

垂直応力を制御した砂の一面せん断試験

鳥取大学工学部 正 会 員 清水正喜
鳥取大学大学院 学生会員 ○山本大輔
鳥取大学工学部 学生会員 碓 博則

1. はじめに

一面せん断試験では圧密およびせん断過程において供試体が圧縮または膨張するときに供試体周面にせん断箱から摩擦力が働くので加圧板から作用する垂直荷重と反力板に作用する垂直荷重が等しくならない。本研究では反力板に作用する荷重を一定に制御した試験と加圧板に作用する荷重を一定に制御した試験を行い、それぞれの場合における周面摩擦力の影響について考察した。

2. 試料および供試体の作成方法

乾燥豊浦砂を用いた。 $\rho_s=2.633\text{g}/\text{cm}^3$, $\rho_{d\max}=1.627\text{g}/\text{cm}^3$, $\rho_{d\min}=1.336\text{g}/\text{cm}^3$ である。供試体の密度は緩詰め、中詰めおよび密詰めを設定した。緩詰めは砂の最少密度試験の方法に準じて、中詰めと密詰めは、砂の最大密度試験におけるように供試体側面から打撃することによって締固めた。打撃方法と回数は予備試験によって定めた。結果として、相対密度は表1に示すようになった。

表1 供試体の相対密度

詰め方	緩詰め	中詰め	密詰め
Dr：圧密前	23.7～29.0	38.1～39.4	75.0～79.2
Dr：圧密後	32.8～36.0	43.5～46.9	79.7～82.6

3. 試験方法

図1に示す装置を用いた。上箱固定・下箱移動式で、上箱に加圧板があり、下箱は反力板になっている。加圧板上部と反力板底部にロードセルを設置し、加圧板側および反力板側の垂直荷重を測定した。本文ではそれぞれの荷重を供試体断面積で割った値を加圧板側垂直応力 (σ_U) および反力板側垂直応力 (σ_L) と呼ぶ。垂直荷重は空圧シリンダーまたは手動ジャッキによって制御できる。

圧密定圧試験と圧密定体積試験を行った。圧密定圧試験は σ_U を一定に制御した試験（CPU 試験）と σ_L を一定に制御した試験（CPL 試験）を行った。定体積せん断は σ_U を制御した。各相対密度の供試体に対して、圧密圧力を100と200（kPa）に設定して上記3種類の方法でせん断した（本文では定圧試験の結果を示す）。

垂直荷重は、圧密過程ではすべての試験で空圧シリンダーで、せん断過程では、CPU 試験は空圧シリンダーで、CPL 試験とCV 試験は手動ジャッキで載荷した。上下せん断箱の隙間は0.2mm、せん断速度は0.2mm/minとした。

4. 結果及び考察

（1）せん断中の垂直応力の挙動

例として中詰め供試体のCPL試験とCPU試験の結果を示す。CPL試験（図2）ではせん断初期に供試体が圧縮する傾向を示し、加圧板側の垂直応力 σ_U が増加した。これは上向きの周面摩擦力が供試体に働いたためである。その後体積膨張が起こるとともに周面摩擦力は下向きになってその結果として σ_U が減少に転じた。CPU試験（図3）においては、ダイラテンシーの傾向と周面摩擦力の向きはCPL試験と同じであるが、反力板側の垂直応力 σ_L はCPU試験の σ_U と逆の変化を示している。なお、両試験ともせん断開始時に σ_U が σ_L より大きいのは圧密過程において供試体が圧縮したためである。

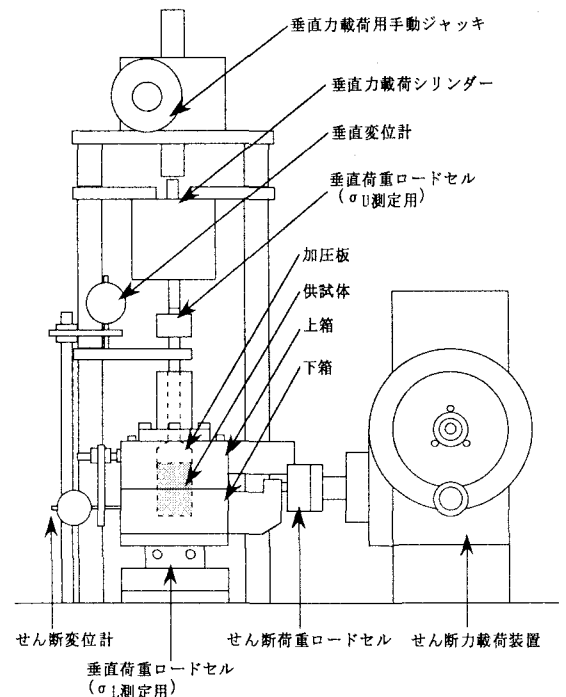


図1 試験装置

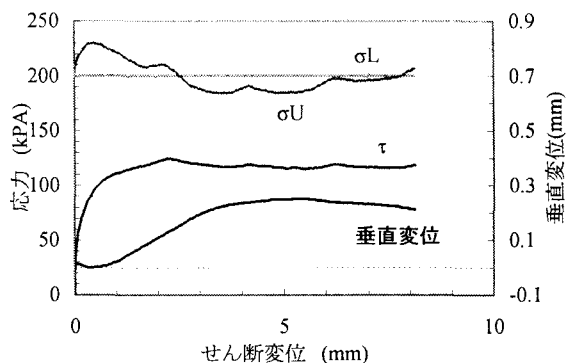


図2 中詰め供試体 CPL 試験 (200kPa) の結果

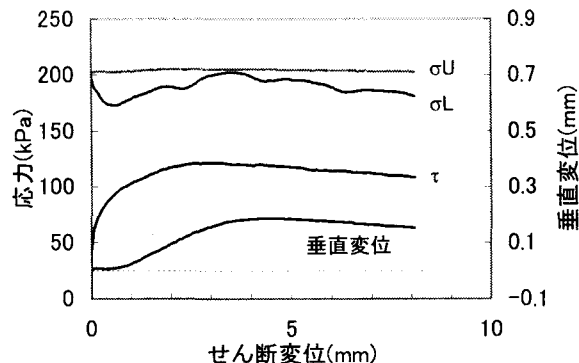


図3 中詰め供試体 CPU 試験 (200kPa) の結果

(2) 応力経路と破壊包絡線

どの試験においても2種類の垂直応力を測定しているので応力経路（および破壊包絡線）は2つできる．図4と5に中詰の結果を示す．図中実践は反力板側の垂直応力 σ_L を，破線は加圧板側の垂直応力 σ_U である．CPL試験（図4）では垂直応力として σ_L を用いても σ_U を用いても破壊包絡線に大きな違いは見られないが，CPU試験（図5）では両者に大きな違いが見られる．

図6と7に緩詰めの結果を示す．緩詰めにおいても，破壊包絡線が垂直応力の種類によって異なるという結果になった．密詰めも同様であった．

なお，詰め方によらず，加圧板側の垂直応力 σ_U で整理した場合に縦軸の切片（cd）が大きくなり傾き（ ϕ_d ）が小さくなる傾向があるようだ．

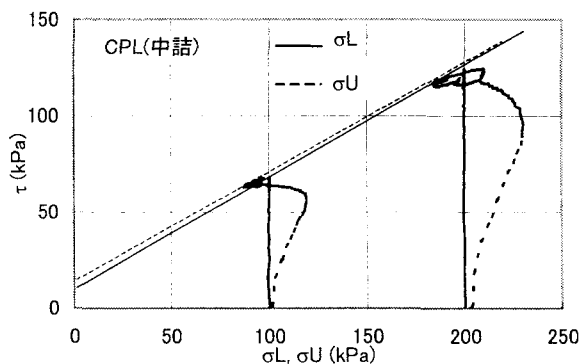


図4 中詰め供試体，CPL 試験

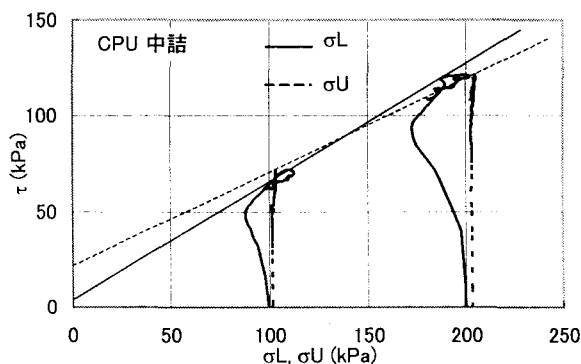


図5 中詰め供試体の CPU 試験．

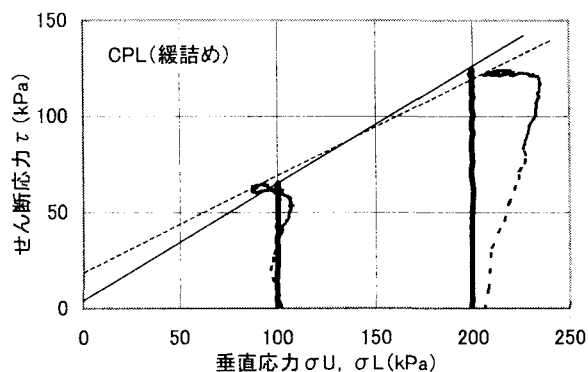


図6 緩詰め供試体の CPL 試験

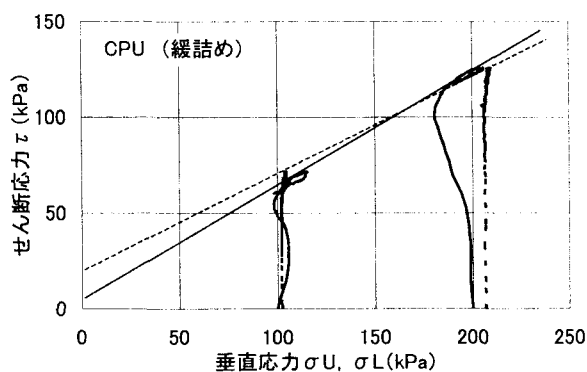


図7 緩詰め供試体の CPU 試験．

5. おわりに

試験方法と結果の整理方法が強度パラメータの決定に大きく影響することがわかった．反力板側の垂直応力を測定または制御できないタイプの試験機もまだ多く使われていると思われるが，その場合には試験条件を十分考慮して強度特性を評価しなければならない．