

III-272 排水繰返し単純せん断における砂の挙動

(財)大阪土質試験所 正員 ○ プラトン テジ B.S.
 東京大学生産技術研究所 正員 龍岡 文夫

1. まえがき: 地震, 交通荷重などにより盛土や斜面など土構造物における要素が単純せん断変形で繰返し載荷を受けることが多い。また, 単純せん断変形状態で地盤の液状化解析を行う際, 繰返し単純せん断における砂の変形特性を把握する必要がある。そこで, 本研究では, 筆者らにより開発された自動ねじり単純せん断試験装置を用いて砂の繰返し単純せん断試験を行い得られた結果について報告する。

2. 試料および実験方法: 試料に豊浦標準砂を用いて, 空中落下法で中空円筒供試体(高さ20cm, 外径10cm, 内径6cm)を作った。異方圧密($\sigma_{a0}'=1.0\text{kgf/cm}^2$, $\sigma_{ra}'=0.4\text{kgf/cm}^2$)した後, σ_a' 一定, ひずみ制御方式(せん断ひずみ速度 $=0.02\%/min$)で繰返し単純せん断試験を行った。試験装置および方法については文献(1, 2)を参照されたい。

3. 実験結果および考察: 繰返し載荷ごとにひずみが増大する様な実験を行った。実験データはすべて

(a) membrane力による応力値の補正, および(b) membrane貫入による補正を行っている。

3-1. 応力～ひずみ関係: 図-1に応力比(τ_{at}/σ_a')とせん断ひずみ(γ_{at})の関係を示した。この様な応力ひずみ関係はMasing's ruleでは説明できない(曲線 1' 2は点1を通らない)ことが分かる。しかし, 大ひずみレベルではMasing's ruleが適用できるように思われる。図-2に単純せん断時の有効応力経路を示した。繰返し載荷とともに平均有効主応力が増加して行く様子がみられる。これは単純せん断変形モードを保持するため供試体に作用する内, 外圧力が増加するためである。図-3にひずみ経路(測定された体積ひずみ(v)～ γ_{at} 関係)を示した。繰返し載荷と共に体積ひずみが正側(圧縮)に蓄積していく様子が見られる。この様な傾向は繰返し排水三軸試験および等方排水ねじり試験においても見られた。

3-2. 応力～ダイレクشنシー関係: 図-3に示した体積ひずみ(v)には圧密による成分(v_0)とせん断による成分(v_d)が含まれている。圧密試験の結果を用いて v_0 を算定し, v_d のみを求めた。塑性ひずみ増分比として $(-dv_d/d\gamma_{at}^p)$ を用いた。 $d\gamma_{at}^p$ は塑性せん断ひずみ増分である。

$\tau_{at}/\sigma_a' \sim (-dv_d/d\gamma_{at}^p)$ の関係を 図-4に示した。これらの関係はユニークな2本の直線で表現できることが分かる。載荷時($d\gamma_{at}>0$)と除荷時($d\gamma_{at}<0$)では繰返し回数に関係なくほぼ平行な直線で表現できる。ひずみ増分比として $(-dv/d\gamma_{at})$ を用いた場合は, この様なスムーズな関係にはならない(図-5)。図-4に(a)ブロックすべり理論,

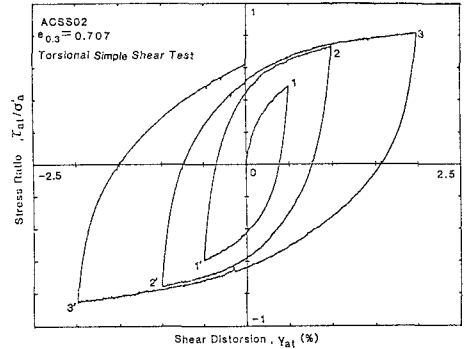


図-1 $\tau_{at}/\sigma_a' \sim \gamma_{at}$ 関係

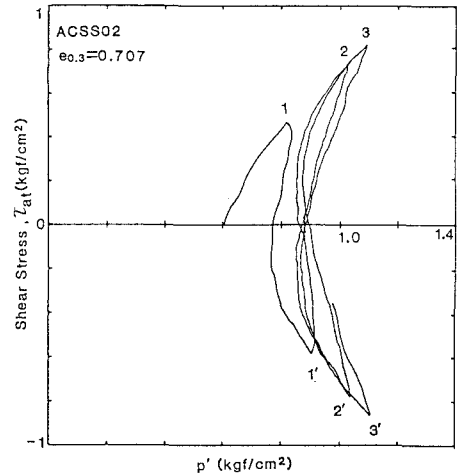


図-2 有効応力経路 ($\tau_{at} \sim p'$ 関係)

(b)修正 Rowe's theory, (c)修正Taylor's energy dissipation theoryによる計算結果も示した。Taylor's energy dissipation theory と実験データが一番よく対応している。しかし、実験データの直線の勾配が1(Taylor's theoryの勾配)より大きくなっている。理論の詳細については別途発表する3)。

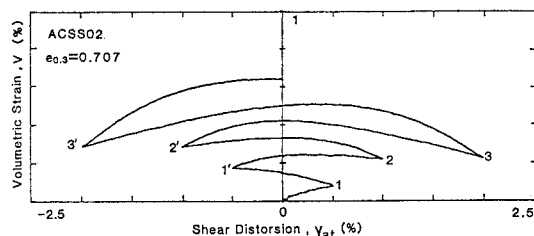


図-3 ひずみ径路 ($v \sim \gamma_{at}$ 関係)

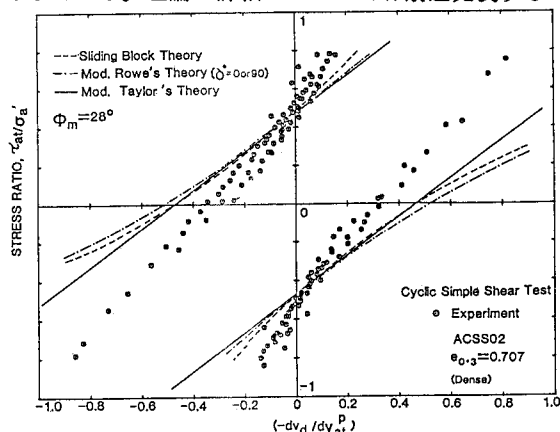


図-4 $\tau_{at}/\sigma_a' \sim (-dv_d/d\gamma_{at}^p)$ 関係

3-3.主応力方向の回転: 図-8に主応力方向の鉛直方向に対する角度(α)とせん断ひずみの関係を示した。繰り返し載荷とともに主応力方向が連続的に回転している。ここで特に注目したいのは載荷方向の反転直後に主応力方向が急激に約90° 反転し、この間、生じるひずみが非常に小さいことである。また大部分のひずみが生じている間の主応力方向の回転は少ない。

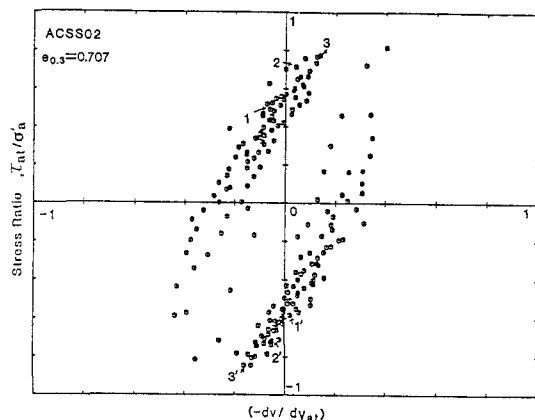


図-5 $\tau_{at}/\sigma_a' \sim (-dv/d\gamma_{at})$ 関係

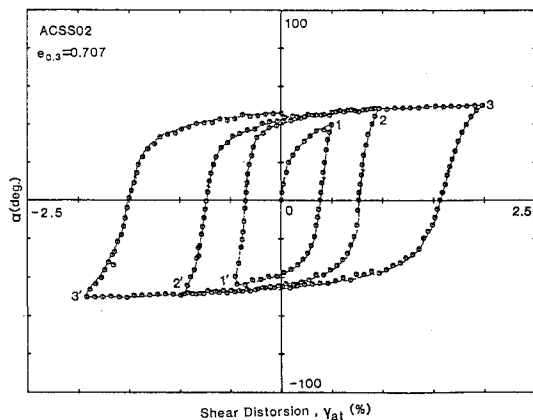


図-6 σ_1' 方向 $\sim$ せん断ひずみ関係

4. 結論: 得られた結論は次の通りである。(i)繰り返し単純せん断時における応力 $\sim$ ダイレタンシー関係は2本の平行な直線でユニークに表現できる。(ii)繰り返し単純せん断時における主応力方向は載荷方向の反転直後に急激に約90° 回転し、この間に生じるひずみは非常に小さい。

謝辞: 本研究は東京大学生産技術研究所で行われたものである。実験に関してご協力いただいた労働省の堀井宣幸氏に未筆ながら感謝する。

参考文献: 1)堀井, プラガン, 龍岡: 中空ねじりによる砂の自動単純せん断試験, 第22回土質工学研究発表会, 1987, pp.363~366. 2) Pradhan, Tatsuoka and Horii: Simple shear testing of sand in a torsional shear apparatus, 1988, S&F (accepted for publication). 3) Pradhan and Tatsuoka: On stress dilatancy equations of sand subjected to cyclic loadings, submitted to S&F in april 1988.