

不飽和土の非排水せん断試験

岡山大学工学部 正 会員 河野伊一郎

同 上 正 会員 西垣 誠

岡山大学大学院 学生会員 〇丹 博美

同 上 学生会員 安原 敏

1. まえがき

実際に土木工事の対象となる土は、固相、液相、気相の3相系の不飽和土である場合が少なくない。しかし、現在確立されている有効応力の理論は、飽和土に対しては非常に役立っているが、不飽和土に対してははまだ統一的なものが確立されておらず、経験に基づいている状態である。そこで、不飽和土における力学特性の解明が必要となってくる。不飽和土の力学特性は、全応力(σ)、間隙水圧(u_w)および間隙空気圧(u_a)の支配を受けるものと考えられる。例えば、BishopとBligh(1963)は¹⁾、不飽和土に対する有効応力式を次のように提案している。

$$\sigma' = \sigma - u_a + \chi(u_a - u_w) \quad (1)$$

ここで、 σ' :有効応力、 χ :飽和度、土のタイプ、応力経路などに関する係数($S_r=0\%$ のとき $\chi=0$ 、 $S_r=100\%$ のとき $\chi=1$)である。しかし、この有効応力式では実際の現象に対して矛盾する場合があり²⁾、まだ不飽和土の挙動を完全に解明するには至っていない。

このため本研究は、試料として豊浦標準砂(比重2.64)を用いて不飽和土の非排水せん断試験を行ない、不飽和土の力学的挙動を支配すると考えられる間隙水圧、間隙空気圧、軸ひずみ、体積ひずみ、軸応力に着目して、これらを同時に測定し、その結果から標準砂の不飽和状態における力学特性を解明していくものである。

2. 実験概要

本研究では図-1に示される、不飽和土の試験用に開発された3軸試験装置を用いた。また、乾燥密度 $\gamma_d=1.45$ g/cm³で供試体を作成し、含水比は最適含水比 $\omega_{opt}=10\%$ を含む、乾燥から飽和までの $\omega=0, 5, 10, 15, 22, 31\%$ の6つの場合について行ない、側圧は各含水比に対して0.5, 1.0, 1.5, 2.0 kg/cm²の4種類を用いて側圧一定の条件下で非排水せん断試験を行なった。なお、試験は、室温20°Cの恒温室において、ひずみ速度0.5%/minのひずみ制御で行なった。

3. 実験結果および考察

1) 間隙空気圧と体積ひずみの関係、間隙空気圧と体積変化の相関は、Bratzら(1939)とHilf(1956)らによつて次式のように指摘されている。³⁾

$$\Delta V = (V_a + hV_w) \frac{u_a}{u_a + P_a} \quad (2)$$

ここで、 ΔV :試料の体積変化、 V_a :間隙空気圧の初期体積、 hV_w :水に溶ける空気体積(h :Henryの定数)、 u_a :間隙空気圧、 P_a :大気圧である。この式は、非排水状態で供試体の温度が一定である場合に有効である。次に、本実験で得られた ΔV と u_a の関係と理論的な関係との比較を行なう。図-2は、代表例 $\omega=5\%$

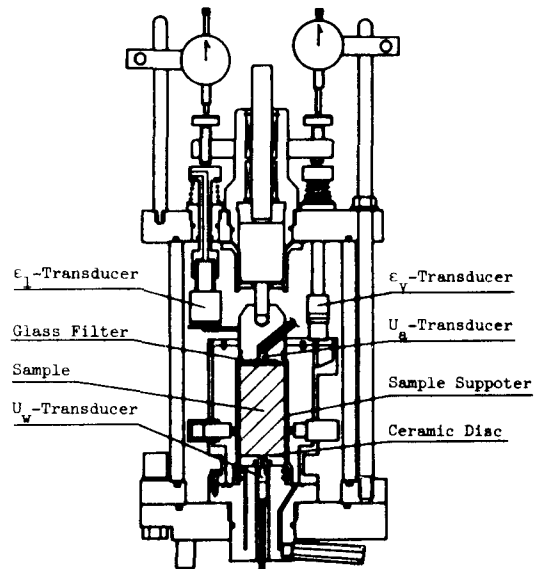


図-1 3軸セル

における実験値と理論値である。この図より、両者が良く合致していることがわかる。従つて、少なくとも ΔV と u_a の間に一義的な関係があり、非排水条件下では ΔV と u_a の両方を測定しなくても、どちらか一方を測定すれば、他方を(2)式より定量的に予測することが可能であるといえる。

2) Bishopの式の検討、 Bishopは、土の粘着力 c' と内部摩擦角 ϕ' は、飽度あるいは含水比によらず一定であるという仮定をおき、 c' と ϕ' を飽和土の3軸試験より求めたものを用い、次式に(1)式を代入することで χ を求めた。

$$\tau = c' + \sigma' \tan \phi' \tag{3}$$

ここで、 τ ：破壊時のせん断応力である。本研究においても、同様にして χ を求めた。その結果を表一に示す。(1)式における χ は、0から1

表一 χ の算定値

の範囲内で定義されているが、本研究において算定した χ は、その範囲をはるかに

含水比(%)	側圧(kg/cm^2)	パラメーター	χ
5	0.5	2.4	
10	1.49	2375.	
22	0.9	58.8	
22	1.99	94.5	

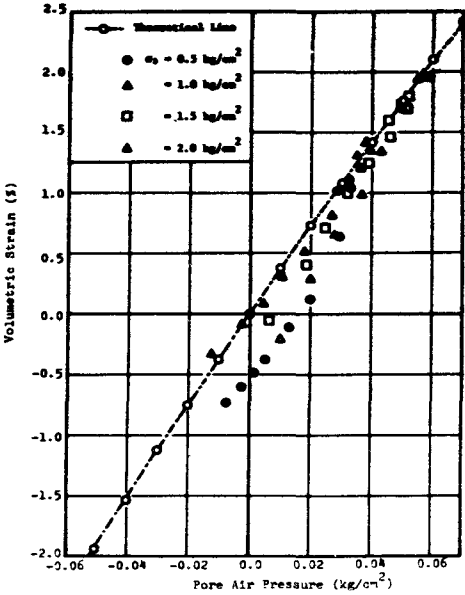
越えている。この原

因を考えるに当り、サクシヨン($u_a - u_w$)と応力成分($\sigma - u_a$)との関係を示した図一3を視察してみる。考えられることは、サクシヨンの値が不飽和砂質土では小さく、(1)式においてサクシヨンの項か、他の項に比べ非常に小さいため、 χ の算定値がそのような結果になった、ということである。このようにサクシヨンの値が小さい砂質土では、(1)式で示される有効応力式は成立せず、Bishopの有効応力式は全ての土に対してあてはまるものではないと言える。また、図一3より、非排水条件下ではせん断中、不飽和砂質土の

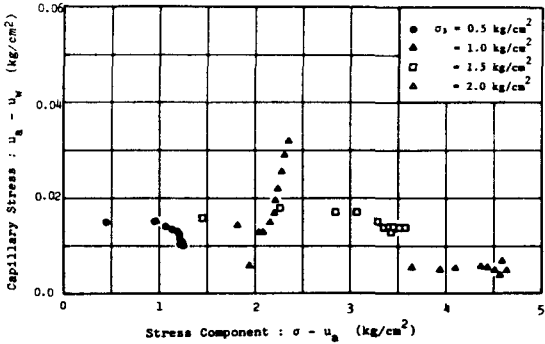
強度に及ぼすサクシヨンの影響が小さいことがわかり、このことより不飽和砂質土においては、外力のほとんどを土粒子が受け持つものと推測される。よつて、不飽和砂質土における有効応力は、全応力あるいは(1)式でのサクシヨンの項を無視した応力成分($\sigma - u_a$)で定義しうることが可能であることが明らかである。

参考文献

- 1) Bishop, A.W. and G.E. Blight, "Some Aspects of Effective Stress in Saturated and Partly Saturated Soils", Geotechnique, Vol.13, pp.177-197 (1963)
- 2) Jennings, J.E. and J.B. Burland, "Limitations to the Use of Effective Stress in Partly Saturated Soils", Geotechnique, Vol.12, pp.125-144 (1962)
- 3) Garlanger, J.E., "Pore Pressure in Partially Saturated Soils", Ph.D. Thesis, Urbana, Illinois, pp.1-131 (1970)



図一2 体積ひずみと間隙空気圧の関係



図一3 サクシヨンの挙動