

岡山大学工学部 正会員 河野伊一郎
岡山大学工学部 正会員 西垣 誠
岡山市 正会員 ○安原 敏

1. まえがき

従来行われてきた不飽和砂質土の三軸圧縮試験は標準締固め曲線に準じた供試体の作成がなされ、その実験結果より排水試験に対する強度定数 σ_d , ϕ_d は、最適含水比でそれぞれ最大値を示すことが報告されている¹⁾。しかしながら、これには含水比と乾燥密度の両者が関与するため土が水を含むことによりどれほどの強度低下を来すかを調べるには、乾燥密度を一定にした試験も行なう必要がある。したがって、本研究ではまさ土に関して乾燥密度一定の条件下で一軸圧縮試験、三軸圧縮試験を行ない、強度定数および一軸圧縮試験と三軸圧縮試験の相関関係について考察を行なった結果を示す。

2. 試料および実験方法

実験に用いた試料は岡山市内から採取したまさ土で、1.19 mm以下に粒度調整を行ない、その諸性質は $G_s = 2.66$, $w_{opt} = 12.0\%$, $\rho_{dmax} = 1.87 \text{ t/m}^3$ 、砂分 78%, シルト分 17%, 粘土分 5% である。装置は Fig.1 に示す二重セル型の三軸圧縮試験装置を用い、不飽和供試体における計測諸量すなわち間隙空気圧、間隙水圧、軸ひずみ、体積ひずみ、軸荷重の計測を行なった²⁾。一軸圧縮試験はモールド内で成形可能な範囲内において、乾燥密度 1.60, 1.70, 1.80 t/m^3 の下で初期体積含水率 11.9, 18.7, 25.5% のそれぞれに関して行なった。また試験時の初期サクシオンは、同様な供試体を用い三軸室内で求めたものである。三軸圧縮試験は乾燥密度 1.70 t/m^3 の下で含水比 0, 7, 11, 15, 21.2% に締固めた供試体を用い、側圧として 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 kgf/cm^2 の 4 種を使用し排水試験、非排水試験を行なった。完全不飽和試料は、セルベース上で供試体サポーターを用いる層に分け締固め、それ以外はモールド内で 4 層に分け各締固めエネルギーに応じ供試体を作成した。飽和試料 ($w = 21.2\%$) は、約 6 時間に渡り吸水飽和させ供試体を作成した。また不飽和供試体の場合発生したサクシオンが定常となるまで約 6 時間必要とした。

3. 実験結果およびその考察

Fig.2 は、一軸圧縮試験より得られたサクシオンの対数値 p_F に対する体積含水率と一軸圧縮強度の関係を示している。限定された含水状態ではあるが、 p_F と一軸圧縮強度には相関関係が存在していることがわかる。また、体積含水率一定の下で異なる乾燥密度の結果の比較を行なえば、 $\rho_d = 1.80 \text{ t/m}^3$ の供試体は飽和度が高いにもかかわらずサクシオンは大きい結果となっている。これらの点を考慮すれば、不飽和砂質土の一軸圧縮強度は主にサクシオンと乾燥密度に支配されていると言える。

一連の排水試験、非排水試験より得られた破壊時のサクシオンに対する軸差応力 ($\sigma_1 - \sigma_3$) と載荷応力 ($\sigma_m - u_a$) の関係を Fig.3, 4 に示す。排水試験においては含水比の相異によって低側圧 (0.5 kgf/cm^2) の下では破壊時の間隙比にかなり差

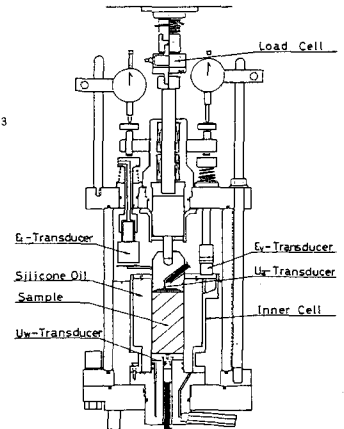


Fig. 1 Triaxial Cell

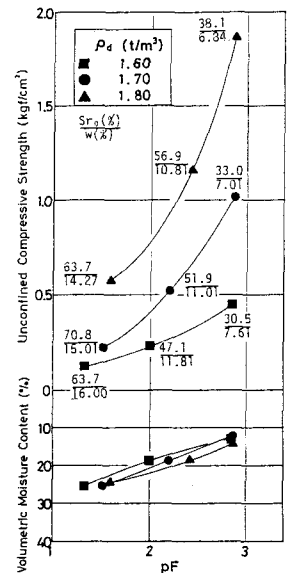


Fig. 2 p_F versus S_0 and q_d

があるものの、高側圧 (2.0 kgf/cm²) の下ではほとんど認められない。これは低拘束応力状態において、低含水比では発生したサクシオンが全体の応力レベルに比較して占める割合はかなり高いのに対し高含水比では低く、一方高拘束応力状態では含水比によらず発生したサクシオンはほぼ無視し得るため、サクシオンは体積変化に関する一つの要因と考えられる。非排水試験においては非排気条件下であるため図からも一概には言えない。

Fig.5は排水試験、非排水試験より得られた強度定数を示している。排水試験に対する内部摩擦角 ϕ_d は最適含水比で最小値を示し、締めエネルギーを一定にした試験とは全く逆の形状を呈している。最適含水比以上の高い含水比ほど内部摩擦角が小さくなるのは、高側圧の下では破壊強度がほぼ等しいのに対して低側圧の下では大きく異なる、つまり飽和の方が破壊強度が小さいためであり、その結果含水比が高いほど ϕ_d の値は大きくなっている。これも前述したようにサクシオンの全体の応力レベルに対する寄与率に起因していると考えられる。粘着力 c_d は含水比7%でピークを示し、含水比が増加するに従って零に近づく。一方、非排水試験に対する ϕ_u の値は含水比が高くなるにつれて途中で変曲点を有し極端に減少し、 c_u の値は含水比による変化があまり見られない。また、各試験における完全不飽和土の内部摩擦角はかなり大きい値を示している。これは、完全不飽和という特別な場合であり、粒子相互間の摩擦抵抗が極端に大きいためである。

排水試験に対する粘着力 c_d と一軸圧縮試験より得られた $q_u/2$ および p_F の値を Fig.6に示す。 c_d の値と $q_u/2$ および p_F の値には、ほぼ線形的な関係が見られる。このことは、排水試験における粘着力 c_d が一軸圧縮強度より推測可能であり、 c_d はサクシオンによって決定づけられることを示すものと考えられる。また、自立可能な不飽和砂質土の一軸圧縮試験は、非排水状態の試験結果よりむしろ排水状態の試験結果に類似していることが推測される。

参考文献

- 1) 谷本喜一, 西勝: 真砂土のせん断強さについて, 建設工学研究所報告, No. 11, pp. 1 - 7, 1968.
- 2) 河野伊一郎, 西垣誠, 頼木清隆: 不飽和砂質土の力学的性質に関する研究, 第16回土質工学研究発表会, pp. 465 - 468, 1981

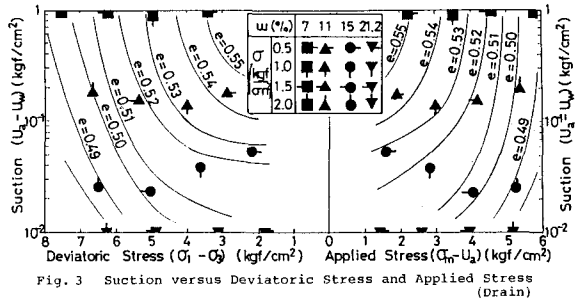


Fig. 3 Suction versus Deviatoric Stress and Applied Stress (Drain)

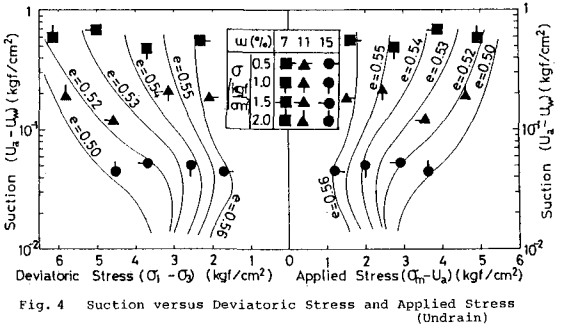


Fig. 4 Suction versus Deviatoric Stress and Applied Stress (Undrain)

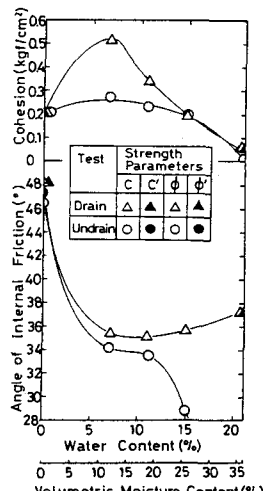


Fig. 5 Strength Parameter for Drain and Undrain Shear Tests at Various Water Contents

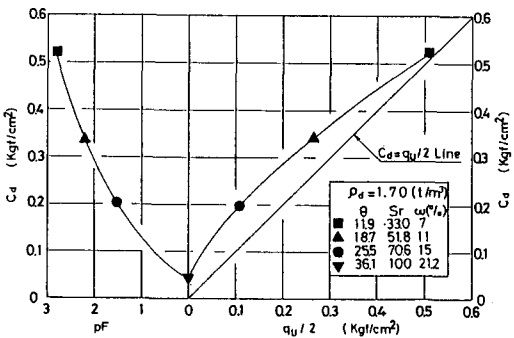


Fig. 6 C_d versus p_F and $q_u/2$