

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

岡山大学大学院 学生員 ○川崎 元

瀧 池 組 正会員 家治川勝

1. まえがき

不飽和土が、飽和土と異なる力学的性質を示す第一の原因は、内部粒子間で働くサクシオンによるものと考えられる。本研究ではサクシオンに影響を及ぼす要素と考えられる体積含水率と乾燥密度を変化させることにより、 $\theta \sim \rho_d \sim pF \sim q_u$ の関係を求めその結果を考察するとともに三軸圧縮試験装置を用いて、等方圧縮試験、平均主応力一定試験を行ない、Golemanの構成式の第1式、第2式の係数を求め検討する¹⁾。なお、三軸圧縮試験装置を用いる場合、乾燥密度は、すべて一定 (1.7 t/m^3) とした。

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う (砂分 78%, シルト分 17%, 粘土分 5%)。粒度調整によりサクシオンは大きく変化するので注意を要する。またその諸性質は、 $G_s = 2.66$, $W_{opt} = 12\%$, $\rho_{dmax} = 1.87 \text{ t/m}^3$ である。三軸圧縮試験装置は図-1に示す二重セル型のものを用い、不飽和供試体における計測諸量の測定を行なった。また初期サクシオン測定および一軸圧縮試験に対しては、図-2に示す装置を用い、サクシオンを測定したのち、ただちに供試体を取り出し、一軸圧縮試験を行なった。一軸圧縮試験に対しては乾燥密度を 1.60 , 1.70 , 1.80 t/m^3 , 初期体積含水率を $11.9, 15.3, 18.7, 22.1, 25.5\%$ と変化させ、等方圧縮試験、平均主応力一定試験に対しては、初期体積含水率を $11.9, 18.7, 25.5\%$ と変化させ、それぞれの試験を行なった。また、以上のケースの各々に対して、間隙水に水および、アルコール水溶液 (プロパノール 6.4 mol/l) の2種類を用いて行なった。

3. $\theta \sim \rho_d \sim pF \sim q_u$ の関係

図-3, 図-4に、サクシオン測定および一軸圧縮試験の結果を示す。実線の曲面は、間隙水が水の場合、破線のそれは、アルコール水溶液の場合である。サクシオンが、体積含水率と乾燥密度に支配されている原因としては乾燥密度が増加すれば、土粒子接点の数が増し、一接点当たりの間隙水の量が減少するためサクシオンが増大するものと考えられる。また、一軸圧縮強度の曲面は、間隙水が水の場合と、ア

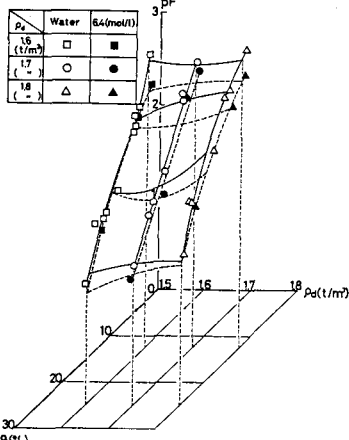
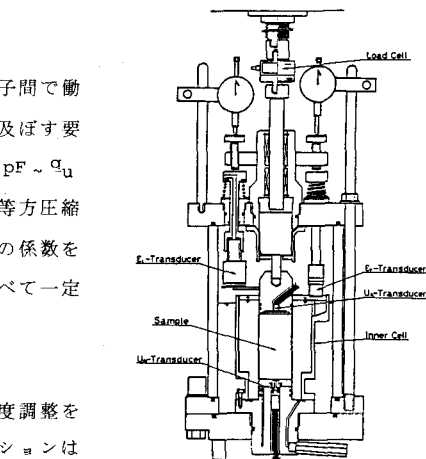
図-3 $\theta \sim \rho_d \sim pF$ 関係

図-1 三軸セル

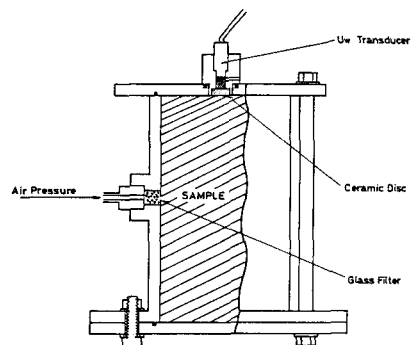
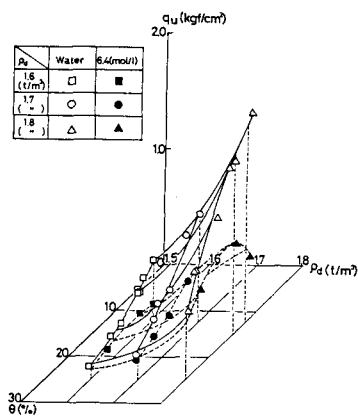


図-2 サクシオン測定装置

図-4 $\theta \sim \rho_d \sim q_u$ 関係

アルコール水溶液の場合では体積含水率が減少するほど、乾燥密度が増加するほど、差が大きくなる。これは土粒子接点の保水状態が、水とアルコール水溶液では、体積含水率が減少するほど、乾燥密度が増大するほど差が著しくなるためと考えられる。また間隙水がアルコール水溶液の場合、体積含水率が15.3%以下では、サクシオンは増加するにもかかわらず、一軸圧縮強度は低下する。すなわち、サクシオンが有効拘束圧として働くというはある限られた体積含水率の範囲と言える。

4. Coleman の構成式の検討

等方圧縮過程では、Coleman の構成式の第1式、第2式は、

$$-\frac{dV}{V} = C_{11}(dU_a - dU_w) + C_{12}(d\sigma_m - dU_a) \quad \text{--- (1)}$$

$$-\frac{dV}{V} = C_{21}(dU_a - dU_w) + C_{22}(d\sigma_m - dU_a) \quad \text{--- (2)}$$

となる。各々の式は、変数を2個ずつ含んでいるため、1ケースの試験から求めることは不可能である。そこで、異なる表面張力を持つ間隙水を用い、同じ載荷応力で、発生するサクシオン値を変えて試験を行ない、その結果からそれぞれの係数を求めた。また本研究に用いた装置では、間隙水の変化量は測定不可能であるので、先に述べたサクシオン測定試験から得た $\theta \sim pF$ の関係を用い、サクシオンの変化および体積変化から間隙水の変化量を求めた。図-5 に体積含水率11.9%

のときのサクシオン、載荷応力による体積変化、間隙水の変化量を載荷応力に対して示す。これからサクシオンは供試体の体積の圧縮に対しても、間隙水の体積の減少に対しても抵抗していることがわかる。また体積変化には載荷応力が、間隙水の変化にはサクシオンがそれぞれ大きく影響する。図-6 には載荷応力に対する C_{11}/C_{12} と C_{21}/C_{22} の比を示す。この比は各載荷応力段階で大きく変化するが、ある応力段階ではその値が1に近い値を示している。そして、その応力段階は、体積含水率が低いほど、大きいものとなっている。

次に平均主応力を一定に保つと Coleman の構成式の第1式、第2式は、

$$-\frac{dV}{V} = C_{11}(dU_a - dU_w) + C_{13}(d\sigma_1 - d\sigma_3) \quad \text{--- (3)}$$

$$-\frac{dV}{V} = C_{21}(dU_a - dU_w) + C_{23}(d\sigma_1 - d\sigma_3) \quad \text{--- (4)}$$

となる。これらの係数を等方圧縮試験の場合と同様にして求めた。その結果を図-7、図-8 にせん断応力に対して示す。各々の係数の変化の傾向は、一概にはつかめないが、 C_{11} と C_{13} は対称的な挙動を示し、 C_{21} と C_{23} はやや類似した挙動を示している。すなわちサクシオンもせん断応力も間隙水を増加させる向きに働くが、供試体の体積変化に対しては、サクシオンは圧縮させる向きに、せん断応力は膨張させる向きに働くと言える。

参考文献

- 河野伊一郎，西垣誠，安原敏：不飽和土の力学的性質に関する基礎的研究，土木学会第38回年次学術講演会，PP.493～PP.494，1983，

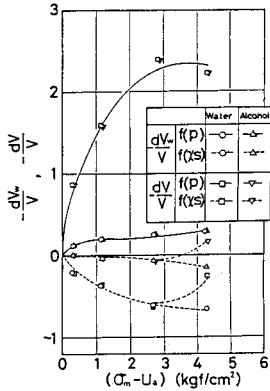


図-5 各応力成分による体積変化量

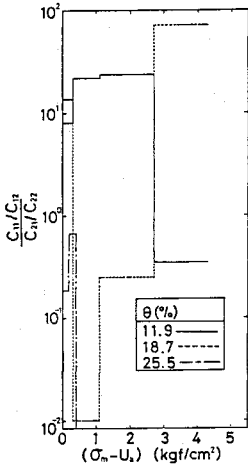


図-6 $\frac{C_{11}}{C_{12}}$ の値 $\frac{C_{21}}{C_{22}}$

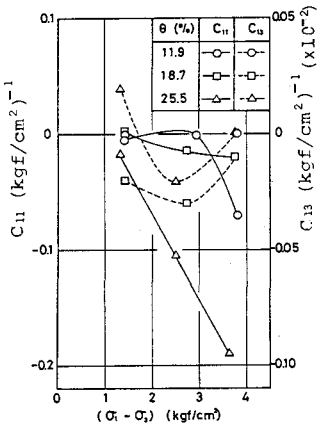


図-7 C_{11}, C_{13} の値

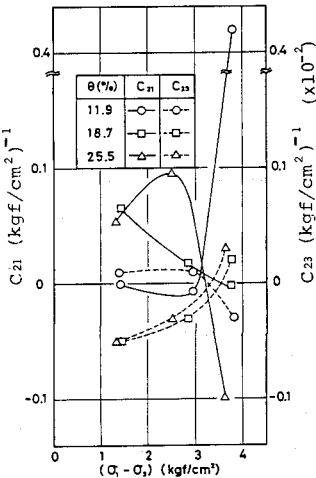


図-8 C_{21}, C_{23} の値