

Ⅲ-A54

低垂直応力域における粘土の圧密定体積一面せん断試験（その2）

信州大学大学院 学生会員○本郷五十鈴
信州大学工学部 正会員 梅崎健夫

1. はじめに 圧密定体積一面せん断試験を低垂直応力域で実施し、試験中の垂直応力、せん断応力および垂直変位の挙動から得られる強度定数の妥当性について検討した。本文は、加圧板を機械的に固定することで定体積試験を行った場合である。定体積条件を手動制御した場合については文献1)で報告した。

2. 試験方法 試料は NSF 粘土 ($G_s=2.756$, $w_L=61.1\%$, $I_p=27.4$) である。含水比 120% ($\approx 2w_L$) で練り返し、一次的に予圧密した試料を直径 6cm, 厚さ 2cm に成形して供試体とした。試験には H-II 型一面せん断試験装置（垂直荷重は反力側で測定）²⁾ を使用し、7 ケースの圧密応力 (29.4, 49.0, 98.0, 147.0, 196.0, 245.0, 294.0 kN/m²) における正規圧密状態での試験を行った。圧密終了時間はすべて 60 分とし、その後、上下せん断箱の隙間を 0.2mm に設定し、加圧板を機械的に固定して、定体積を保ちながら水平変位 7mm までせん断速度 0.2mm/min でせん断した。加圧板の固定方法は以下に行う。①加圧板固定用ナットを固定板まで締上げる。②加圧板が下がらないように空気圧により固定板に押さえつける。

3. 試験結果および考察 上下せん断箱の隙間設定と加圧板を機械的に固定する操作により、垂直応力と垂直変位が変化する。図-1 に、この間の垂直応力の変動率 σ/σ_c および垂直変位量 $\Delta H'$ を示す。 $\sigma_c=29.4$ および 98.0 kN/m² においては $\sigma/\sigma_c > 1$ であり、所定の圧密応力よりも垂直応力が大きくなっている。また、その他の圧密応力では $\sigma/\sigma_c < 1$ であり、垂直応力は圧密応力よりも減少している。変動率は約 0.8~1.1 である。また、 $\Delta H'$ は、圧縮方向に大きく変化しており、 $\sigma_c=29.4$ kN/m² では約 0.7mm も生じている。上下せん断箱の隙間設定により、供試体のはみ出しが生じていると考えられる。このときの圧縮方向の垂直変位により、鉛直上向きの周面摩擦力が生じ、圧密応力の減少が生じるものと考えられる。 $\sigma_c=29.4$ および 98.0 kN/m² においては、固定用ナットを締め上げすぎたために過大な荷重を负荷したものと考えられる。一方、定体積条件を手動制御した場合も同様に σ , $\Delta H'$ に変動が生じる¹⁾。しかし、加圧板を機械的に固定した場合の方が手動制御による場合よりも $\Delta H'$ は約 10 倍もの変動が生じている。このように、加圧板を機械的に固定する方法には問題がある。

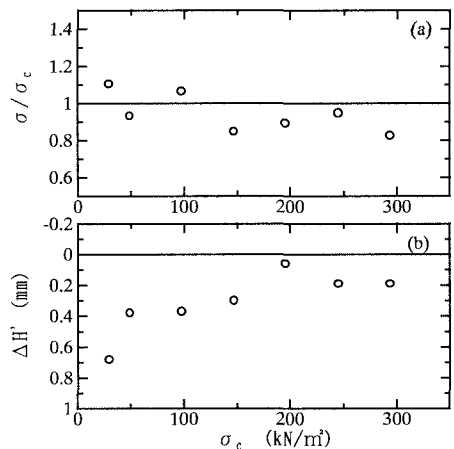


図-1 圧密終了後からせん断前までの垂直応力の変動率および垂直変位量

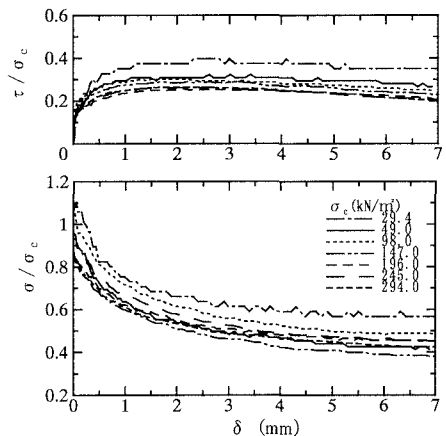


図-2 正規化したせん断力、垂直応力ーせん断変位関係

キーワード：一面せん断試験，定体積試験，正規圧密粘土，垂直応力，内部摩擦角

連絡先：〒380-8553 長野市若里 500, TEL&FAX: 026-269-5291

図-2 に正規化したせん断応力 τ/σ_c および垂直応力 σ/σ_c とせん断変位 δ の関係を示す。 (τ/σ_c) - δ 曲線は低垂直応力ほど上方に位置する。 $\sigma_c = 29.4 \text{ kN/m}^2$ の場合は、 τ/σ_c がたいへん過大である。また、 (σ/σ_c) - δ 曲線も垂直応力により大きく異なる。

図-3 に正規化したせん断力 τ/σ_c と垂直応力 σ/σ_c の関係を示す。文献1) に示した定体積条件を手動制御した試験結果より、 $\sigma_c = 98.0 \text{ kN/m}^2$ 以上の領域においては、 $\phi_1' = \tan^{-1}(\tau_{\max}/\sigma_1) = 26.2^\circ$ 、 $\phi_{cu} = \tan^{-1}(\tau_{\max}/\sigma_c) = 14.8^\circ$ とほぼ等しい値が得られたため、これを破壊線として記載した。有効応力経路は、図-1(a) で示した σ/σ_c の変動の影響のために大きく異なり、破壊線を超過している。

図-4 に加圧板を機械的に固定した定体積試験 (垂直荷重は反力板側で測定) により得られた内部摩擦角 ϕ_1' および ϕ_{cu} と圧密応力 σ_c の関係を示す。別途、せん断箱ガイド装置と可動箱の摩擦力の影響を調べるたところ、供試体の断面積あたりの摩擦応力は $0 \sim 1.38 \text{ kN/m}^2$ の範囲で変動して生じていた¹⁾。そこで、この最大値を用いて補正した場合、 $\sigma_c = 29.4 \text{ kN/m}^2$ のときに ϕ_1' は約 3.3° (●印) 減少する。しかし、この補正を行ってもなお、 $\sigma_c = 98.0 \text{ kN/m}^2$ 未満の低応力領域における内部摩擦角は他のものより大きな値を示し、その他の圧密応力においても、 ϕ_1' の値はばらついている。また、 ϕ_{cu} も $\sigma_c = 98.0 \text{ kN/m}^2$ 未満の領域で過大な値を示している。

定体積試験の基準³⁾ では垂直力測定用の荷重計は加圧板・反力板のどちら側に設置しても良いとしている。しかし、加圧板側に荷重計を設置した場合、図-1(a) に示した垂直応力の変化を考慮できない。図-5 にこの垂直応力の変動を考慮せずに求めた内部摩擦角 ϕ_1' および ϕ_{cu} と圧密応力 σ_c の関係を示す。これは図-3 の応力経路が σ/σ_c

$= 1$ から開始されたものとして算定したものに相当する。 ϕ_1' はすべての圧密応力において、さらに大きな誤差を示す。したがって、定体積試験であっても反力板側に荷重計を設置したほうがよい。

4. まとめ ①加圧板を機械的に固定することで定体積試験を行った場合、上下せん断箱の隙間設定と加圧板を機械的に固定する操作により、垂直応力は圧密応力の約 $0.8 \sim 1.1$ 倍に変化し、そのとき、最大約 0.7 mm の圧縮方向の垂直変位が生じる。②①の試験において反力板側で垂直応力の測定をした場合は、 $\sigma_c = 98.0 \text{ kN/m}^2$ 未満の領域において内部摩擦角は過大な値を示し、このような試験方法には問題がある。③①のような垂直応力の変動率を測定するために、定体積試験であっても反力板側に荷重計を設置した方がよい。

[参考文献] 1) 本郷ら：低垂直応力域における粘土の圧密定体積一面せん断試験，第34回地盤工学研究会，1999 (投稿中)。2) 澁谷ら：粘性土の一面せん断試験に関するいくつかの提案，直接型せん断試験の方法と適用に関するシンポジウム，pp.127-134, 1995。3) 新規制定地盤工学会基準・解説Ⅳ (1997年度版)，pp.15-21。

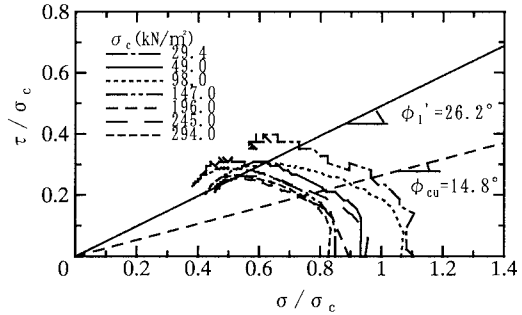


図-3 正規化したせん断応力-垂直応力関係

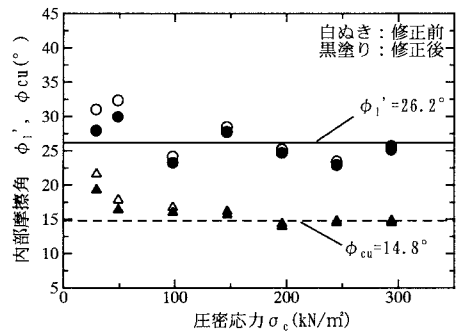


図-4 内部摩擦角-圧密応力関係

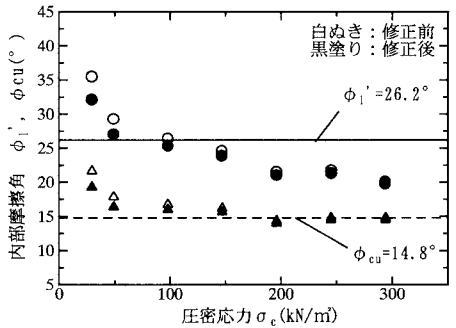


図-5 図-1の垂直応力の変化を考慮しない場合の内部摩擦角-圧密応力関係