

東京大学大学院

○学生員 後藤 聡

滝沢建設

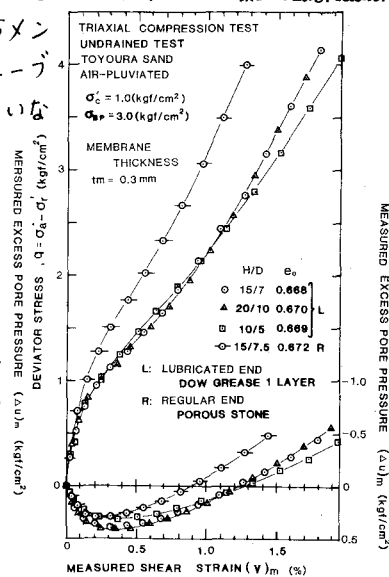
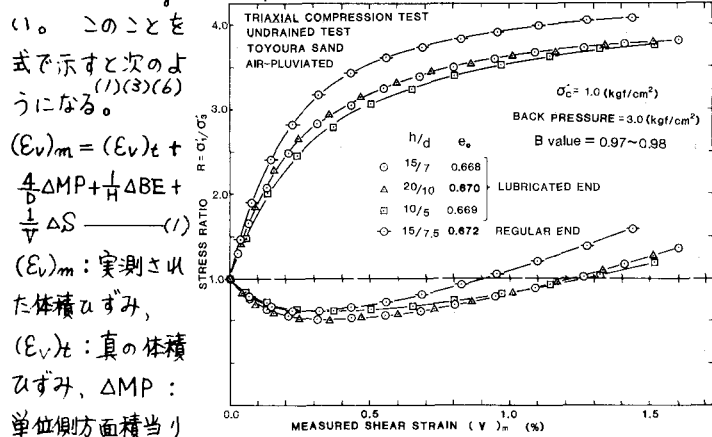
正会員 滝沢 武夫

東京大学生産技術研究所 正会員 龍岡 文夫

1. まえがき 三軸試験を行う場合重要なことは、供試体は必ず要素としての条件を満足しなければならないことであり、要素とは、応力ひずみの分布が一樣であることをいう。もし要素試験が成立するのであれば、応力ひずみ関係は、供試体の境界条件・寸法・形状の影響を受けないはずであるが、実際の砂の応力ひずみ関係は、(1)供試体の境界面に生じるひずみの誤差、(2) dilatancy により変形が集中する、などのために、供試体の境界で測定された応力ひずみ関係は見かけの平均的なものでしかない。供試体の境界条件や形状が排水三軸圧縮試験に与える影響は概に発表済みであるので、今回は、供試体の寸法および端面の拘束条件が非排水三軸圧縮試験に与える影響について調べるとともに、双曲線近似のパラメータを用いてこれらの影響を定量的にとらえ、排水試験の結果と比較する。

2. 実験方法 実験に使用した供試体寸法は、 $h/d = 20\text{ cm}/10\text{ cm}$, $15/7$, $10/5$ の三種類で、一樣に変形するように、上下端面には端面摩擦軽減層 (Lubricated end) を用いている。Lubricated end は、 0.3 mm のゴム膜に Dow grease を正確に $60\text{ }\mu\text{m}$ 塗ったものを表面が十分に滑らかな (粗度約 $0.5\text{ }\mu\text{m}$) ステンレス製のキャップ・ペダスタルに grease を介して付着させたものである。詳しい作成方法は文献(3)(4)を参照のこと。供試体は豊浦標準砂を用い、空中落下法により作成し、 $\sigma'_c = 0.3\text{ kgf/cm}^2$ で自立させ、 $\sigma'_c = 1.0, 3.0\text{ kgf/cm}^2$ でせん断を行なった。せん断はひずみ制御で行ない、載荷速度は $0.25\%/min$ とした。過剰間隙水圧 (Δu) は高容量差圧計⁽⁵⁾を用いて測定した。

3. 実験結果および考察 図-1, 2, 3に、 $\sigma'_c = 1.0\text{ kgf/cm}^2$ の時の非排水三軸圧縮試験結果を示す。図-1, 2からわかるように、端面が拘束されていると、また供試体寸法が大きくなる程、正の過剰間隙水圧 (Δu) が発生しにくく、軸差応力や主応力比も大きくなる。図-3の Stress Path を見れば Δu の発生の方がよくわかる。等体積条件を満足させるために、排水コックを締めているが、砂粒子が上下端面の Lubrication 層に貫入するために生じる体積変化 (Bedding error)、砂粒子の間に側方メンブレンが導入するために生じる体積変化 (Membrane Penetration)、チューブなどの膨張 (System Compliance) などのために、等体積条件とはなっていない。このことを



のエラー量 (ml/cm^3), 図-1, せん断ひずみと主応力比 σ'_1/σ'_3 の関係 (非排水)

図-2, σ'_1/σ'_3 と Δu の関係

ΔBE : 上下端面への砂粒子の貫入量 (mm), ΔS : System Compliance (cm^3), D : 供試体直径, H 供試体高さ, V : 供試体体積。よって, $(\epsilon_v)_t = (\epsilon_v)_m = 0$ となるためには, D, H, V を大きくすればよいことになる。等方圧密時および排水三軸圧縮時の $\Delta BE, \Delta MP, (\epsilon_a)_t, (\epsilon_v)_t$ の求め方は文献(1)(3)を参照のこと。図-4は, $\sigma'_c = 3.0 \text{ kgf/cm}^2$ の時の Stress Path であるが, 供試体の寸法の影響が明確に現われている。つまり, 式(1)より供試体の直径が小さいほど $\frac{1}{3}\Delta MP$ の項が大きくなり, 供試体の体積変化を許し, Stress Path が 1:3 の全応力径路に近づく。それでは, どのような方法で正確な Stress Path を求めることができるのであろうか。次の3つが考えられる。(i) 式(1)が示すように, 供試体寸法を大きくすると生じる体積ひずみも十分小さくなり等体積条件に近づく。(ii) あらかじめ Membrane Penetration 量と側圧の関係を求めておき, せん断中に Membrane Penetration が生じないように側圧をマイコンで制御する。(?) (iii) 何らかの方法で実験結果を補正する。(iii)の補正ができればこれがベストであるが, Membrane Penetration 量は粒径に関する(8)単純に精度よく補正することはできない。

次に, Konder の双曲線近似を用いて応力ひずみ関係を定量的に比較する。(9) 詳しい説明は文献(9)(10)に譲

るが, 図-5に示すように, $\frac{\gamma}{R-R_0}$ と γ の関係をプロットすれば両者は直線関係となり, その切片が初期剛性の逆数に有効拘束圧をかけたもの $(\frac{\sigma'_v}{C_1 E_0})$ 傾きが $\gamma \rightarrow \infty$ の時の R の逆数 $(\frac{1}{C_2 R_{\infty} + R_0})$ を表わす。 C_1, C_2 は補正係数で, E_0 は真の初期剛性である。このパラメータを用いて, 排水と非排水のデータを比較したのが図-6で, $\gamma-R$ で整理すると同じ間隙比に対して排水条件によらず, パラメータの値はほとんど同じであることがわかる。

4. 結論 (1) 供試体寸法が小さい場合は種々のエラーにより等体積条件とはならず正確な非排水試験を行うことができない。(2) 双曲線近似のパラメータは排水条件によらない。

謝辞 本実験に用いた試験機その他の部品は東大生研試作工場で製作した。未筆ながら感謝の意を表します。

参考文献 (1) 後藤 龍院 浩, 土質工学, 1982, 2, 10 (2) 龍院 浩, 土質工学, 1982, 2, 10 (3) 後藤 龍院 浩, 土質工学, 1982, 2, 10 (4) 後藤 龍院 浩, 土質工学, 1982, 2, 10 (5) 後藤 龍院 浩, 土質工学, 1982, 2, 10 (6) 後藤 龍院 浩, 土質工学, 1982, 2, 10 (7) 後藤 龍院 浩, 土質工学, 1982, 2, 10 (8) 後藤 龍院 浩, 土質工学, 1982, 2, 10 (9) 後藤 龍院 浩, 土質工学, 1982, 2, 10 (10) 後藤 龍院 浩, 土質工学, 1982, 2, 10

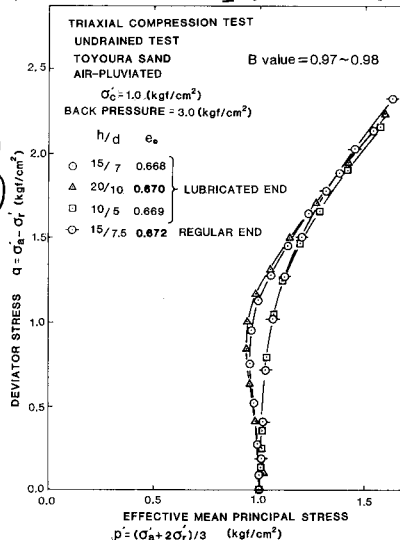


図-3, Stress Path ($\sigma'_c = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$)

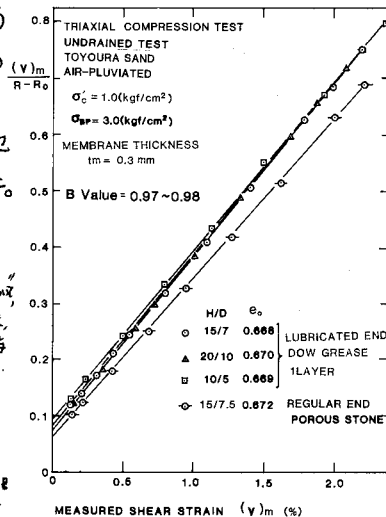


図-5 $\gamma - \frac{\gamma}{R-R_0}$ 関係を双曲線近似する場合の

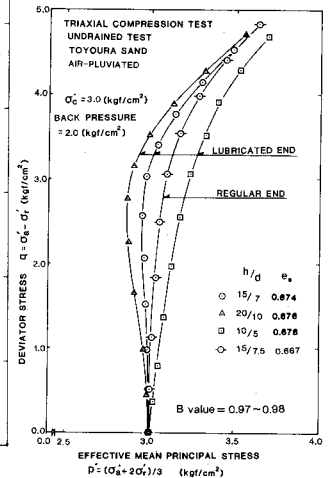


図-4, Stress Path ($\sigma'_c = 3.0 \text{ kgf/cm}^2$)

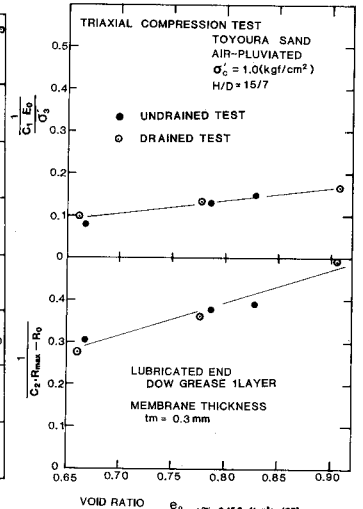


図-6, 双曲線近似のパラメータと密度の関係