

中央開発株式会社
東京大学生産技術研究所

○ 園 田 昭 二
龍 岡 文 夫

1. はじめに 筆者らは、これまでに中空供試体を用いた飽和砂の排水ねじりせん断試験における内部摩擦角を調べてきた。今回は、ねじりせん断中における供試体の変形の高さ方向に対する一様性を調べ、どの程度のひずみまで要素試験（つまり、応力とひずみがその内部で一様なものの試験）とみなしてよいかを調べた。

2. 実験及び解析方法 豊満砂を用いて図-1に示すような中空円筒状の供試体を空中若下法で作成し、等圧圧空後排水せん断試験（せん断ひずみ速度 0.15%/min）を行った。実験装置は、図-1に示すように鉛直応力、せん断応力及びせん断ひずみを精度よく測定するために三軸セル内に二方向ロードセル、ポテンショメータを設置したものである。供試体の上下端面条件は、ポーラスストーンに刃または砂を付けた2通りとした。

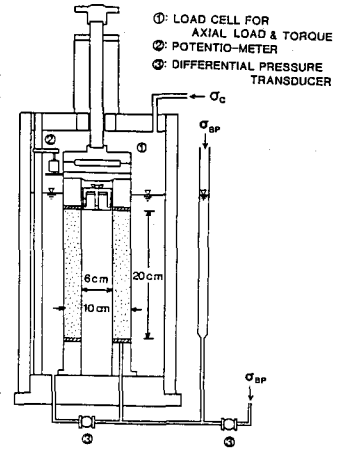


図-1 実験装置の構造

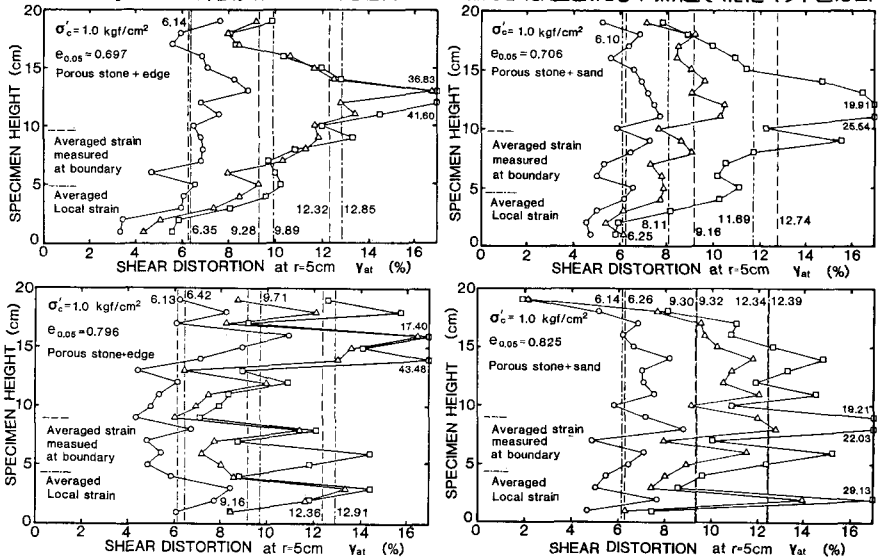
供試体の変形とひずみ分布の求め方は次のように行った。まず、供試体外側のメンブレンに供試体の動きと一致するようなマーカーをはり付け、せん断中に写真撮影を行う。その後、マーカーの座標を読み取り、線要素として供試体の変形とひずみ分布（局所せん断ひずみ）を求めた。また、三軸セル内のポテンショメータより求めたひずみを境界において測定された平均せん断ひずみ (Ave) とした。なお局所せん断ひずみは、供試体の外側 ($r=5\text{cm}$) におけるひずみとして表わしている。

3. 結果

① 端面条件による変形特性 図-2は、有効拘束圧 $\sigma'_c = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ 、密な砂 ($e_{0.05} = 0.7$)、緩い砂 ($e_{0.05} = 0.8$) について端面条件ごとに局所せん断ひずみの供試体高さ方向の分布を示したものである。これより、密な砂の場合では端面をポーラスストーン+砂とした時の方が明らかに局所せん断ひずみは小さな値を示し、測定された平均せん断ひずみよりも小さく、

端面ですべてのことが見える。しかし、緩い砂の場合は端面条件によるひずみ分布の違いはあまりない。以下、端面条件はポーラスストーン+刃とした実験の結果で議論する。

② 拘束圧による変形特性 図-3は、有効拘束圧 $\sigma'_c = 0.3, 2.0 \text{ kgf/cm}^2$ で密な砂におけるせん断中の供試体の変形状態を示す。これより、



① ポーラスストーン+刃

② ポーラスストーン+砂

図-2 端面条件ごとの局所せん断ひずみの分布（せん断ひずみは $r=5\text{cm}$ での値）

拘束圧が大きいほど変形が集中しやすいといえる。図-4は、有効拘束圧 $\sigma'_c=0.3, 2.0 \text{ kgf/cm}^2$ で密な砂と緩い砂における局所せん断ひずみの供試体高さ方向の分布を示す。これらの図より、①せん断ひずみ $\dot{\gamma}_t(r=5\text{cm}) \div 6\%$ ではほぼ一様変形していると思われる。②しかし $\dot{\gamma}_t(r=5\text{cm}) \div 6\%$

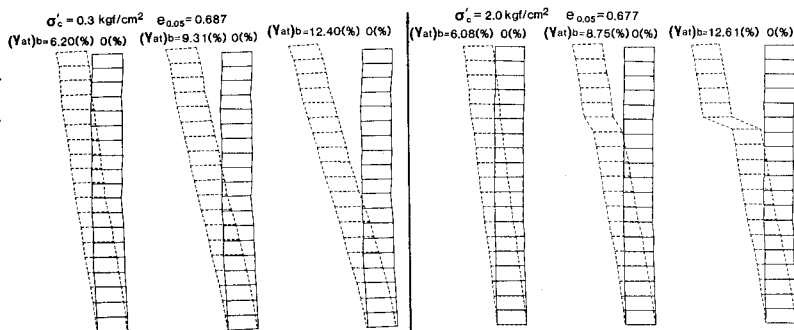
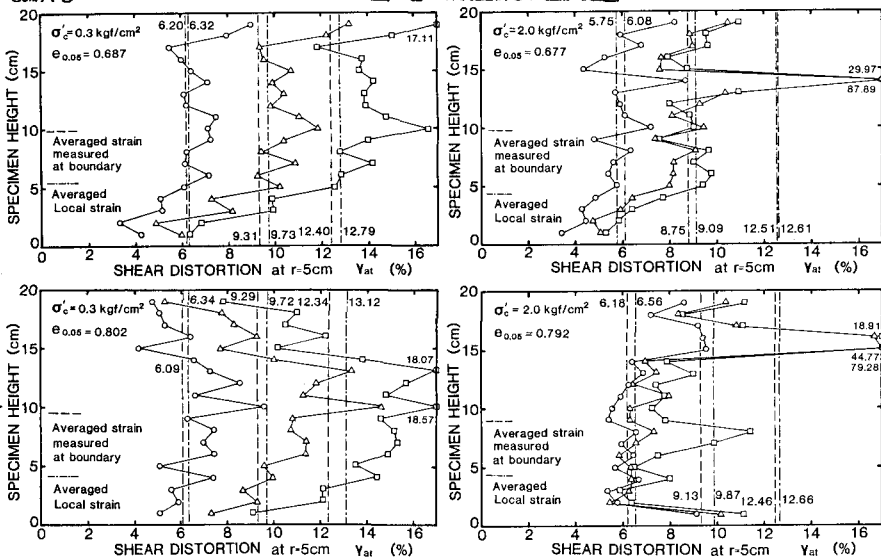


図-3 供試体の変形状態

% ($r=4\text{cm}$ では $6 \times 5 \div 5\%$)はまだピーク応力に達する前である(図-5)。この時に既にすべり面の形成の機微があり、非一様変形になりつつある。③ $\dot{\gamma}_t(r=5\text{cm}) \div 9\%$ よりすべり面の形成が明確となり拘束圧が大きいほど変形が集中している。④すべり面の出きる所に変形が集中し、拘束圧が大きいほど変形の集中の程度が大きい。⑤密な砂



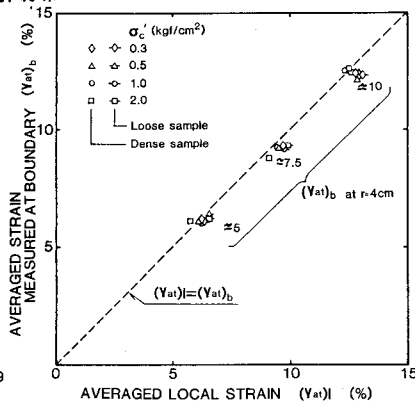
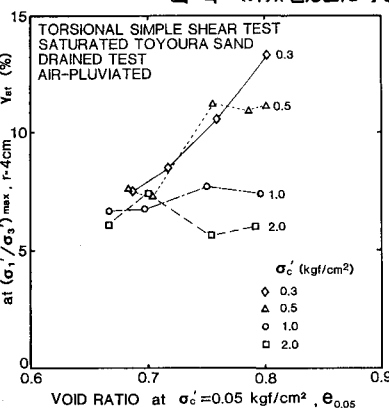
② $\sigma'_c = 0.3 \text{ kgf/cm}^2$

図-4 局所せん断ひずみ分布

④ $\sigma'_c = 2.0 \text{ kgf/cm}^2$

と緩い砂では変形の一様性はほぼ同様であるが、緩い砂の場合はすべり面が複数形成される傾向にある。⑥局所せん断ひずみの分布は供試体の上下端面よりも中央部付近が大きな値を示している。

図-6は、平均局所せん断ひずみと供試体境界における平均せん断ひずみの関係を示



し、図中の破線は(平均局所せん断ひずみ)/(平均せん断ひずみ)の関係。図-6 平均局所せん断ひずみと平均せん断ひずみの関係。せん断ひずみ=(測定平均せん断ひずみ)/2である。これより、いずれも破線に近い値で、端面すべりが生じてないことを示している。

4 まとめ 今回行った砂のねじりせん断試験は端面にポラストンナヲを用いて、 $\dot{\gamma}_t(r=5\text{cm}) \div 6\%$ または $\dot{\gamma}_t(r=4\text{cm}) \div 5\%$ までほぼ一様な変形であり、要素試験とみなせるようである。

<謝辞> 本研究は東京大学生産技術研究所において実施したものであり、実験及び解析に際して御指導、御援助をいただいた研究所の皆様に感謝の意を表します。

<参考文献> 1) 図田ら:ねじりせん断と平均ひずみ圧縮せん断における砂の変形強度特性 (第20日土木学会大会 1985)