

法政大学

東京大学大学院

(株)建設企画コンサルタント

東京大学生産技術研究所

学生員 〇高木 昌人

学生員 後藤 聡

正会員 鳥居 剛

正会員 龍岡 文夫

1. まえがき 砂の正しい変形特性を知るためには供試体に均一なひずみが生じねばならない。そこで、端面の拘束をなくすLubrication層が必要である。しかし、端面への砂粒子の貫入(BE)が生じ、軸ひずみ、体積ひずみに誤差をもたらす。この量がどの程度あるのかを知るために若干の試験を行ったので報告する。

2. 実験方法 端面への砂粒子の貫入量(BE)を求めるために、供試体寸法を高さ15, 7, 4, 2 cm 径2.0 cmで試験を行い、同一応力時におけるひずみ量のちがいを、BE量を求めた。試料は、豊満砂を用い供試体の作成は空中落下法により作成した。軸変位の測定は、等方圧時には非接触変位計を使用し、せん断時には、ストレインゲージタイプの変位計を併用した。体積変化は、等方圧時にはビューレットを用い、せん断時には差圧計により測定を行った。

3. 実験結果 最適な端面摩擦除去の方法を見つけるために、図-2に示すようなLubrication層の直持せん断試験を行った。Steel Plateの表面アウサは、 $\pm 0.035 \mu\text{m}$

であった。グリースは均一にぬれる器具を製作しグリース層厚を $50 \mu\text{m}$ にし、端面のメンブレンは厚さ $300 \mu\text{m}$ のものをを用いた。また、一層系にするか、二層系にするかについては、メンブレンやグリースのぬけ出しが小さい方がよいことから一層系とした。実際の三軸試験においては、Lubrication層に働く軸方向応力は、 $1.0 \sim 4.5 \text{ kgf/cm}^2$ 程度となるので、図-2よりDOWグリースの方が有効であると判断しDOWグリースを用いた。三軸圧縮試験の結果高さがちがって、内部摩擦角 ϕ の値が変わらないことから、このLubrication層は端面摩擦除去に有効であるといえる。(図-3)

(1). 等方圧時の端面への砂粒子の貫入量(ΔBE)

高さが異なる供試体での軸ひずみ測定値を用いて、端面への砂粒子の貫入量を次式より求めた。

$$(\epsilon_a)_m = (\epsilon_a)_t + \frac{2 \cdot \Delta BE}{H} \quad \text{----- (1)}$$

ΔBE : 端面への砂粒子の貫入量, $(\epsilon_a)_m$: 測定された軸ひずみ, $(\epsilon_a)_t$: 真実の軸ひずみ, H : 供試体高さ

図-4は $(\epsilon_a)_m$ と σ_c の関係を示しており、供試体高さの違いによって $(\epsilon_a)_m$ が異なることがわかる。図-5は式(1)の関係を図示したもので圧液中($\sigma_c' = 0.28 \sim 0.93 \text{ kgf/cm}^2$)の ΔBE はセルの膨張量(約 $8 \mu\text{m}$)を補正して $13 \mu\text{m}$ である。

(2). 等方圧時の端面への砂粒子の貫入による体積変化量

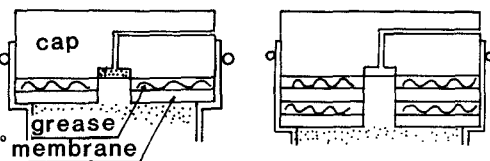


図-1 一層系

二層系

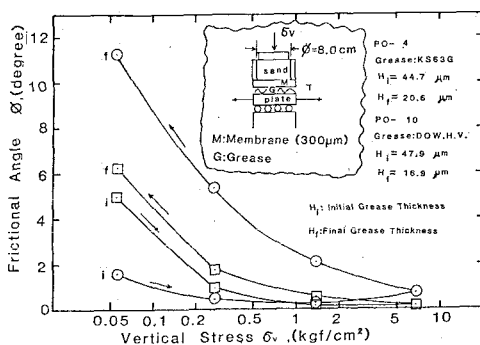


図-2

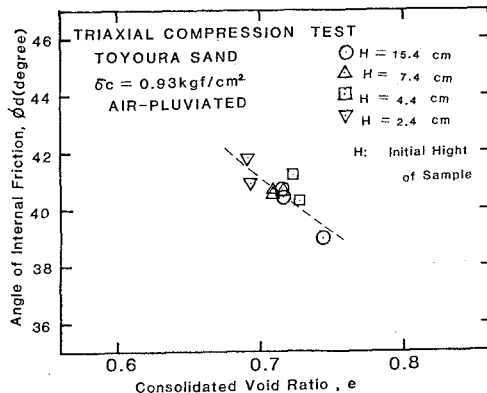


図-3

端面への砂粒子の貫入によって生じる体積ひずみを次式により求めた。

$$(\epsilon v)_m = (\epsilon v)_t + \frac{q}{D} S_{mp} + \frac{2}{H} \Delta S_{BE} \quad \text{--- (2)}$$

$(\epsilon v)_m$: 測定された体積ひずみ, $(\epsilon v)_t$: 真の体積ひずみ

S_{mp} : 単位面積あたりの砂粒子が側方メンブレンに貫入する体積

ΔS_{BE} : 単位面積あたりの砂粒子が端面に貫入する体積, D : 供試体の直径

図-6 は式(2)の関係を示しており、圧密中 ($\bar{\sigma}_c = 0.28 \sim 0.93 \text{ kgf/cm}^2$) の ΔS_{BE} は $0.17 \times 10^{-2} \text{ cm}^3/\text{cm}^2$ である。

(3) せん断時の端面への砂粒子の貫入量 (ΔBE)

ΔBE は、式(1)より求めた。高さの低い供試体 ($H = 7.42 \text{ cm}$) の圧密後の間隔 ϵ (図-3) は $H = 15 \text{ cm}$ の $e - \log P$ 曲線を用いて推定した。図-7, 8 は、 $\bar{\sigma} = 0.5, 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ における $(\epsilon a)_m \sim 1/H$ の関係を示している。 $(\epsilon a)_m$ は e がバウツているため内挿により推定し求めた $e = 0.72$ の時の値である。

ΔBE は、 $\bar{\sigma} = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ では $9 \mu\text{m}$, $\bar{\sigma} = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ では $13 \mu\text{m}$ である。

ΔBE と軸方向応力 ($\bar{\sigma}_a$) の対数との間に直線関係があるとして、その傾きを S とすると、等方圧密時は $S = 0.025 \text{ mm}$, せん断時における $\bar{\sigma} = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ の時、 $S = 0.048 \text{ mm}$, $\bar{\sigma} = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ の時、 $S = 0.041 \text{ mm}$ となる。等方圧密時よりせん断時の方が砂粒子の貫入が大きいといえる。

4. まとめ 本実験により次のことがわかった。

1. 一層分の Lubrication 層で端面の摩擦は十分除去できる。
2. 高さの低い供試体では、Lubrication 層への砂粒子の貫入のために砂の剛性を過少評価する。
3. Lubrication 層への砂粒子の貫入は、軸ひずみだけでなく体積ひずみにも誤差をもたらす。少なくとも圧密中は単位面積あたりの体積ひずみ誤差と軸ひずみ誤差はほぼ同じ値である。

<謝辞> 本研究は東京大学生産技術研究所で実施したものである。実験を行うにあたり協力いただいた龍岡研究室の方々に末筆ながら感謝の意を表します。

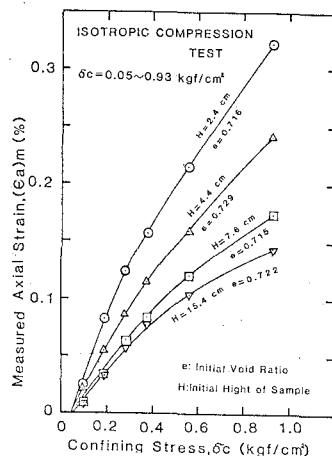


図-4

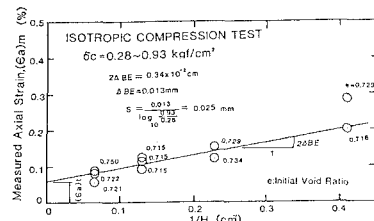


図-5

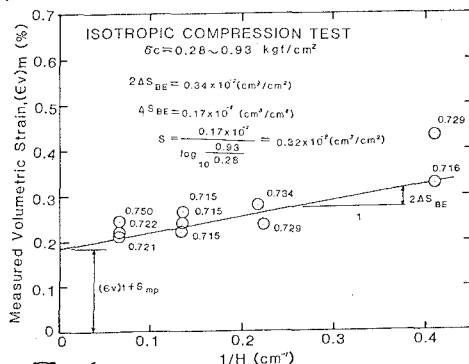


図-6

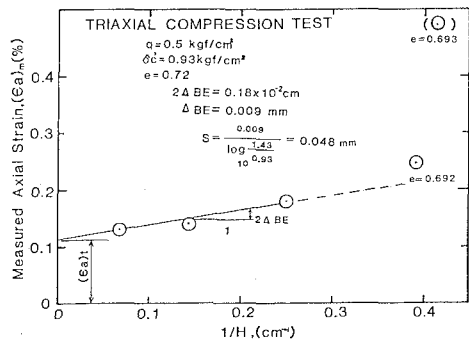


図-7

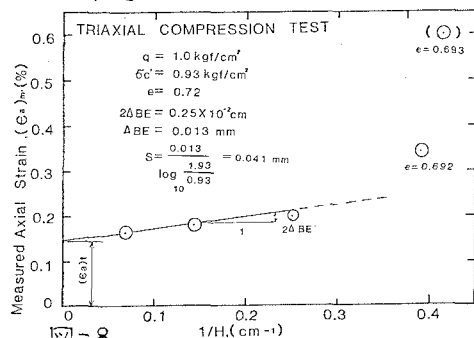


図-8