

III-140 砂の非排水三軸挙動に及ぼすMembrane Penetrationの影響

北海道大学 工学部 正会員 山下 聡
 室蘭工業大学工学部 正会員 三浦 清一
 北海道大学 工学部 正会員 土岐 祥介

1. まえがき

飽和砂の非排水三軸試験を行う場合、その試験結果に及ぼす要因としていわゆるSystem Complianceが挙げられる。このSystem Complianceには、Membrane Penetration(MP)や間隙水圧系の体積変化、端面摩擦などがあるが、中でもMPの影響が他の成分に比べ重要な因子となることが明らかにされている¹⁾²⁾。しかし、MPの影響がどの程度であるのか明確な値はわかっていない。そこで、本研究では、静的非排水三軸圧縮および伸張挙動に及ぼすMP量の影響を過去に提案されているいくつかの方法³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾に従って求め、それらの妥当性を検討した。

2. Membrane Penetration量の算出法

本研究では、以下の方法を用いてMP量を算出した。

1) Roscoeらの方法³⁾：ダミーロッドを供試体内に置き、供試体高さを変化させずにロッド径を変えて圧密試験を行い全体積変化とロッド径の関係から求める方法

2) Vaidらの第1法⁴⁾(Multiple Specimen Method)：同密度で相似な異なる径をもつ供試体内に発生する体積ひずみは同一と仮定する方法

3) Vaidらの第2法⁵⁾(Single Specimen Method)：等方除荷時の体積ひずみは軸ひずみの3倍になると仮定する方法

4) 等方圧密時の体積ひずみは軸ひずみの3倍になると仮定する方法

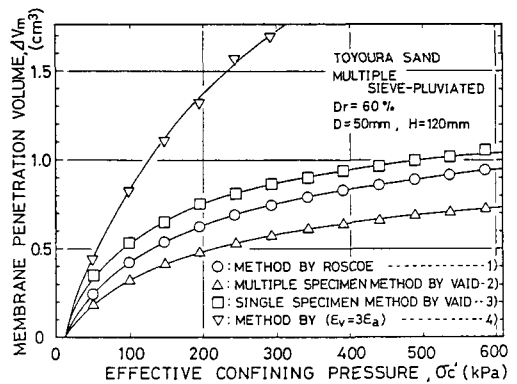


Fig. 1

図-1は、上記の方法を用いて供試体径50mmの場合のMP量を計算し、有効拘束圧とMP量の関係を後述の豊浦標準砂について示したものである。図から、各算出法によって差が認められ、MP量は4) > 3) > 1) > 2)の順になっている。しかし、供試体はMSP法⁷⁾で作製しているため、軸方向に圧縮しやすく半径方向に圧縮しやすい特性を持っているので4)の方法は他の方法に比べMP量を過大評価している。また、図には示していないが、相対密度の違いによってもMP量に差が認められ、相対密度が高いほどMP量は僅かに少なくなっておりMP量は相対密度に依存するという結果も得られている。

3. 試料および試験方法

用いた試料は、豊浦標準砂($U_c=1.32, D_{50}=0.18\text{mm}, G_s=2.65, e_{\max}=0.989, e_{\min}=0.615$)で、直径50mm高さ120mm($H/D=2.40$)のものと直径70mm高さ170mm($H/D=2.43$)の供試体をMSP法によって作製した。供試体は、 CO_2 と脱気水を通して飽和させたのち、有効拘束圧 $\sigma'_c=98\text{kPa}$ のもとで1時間等方圧密を行い、側圧一定の静的非排水三軸圧縮および伸張試験を実施した。この試験結果を用い提案式に基づいて間隙水圧の補正を行い、有効応力経路を予測している。

4. 有効応力経路の補正

4-1 間隙水圧の補正法

本研究では、以下の2つの方法を用いて試験中に発生する間隙水圧の補正を行った。

1) Martinらの方法⁸⁾ $\Delta u = \Delta \varepsilon_v / (m_v + n m_w)$ (1)

2) Ladeらの方法⁹⁾
$$\Delta u = \frac{(1 + \frac{f_m}{V_0 m_v}) \Delta \sigma_r + \frac{1}{3} (\Delta \sigma_a - \Delta \sigma_r)}{1 + n S \frac{m_w}{m_v} + \frac{n}{m_v} \cdot \frac{(1-S)}{u_2} + \frac{f_s}{V_0 m_v} + \frac{f_m}{V_0 m_v}}$$
 (2)

ここで、 Δu : 間隙水圧増分、 $\Delta \epsilon_v$: 非排水条件下で生ずる単位体積当たりの体積変化、 m_v : 供試体の体積圧縮係数、 m_w : 水の体積圧縮係数、 f_m : メンブレンのフレキシビリティ(= $V_0 \cdot \Delta \epsilon_{vm} / \Delta \sigma'_r$)、 $\Delta \epsilon_{vm}$: MPによる体積ひずみ増分、 f_s : 間隙水圧系のフレキシビリティ、 V_0 : 供試体体積、 $\Delta \sigma_a$, $\Delta \sigma'_r$: 全応力増分、 n : 間隙率、 S : 飽和度、 u_2 : 絶対間隙水圧。

上式において、間隙水圧系の体積変化を0($f_s=0$)、飽和度を100%($S=1.0$)、水を非圧縮性($m_w=0$)とし、試験時の体積変化をMPのみと考えMPのみによって減少する間隙水圧増分(Δu)を求めると次式のようになる。1) Martin法 $\Delta u_m = \Delta \epsilon_{vm} / m_v - (1)'$ 2) Lade法 $\Delta u_m = \Delta \sigma_a / 3 - \Delta \sigma'_r / 3 (1 + \Delta \epsilon_{vm} / \Delta \sigma'_r m_v) - (2)'$

4-2 有効応力経路に及ぼす影響

4-2-1 MP量の算出法が有効応力経路に及ぼす影響

図-2は、2.で求めたMP量の算出法が有効応力経路に及ぼす影響を圧縮試験について示したものである。なお、間隙水圧の補正式はMartin法を用いた。図より各算出法によって差が認められVoid第2法、Roscoe法、Void第1法の順になっている。すなわちMP量の大小がそのまま反映されている。また、Martin法で間隙水圧の補正を行った場合、有効応力経路が負の値となる所があり、過大な補正法であることがわかる。

4-2-2 間隙水圧の補正法が有効応力経路に及ぼす影響

図-3は、Martin法とLade法を用いて間隙水圧の補正を行い比較したものである。MP量の算出は、Roscoe法を用いた。図よりLade法よりもMartin法が補正量が大きくなっている。また、Martin法では有効応力経路が負となる所が存在し、間隙水圧を過大に補正していることがこの図からもわかる。また、Lade法では圧縮試験に比べ伸張試験を補正した場合、実測値と顕著な差が見られない。これは圧縮試験に比べ伸張試験では(2)'式中の $\Delta \sigma_a$ が非常に小さくなるためである。また、図中には、MP以外のCompliance量として、本試験装置の間隙水圧系の体積変化 $\epsilon_v(f_s)$ が有効応力経路に及ぼす影響を(2)式を用いて示しているが、ほとんど影響しておらず他のCompliance量に比べMPの影響が大きいことがわかる。

4-2-3 供試体径が有効応力経路に及ぼす影響

図-4は、直径50mmの供試体で得られた試験結果をH/Dを一定とした直径70mm, 100mm, 150mmの供試体の試験結果に置き換え供試体径の影響をMartin法を用いて示したものである。図より供試体径が大きくなるほど補正量が小さくなっており、それだけMPの影響が小さくなることがわかる。図中には示していないがLade法を用いた場合も補正量は小さいが、この傾向は変わらない。また、図中に示した径70mmの供試体の実測値が径50mmの供試体の実測値よりも間隙水圧の発生量が大きいことから供試体径が大きくなるほどMPの影響が小さくなるなることがわかる。

最後に本研究の実施に際し、実験及びデータ整理に協力を得た元室工大 学生、河島 好広(現道路公団)彦坂 茂(現室工大M1)両君に記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 土岐・三浦・山下(1986): 第21回土質工学研究発表会講演集
- 2) 土質工学会「砂地盤の工学的性質の評価法に関する研究委員会」(1984): 一室内試験法および試験結果の解釈と適用に関するシンポジウム発表論文集, pp.7~46.
- 3) Roscoe, K.H., Schofield, A.N. and Thurairajah, A. (1963): ASTM, STP361, pp.111~128.
- 4) Vaid, Y.P. and Negussey, D. (1984): G.T.J., Vol.7, No.2, pp.70~76.
- 5) Martin, G.R., Finn, W.D.L. and Seed, H.B. (1978): Proc. ASCE, Vol.104, No. GT4, pp.463~479.
- 6) Lade, P.V. and Hernandez, S.B. (1977): Proc. ASCE, Vol.103, No. GT2, pp.109~125.
- 7) Miura, S. and Toki, S. (1982): S&F, Vol.22, No.1, pp.61~77.

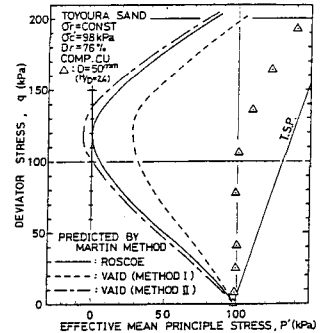


Fig. 2

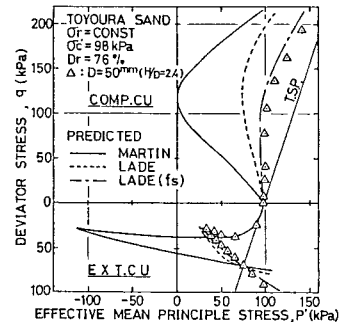


Fig. 3

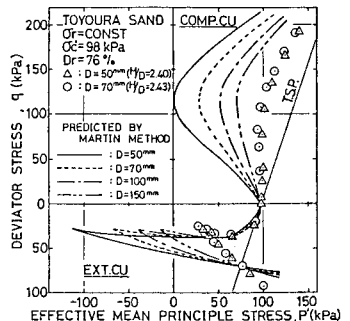


Fig. 4