

Ⅲ-A22 砂質土の定圧単純せん断試験における周面摩擦の影響

大阪市立大学工学部 正 大島昭彦 高田直俊
同 大学院 学 ○土橋 徹

まえがき 単純せん断試験は直接せん断試験の長所を持ちながら、供試体全体に均一なせん断変形を与えることのできる理想的な試験法である。筆者らは、従来の単純せん断試験機の問題点を取り除いて実用的な試験が行える多段式単純せん断試験機を開発した^{1), 2)}。しかし、この試験機では供試体とせん断箱内面との間に働く周面摩擦力の影響が一面せん断試験と同様に懸念されてきた。一面せん断試験では垂直応力を反力板側で測定することによってこの問題が解決され、地盤工学会で基準化された。ここでは、多段式単純せん断試験機の反力板側に垂直荷重計を設置し、加圧板側、反力板側の垂直応力から平均垂直応力を測定し、これを一定に制御する真の定圧試験と制御しない簡易定圧試験を行い、多段式単純せん断試験における周面摩擦の影響を調べた結果を報告する。

実験方法 図-1に用いた多段式単純せん断試験機のせん断箱周りの概略を示した。供試体の直径12cm、高さ4cm、下面垂直応力・上箱可動型で、反力板と反力ローラの間に2台の垂直荷重計を設置している。せん断箱は8段の剛なせん断箱要素からなり、各要素の両側2ヶ所ずつに45°の角度に取り付けた斜めガイドローラと斜材によって、せん断中に各せん断箱要素は水平に、かつ隣り合う要素間の相対水平変位は等しく保たれる。せん断箱のすぐ内側は「七面せん断」となるが、巨視的には均一なせん断変形が与えられる。また、せん断箱要素を取り替えることにより、同一試験機で一面せん断試験も可能である。

この試験機では、せん断時の供試体のダイレイタンスーによってせん断箱側面全体に周面摩擦力が働くため、図-2に示すように加圧板側垂直応力 σ_L 、反力板側垂直応力 σ_U はそれぞれ供試体の下面、上面の垂直応力となる（この点は σ_U がせん断面上の垂直応力となる一面せん断と異なる）。そこで、供試体の平均的な垂直応力として σ_L と σ_U から平均垂直応力 σ_M を定義し、この σ_M が一定となるように σ_L を制御する試験を真の定圧試験、 σ_L を制御しない試験を簡易定圧試験とし、両試験を行った。なお、この試験機を用いた単純、一面せん断による供試体変形および強度特性の比較は文献3)を参照されたい。

用いた試料は、三隅砂（島根県三隅町で採取した海砂、 $D_{max}=0.425\text{mm}$ 、 $D_{50}=0.17\text{mm}$ 、 $F_c=5.8\%$ 、 $\rho_{dmax}=1.52\text{g/cm}^3$ 、 $\rho_{dmin}=1.28\text{g/cm}^3$ ）である。供試体は $w_{opt}=19\%$ に調整した試料を締固め法により、圧密後の相対密度 $D_{rc}=40$ 、75%に作製した。圧密応力 $\sigma_c=0.5, 1, 2\text{kgf/cm}^2$ 、各せん断箱要素間の隙間は供試体作製前に要素間に厚さ0.2mmのゴム膜を挟み込み、圧密後にゴム膜を引抜くことにより設定した。

実験結果 図-3、4にそれぞれ $D_{rc}=75\%$ （密詰め）における真の定圧、簡易定圧単純せん断試験の応力-変位関係、応力径路を比較した。いずれの圧密応力 σ_c でも正のダイレイタンスーを示すため、上向きの周面摩擦力が生じ、簡易定圧では図-4(2)に示すように反力板側垂直応力 σ_U 、平均垂直応力 σ_M が増加するため、せん断強度は真の定圧よりも過大となり、垂直変位 ΔH の膨張量が低減される。真の定圧では σ_M が一定となるように加圧板側垂直応力 σ_L

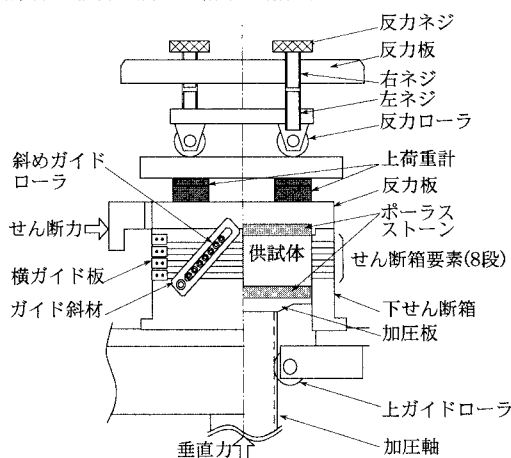


図-1 多段式単純せん断試験機のせん断箱周りの概略

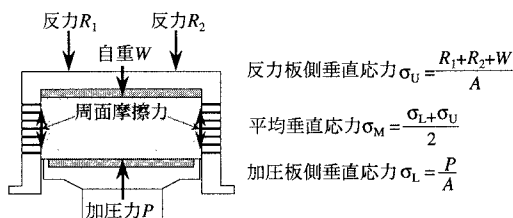
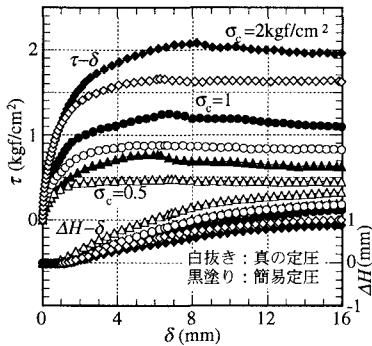
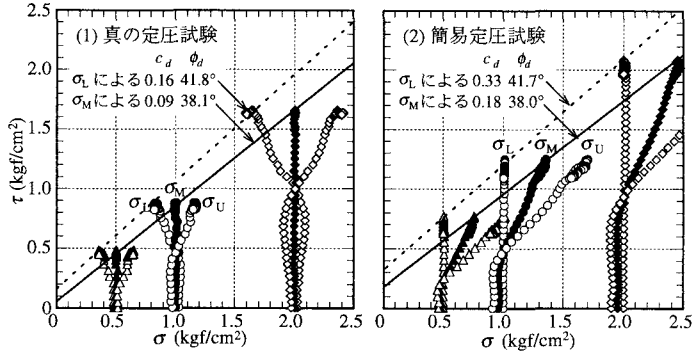
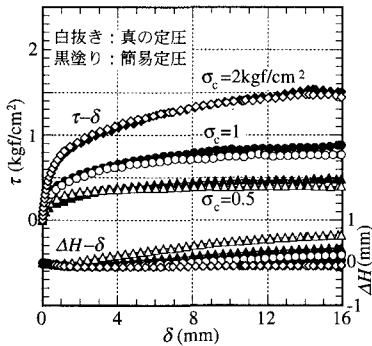
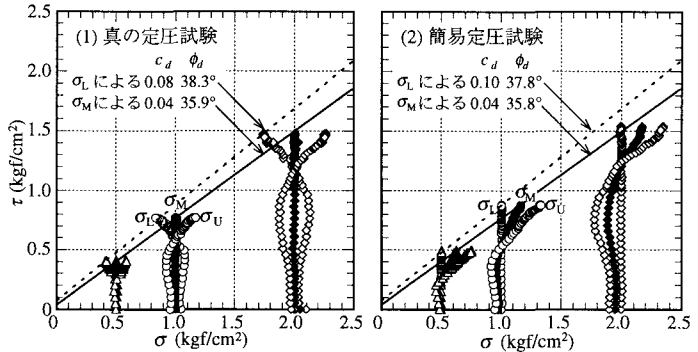


図-2 多段式単純せん断試験における垂直応力の定義

Key Words: 単純せん断試験, 圧密排水せん断, 周面摩擦, ダイレイタンスー, 砂質土

〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学工学部土木工学科 TEL 06-6605-2996 FAX 06-6605-2726


 図-3 応力-変位関係の比較 ($D_{rc}=75\%$)

 図-4 応力径路，強度定数の比較 ($D_{rc}=75\%$)

 図-5 応力-変位関係の比較 ($D_{rc}=40\%$)

 図-6 応力径路，強度定数の比較 ($D_{rc}=40\%$)

を減少（せん断初期は増加）させる制御をしているため、図-4(1)に示すように σ_L と σ_U は σ_M に対して対称な径路をとる。なお、せん断前（圧密後）には σ_L と σ_U の差が小さく、周面摩擦力があまり生じていないのは（一面せん断ではこの時点で約20%の周面摩擦力が生じる）、前述したように圧密時は各せん断箱要素間に隙間設定用のゴム膜を挟んでおり、供試体の圧縮に対してゴム膜も圧縮してせん断箱要素がある程度供試体を追随するためである（せん断時は斜めガイドローラと斜材によって各せん断箱要素の垂直変位が拘束されるため、周面摩擦力が生じる）。

図-4中には従来方式の σ_L による見かけの強度線（点線）と真値と考えられる σ_M による強度線（実線）および両者の強度定数を示した。 σ_L による見かけの強度定数は真値よりも c_d で約0.1kgf/cm²、 ϕ_d で約4°過大となる。真の定圧と簡易定圧の強度定数を比較すると、 c_d が簡易定圧で大きくなるものの、両者の ϕ_d はほぼ等しい（ σ_L による見かけの ϕ_d もほぼ等しい）。したがって、簡易定圧試験でも σ_M で強度を整理すれば、真の定圧試験とほぼ等しい強度定数を得ることができる。これは一面せん断試験における両者の比較と同じ結論であり⁴⁾、また、このような強度の整理法を採れば、単純せん断と一面せん断の強度定数はほぼ一致する³⁾。

図-5、6に $D_{rc}=40\%$ （緩詰め）の結果を示したが、 $D_{rc}=75\%$ に比べて ΔH の膨張量が少ないため、周面摩擦力は小さいが、同様な結果が得られている。

まとめ 定圧多段式単純せん断試験における周面摩擦の影響は大きい³⁾が、平均垂直応力で強度を整理すればその影響を取り除くことができる。また、垂直応力を制御しない簡易定圧試験でも平均垂直応力で強度を整理すれば真の定圧試験とほぼ同様な強度定数を得ることができる。

参考文献 1) 高田, 他: 粗粒材を用いた単純、一面せん断の比較試験, 土と基礎, Vol.32, No.5, pp.17~22, 1984. 2) 高田, 他: 一面せん断試験と単純せん断試験の比較, 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.173~180, 1995. 3) 大島, 他: 定圧一面、単純せん断試験の供試体変形と強度特性の比較, 第34回地盤工学研究発表会（投稿中）, 1999. 4) 大島, 他: 一面せん断従来型定圧試験と真の定圧試験の比較, 第31回地盤工学研究発表会, No.333, 1996.