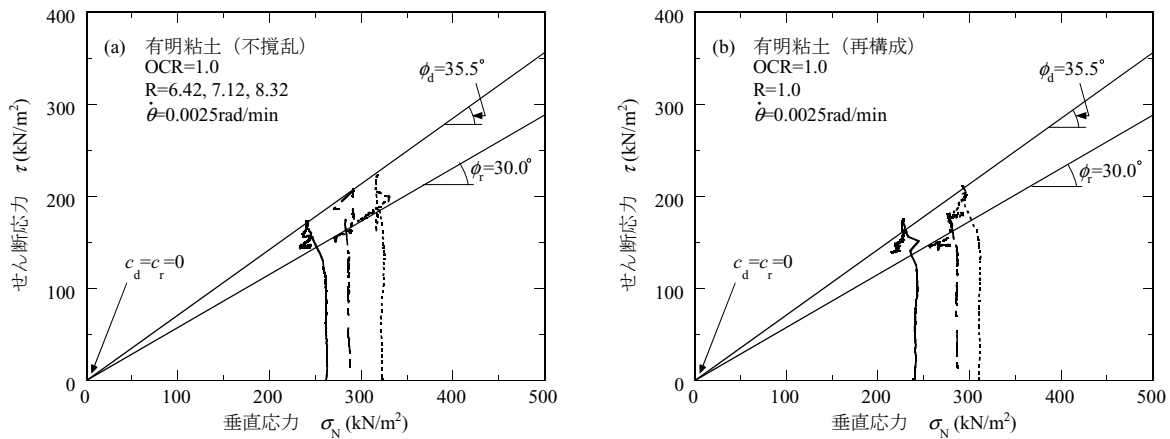


図-3 リングせん断試験の応力径路

応力比 $\eta = \tau / \sigma_N$ とせん断変位角 θ の関係を示す。圧密終了後および試験終了後の供試体の高さ h_i および h_a は図-2の中に示すとおりであり、せん断面は高さ $h=10\text{mm}$ に位置している。すべてのケースにおいて、不攪乱粘土と再構成粘土の挙動は同様であり、ピーク強度、残留強度ともにほぼ等しい。両者のピーク強度にあまり差が見られないのは、 $R=6.4\sim 8.3$ であり、不攪乱粘土の構造が圧密によって破壊されているものと考えられる。

図-3(a), (b)に不攪乱粘土および再構成粘土のリングせん断試験の応力径路を示す。供試体が正規圧密状態であることを考慮して、図中に示したピーク強度線および残留強度線は粘着力 $c_d=c_r=0$ として3ケースの試験結果から平均的に算定した。両者におけるピーク強度時の内部摩擦角 ϕ_d は等しく、残留強度時の内部摩擦角 ϕ_r もデータに少しばらつきが見られるものの、等しいと判断できる。

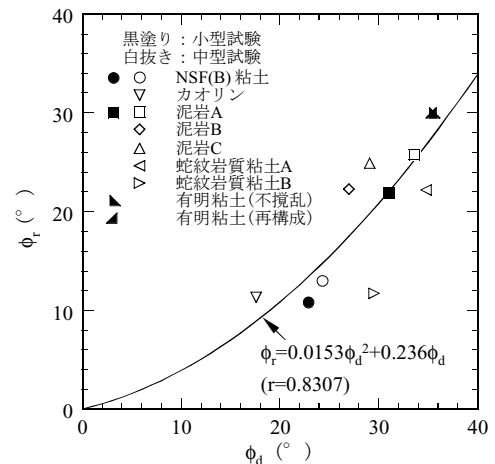
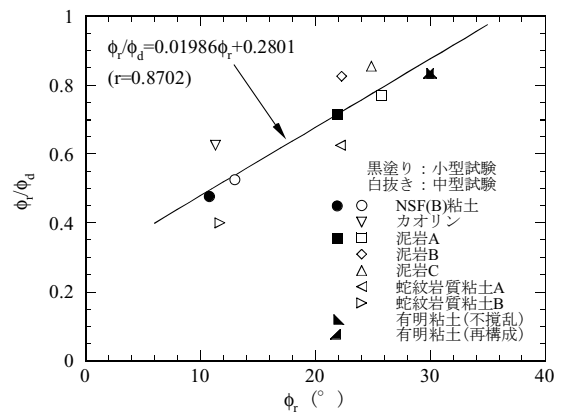
図-4に $\phi_r \sim \phi_d$ 関係を示す。図中には、その他の試料の結果も併せて示した。両者の関係を図中に示す曲線で近似すると、相関係数は $r=0.8307$ である。近似曲線の相関性は比較的高く、 ϕ_d が大きい粘土の方が ϕ_r も大きいという傾向が示されている。また、本文で実施した有明粘土の場合も近似線付近に位置しており、実施した試験の精度が認められる。

一方、 $(\phi_r / \phi_d) \sim \phi_r$ 関係として整理したものが図-5である。両者の関係を図中に示す直線で近似すると、相関係数 $r=0.8702$ である。近似直線の相関性は比較的高く、 ϕ_r が大きい粘土の方が ϕ_d に対する ϕ_r の低下量が大きい傾向にある。

4. まとめ 圧密降伏応力の6.4～8.3倍の圧密圧力によって正規圧密された不攪乱粘土(有明粘土)と練り返し圧密された再構成粘土の内部摩擦角(ϕ_d, ϕ_r)はほぼ等しい。今後、大きな圧密降伏応力を有する洪積粘土や地すべり粘土に対して、同様の試験を実施することにより、より詳細に検討する予定である。

謝辞：試料は、基礎地盤コンサルタント(株)九州支社 田上裕氏にご提供いただきました。ここに深く感謝の意を表します。

【参考文献】1) 西田浩太, 梅崎健夫, 河村 隆: 小型リングせん断試験における試験結果の解釈, 第38回地盤工学研究発表会, 2003(投稿中)。

図-4 $\phi_r \sim \phi_d$ 関係図-5 $(\phi_r / \phi_d) \sim \phi_r$ 関係