

日本大学生産工学部 学生員 ○田所 治
 東京大学大学院 学生員 福島 伸二
 東京大学生産技術研究所 正員 龍岡 文夫

はじめに) 砂の力学特性を調べるための要素試験として最もよく行われる三軸試験は供試体が円柱で側方の応力状態が同じ ($\sigma_2 = \sigma_3$) であるという制約を受けている。しかし原位置の応力状態は3主応力の大きさが異なる (σ_1 と σ_2 と σ_3) ことがほとんどであり、砂の強度にその中間主応力 σ_2 が影響することは明らかである。そこで供試体を直方体にして側方の一方向 (σ_2 方向) に拘束板をつけて3主応力の異なる平面ひずみ圧縮試験と三軸圧縮試験を行いその強度と比較した。

実験方法) 供試体は豊浦標準砂を用い、三軸試験 (直径7cm 高さ15cm) は空中落下法で作製し、平面ひずみ試験 (8cm × 4cm × 8cm) は空中落下法で作製したものと凍結融解したものである。キャップとピストンロッドは固定されていて端面はメンブレンとシリコングリース (KS63G) により端面摩擦を除去している。(図1) 完全飽和にするため供試体内の空気をCO₂に置き換え脱気水を通す。背圧 ($\sigma_{bp} = 2.0 \text{ kg/cm}^2$) をかけ三軸試験は等方圧密、平面ひずみ試験はK₀圧密 ($K_0 = 0.52$ 程度) 後、排水せん断を行った。 $\sigma_v = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ 以下の試験は差圧計を用い直接供試体の内外圧差を測定している。実験装置等については龍岡らにより詳しく報告されているので参照されたい。

実験結果) 内部摩擦角 (以後 ϕ_d と呼ぶ) は最大応力比 $(\sigma_1/\sigma_3)_{\max}$ より計算した。自重の影響を考えて自重の補正を供試体中央部で軸応力のみを行った。 $(\Delta \sigma_2 = \frac{G_s - 1}{1 + e} \cdot \gamma_w \cdot \frac{h_s}{2}$ h_s : 供試体高さ) またせん断中のビュレットの水位の変化とセル水位の関係により有効な側圧 σ_r が変化するののでこの水位による補正を行った。

低拘束圧の試験の場合メンブレン力の影響が大きくなるので拘束圧 $\sigma_r = 0.1 \text{ kg/cm}^2$ でメンブレン厚が0.3mm・0.1mmと厚さが異なるメンブレンを用いて実験を行いメンブレン力の影響を調べた。メンブレン厚さのちがいによる ϕ_d を図2-1に示した。この場合メンブレン厚さ以外の条件は等しいので結果の差はメンブレン力によるものだと考えて良い。この図からメンブレンの厚さのちがいによる差があることがわかり、

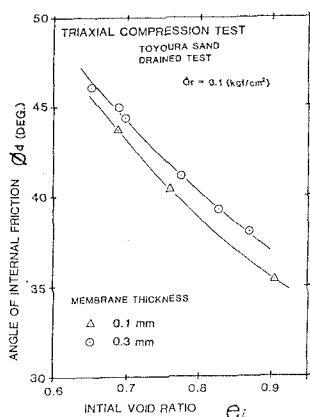
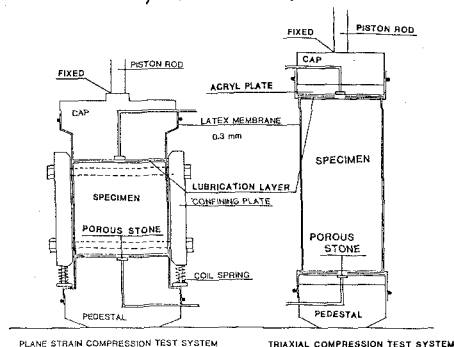


図2-1

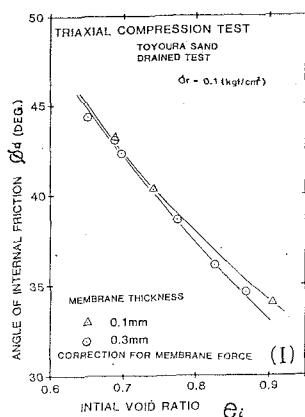


図2-2

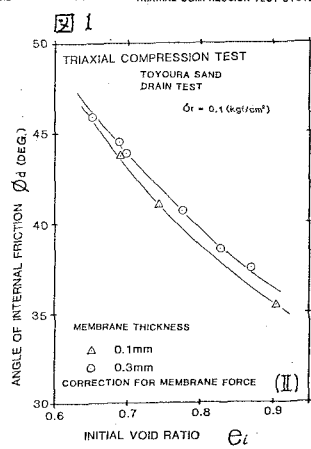


図2-3

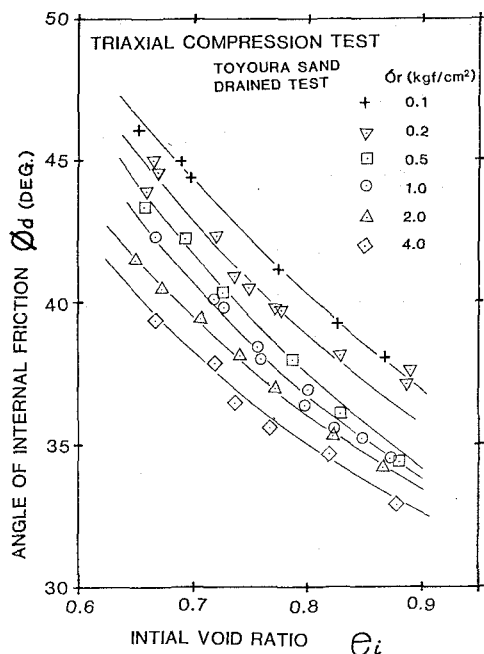


図3

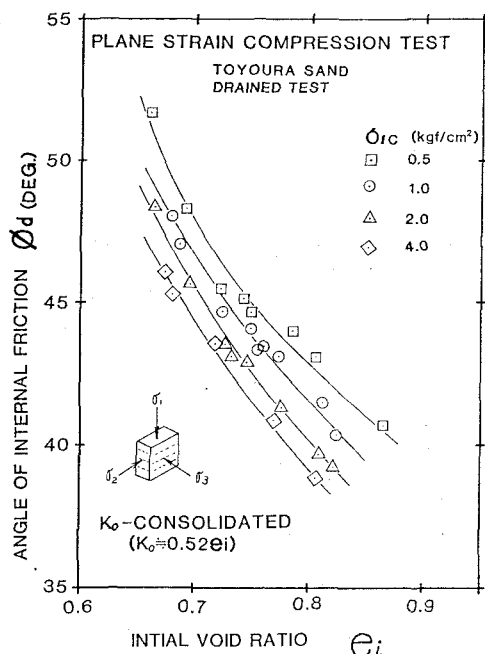


図4

つまりメンブレン力の補正をする必要があることは明確である。メンブレンの補正を次の2つの方法で行ってみた。

補正法(I) $\Delta\sigma_r = -2\frac{t}{d} \cdot E_m \cdot \epsilon_{om}$

E_m :メンブレンの弾性係数

補正法(II) $\Delta\sigma_a = -\frac{8}{3}\frac{t}{d} \cdot E_m (2\epsilon_{ant} + \epsilon_{om})$

ϵ_{om} :メンブレンの側方ひずみ

$\Delta\sigma_r = -\frac{4}{3}\frac{t}{d} \cdot E_m (\epsilon_{am} + 2\epsilon_{om})$

E_m :メンブレンのヤング率

(15.2 $\times 10^4$ kg/cm²)

t :メンブレンの厚さ

d :メンブレンの試験中直径

図2-2は補正法(I)・図2-3は補正法(II)における ϕ_d の関係を示した。もし補正方法が正しいならば厚さの異なるメンブレンのそれぞれの補正結果が一致するはずであるが、図のように一致していない。真の値は補正法(I)と(II)の間にあるようでどちらの補正も適切でないことがわかる。そこで以下の三軸圧縮試験のデータはメンブレンの補正をしない厚さ0.3mmのメンブレンを用いた試験の結果のみを示すことにする。また平面ひずみ圧縮試験の結果もメンブレンの補正をしていない。

三軸圧縮試験と平面ひずみ圧縮試験の ϕ_d と間ゲキ比の関係を図3・図4に示した。三軸圧縮試験の ϕ_d と間ゲキ比の関係は拘束圧により異なり、同じ間ゲキ比では拘束圧が高いほど ϕ_d は小さい。この傾向は平面ひずみ圧縮試験についてもあてはまる。次に両試験の差を比較するために破壊時(σ_3/σ_1 時)の平均主応力を求めて両試験における ϕ_d を比較した結果を図5に示した。但し平面ひずみ圧縮試験では $b = (\frac{\sigma_2 - \sigma_3}{\sigma_1 - \sigma_3}) = 0.3$ として破壊時の平均主応力を計算した。図より同じ平均主応力でも平面ひずみ圧縮試験の ϕ_d は三軸圧縮試験の ϕ_d にくらべて大きくなっている。

<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。実験に使用した試験装置はすべて試作工場で作製したもので試作工場のスタッフの方々に末筆ながら感謝の意を表します。

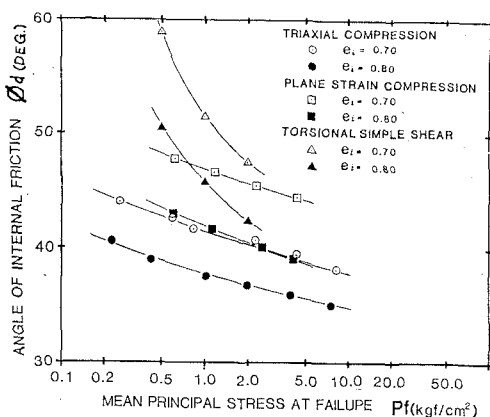


図5