

東京大学大学院 学生員 O坂元 信
 東京大学生産技術研究所 正員 龍岡丈夫
 フジタ工業(株) 正員 福島伸二

§1. まえがき

砂の三軸圧縮試験を低拘束圧下で行なう場合、メンブレン力に対する補正が必須であることは既に指摘されてきている。今回、メンブレン力に対する応力補正について慎重に検討しなおした結果、筆者らの従来の補正法に関する見解に一部修正すべき点があることが分ったので、謹んで訂正する次第である。

§2. メンブレン力に対する応力補正の考え方

供試体に加えた応力の一部はメンブレンにも加わり、両者の変形特性は異なるので、供試体は変形するに伴ない、メンブレンにより拘束応力を受ける。この拘束応力を補正しなければならないが、この応力は直接に測定できない。そこで、次の2つの考え方で応力補正を行なう。すなわち、(A)メンブレン力の弾性計算による方法と、(B)ストレス-ダイレイタンスー関係に基づく方法である。

(A)は、メンブレンの変形を仮定して求める方法である。すなわち、メンブレンは供試体と離れることなく変化し、弾性変形するものと仮定する。(A)の方法には、次の3つの方法がある。1). 2)

〔方法Ⅰ〕 メンブレンが常に薄肉円筒形であると仮定して計算する方法である。 $\Delta\sigma_{am} = -\frac{8}{3} \frac{E_m t}{d} (2\epsilon_{am} + \epsilon_{\theta m})$, $\Delta\sigma_{rm} = -\frac{4}{3} \frac{E_m t}{d} \times (\epsilon_{am} + 2\epsilon_{\theta m})$, t はメンブレンの厚さ, d は供試体直径, ϵ_{am} はメンブレンの軸方向ひずみ(圧縮正), $\epsilon_{\theta m}$ は円周方向のひずみ(圧縮正)である。 $\epsilon_{am} = \epsilon_a$ (供試体の軸ひずみ), $\epsilon_{\theta m} = (d_m - d)/d_m$

〔方法Ⅱ〕 メンブレンの軸方向変形と円周方向変形が無関係に生ずる、と仮定する方法で、 $\Delta\sigma_{am} = -\frac{4}{3} \frac{E_m t}{d} \epsilon_{am}$, $\Delta\sigma_{rm} = -\frac{2}{3} \frac{E_m t}{d} \epsilon_{\theta m}$ である。

〔方法Ⅲ〕 メンブレンに座屈が生じ、メンブレン内の軸力はゼロになるという仮定をする方法で、 $\Delta\sigma_{am} = 0$, $\Delta\sigma_{rm} = -\frac{2}{3} \frac{E_m t}{d} (\epsilon_{am} + 2\epsilon_{\theta m})$ である。

§3. 各補正法の検討

まず、方法Ⅱで補正すると、① t_0 (メンブレン初期厚さ) = 0.1 mm での ϕ の方が $t_0 = 0.3$ mm での ϕ よりも大きくなること、② 力学的にも不合理であること、は既に述べられているとおりである。

そこで方法Ⅰ、Ⅲによる応力補正について、以下検討する。

図1は、 $(\sigma_3)_f = 0.058 \sim 0.070$ kgf/cm² で $t_0 = 0.1$ mm と 0.3 mm に対する、①メンブレン力に対して補正していないデータ、②方法ⅠまたはⅢで応力補正したデータを示したものである。これから、方法Ⅰ、Ⅲで補正すると、ともに $t_0 = 0.1$ mm, 0.3 mm で同じ ϕ が得られること、方法Ⅰで補正した ϕ と方法Ⅲで補正し

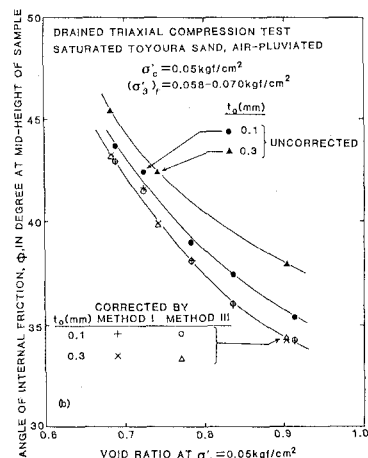


図1. メンブレン力補正法の比較

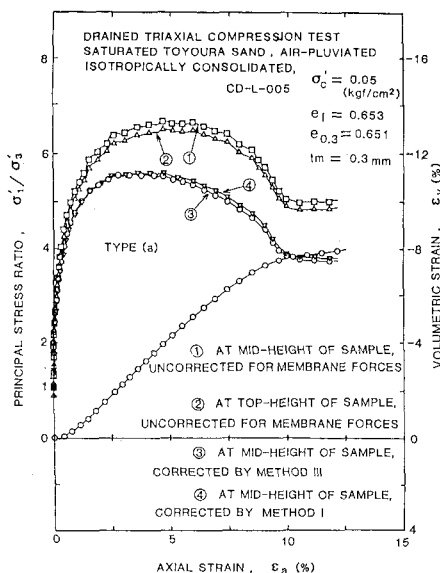


図2. 種々の応力補正

た ϕ とは一致していることがわかる。図2は、拘束圧 0.05 kgf/cm^2 で軸ひずみ $\sim$ 主応力比の関係を、メンブレン力に対して無補正の場合と補正方法Ⅰ、Ⅲにより補正した場合について示したものである。方法ⅠとⅢで補正したものを比較すると、ピーク時(3~4%)までは両者の ϕ はほぼ一致しているが、それ以降は $\phi_{\text{Ⅰ}}$ が $\phi_{\text{Ⅲ}}$ より大きくなっている。また、載荷中の供試体の写真から判断すると、ピーク時にはメンブレンの座屈は生じていないことが明らかになった。したがって、メンブレン内の軸力がゼロになるという仮定をする方法Ⅲは、力学的に不合理であると考えられる。図3に示すように、方法Ⅰで補正すると、 $t_0 = 0.1 \sim 0.3 \text{ mm}$ の範囲に対して ϕ の値は t_0 によらない。しかし、 $(\sigma'_3)_{f,c}$ が小さいほど ϕ の値は小さくなっている。図3および同様のグラフから $e_{0.3} = 0.7$ と 0.85 に対する $(\sigma'_3)_{f,c} = 0.029 \sim 0.51 \text{ kgf/cm}^2$ のときの方法Ⅰで補正した供試体半高さでの ϕ を $\log \sigma'_3$ に対してプロットすると、図4において Δ 、 $\bullet$ 印で示す曲線が得られた。これを見ると $\sigma'_3 < 0.1$

kgf/cm^2 で、 σ'_3 の減少とともに ϕ の値が減少している。これは、 $0.029 \sim 0.060 \text{ kgf/cm}^2$ に対する ϕ の値が過小評価されていることによるものと考えられる。そこで、方法Ⅰで応力補正した供試体半高さでの応力値を用いたストレス-ダイラタンシー関係を図6に示す。これを見ると、 $(\sigma'_3)_{f,c} = 0.029 \sim 0.060 \text{ kgf/cm}^2$ において

は、 $(\sigma'_3)_{f,c} = 0.51 \sim 4 \text{ kgf/cm}^2$ に対して得られた関係よりも下に位置している。ストレス-ダイラタンシー関係が拘束圧によらないと仮定すると、確かに $0.029 \sim 0.060 \text{ kgf/cm}^2$ に対する ϕ の値が過小評価されていると言えよう。その理由として自重の影響が考えられる。そこで、供試体下端で、方法Ⅰで補正して求めたのが図4の Δ 印である。この場合は $\sigma'_3 < 0.1 \text{ kgf/cm}^2$ でも ϕ はほぼ一定である。また、(B)の方法で試みた補正結果²⁾が、図4で、 $\square$ 印で示すデータである。すると、(B)の方法で補正した ϕ の値も、自重の影響を考慮した方法Ⅰ(この場合は方法Ⅲも同様)でメンブレン力補正をした値(Δ)とほぼ一致する。

§4. 結論 ①超低拘束圧三軸試験においては供試体内応力をより正確に把握するためには、自重の影響、メンブレン力の影響を厳密に評価すべきである。②密砂に限れば、メンブレン力に対する補正方法ⅠとⅢは、同じ ϕ を得る。

<参考文献> 1) 福島伸二: ねじりせん断試験による砂の変形・強度特性の実験的研究, 東京大学工学部博士論文, 1983. 3. 2) 龍岡, 福島, 生原: 低圧下における砂の三軸圧縮試験と模型支持力試験, 土と基礎, vol. 32, No. 2, 1984. 2. 3) 坂元 信: 低拘束圧下の砂の三軸圧縮試験, 第19回土質工学研究発表会発表論文, 1984. 6.

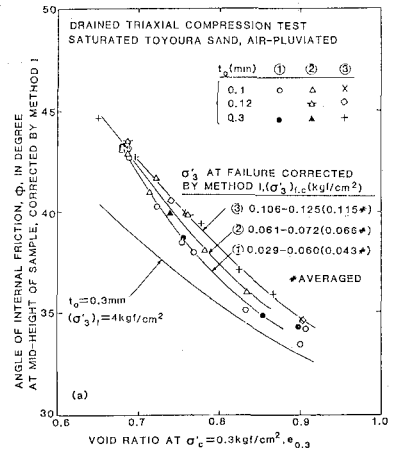


図3. 方法Ⅰで補正した ϕ

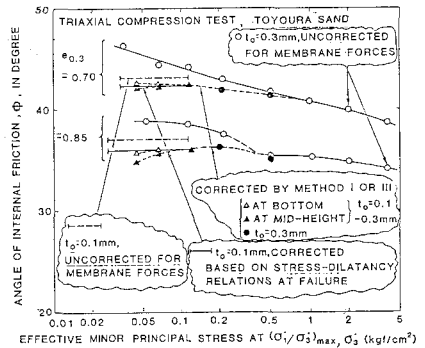


図4. $\phi \sim \log \sigma'_3$ の関係

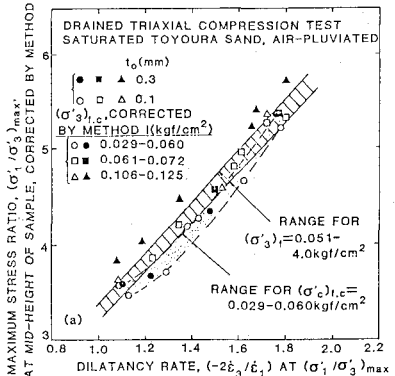


図6. 方法Ⅰで応力補正、供試体半高さでのストレス-ダイラタンシー関係