

京都大学工学部 正員 足立 紀尚
京都大学工学部 学生員 O日比谷 啓介

1. 序 従来から有効応力解析の困難な不飽和土に対して 体積変化からのアプローチを試みるものである。まず体積変化と間げき空気圧との関係を考察し、それによって間げき空気圧がほぼ正確に測定されていることを確かめ、せん断試験中、供試体の体積が最大に圧縮される点について変形特性とどのような関係があるかを調べてみた。

2. 試料 サンディーロームを2mmのふるいにかけた。試料の諸定数は *silt fraction* 21.5%, *sand fraction* 78.5%, *specific gravity* 2.64 である。これをJISの定める締め固め試験により三層25回突き固めを行ない、高さ12.5cm、直径5cmの供試体を作製する。このとき供試体の含水比が約10.5%、飽和度で約70%となるように試料を調整してある。(ちなみに25回締め固めの場合の最適含水比は11.7%であった。)

3. 実験方法 上述の供試体をセル自体の体積変化をなくすように設計された二重三軸試験機にセットし所定の側圧をかけ90分間締め固めた後せん断試験を開始する。せん断試験は非排水(U)試験を $\sigma_3 = \text{const.}$ 条件下で行なった。またせん断速度は約0.058%/minのひずみ制御である。間げき空気圧測定については間げき水圧測定孔を用い小型圧力変換器によって測定した。

4. 実験結果および考察 体積変化について考えると、土粒子実質部分および水の非圧縮性を仮定すれば、体積変化は間げき空気の圧縮および間げき水への溶解による体積減少によって起こると考えられる。さて間げき空気量 V_a と間げき空気圧 U_a との間には Boyle's law, Henry's law によって次式が成立するはずである。

$$\frac{U_a + 1.033}{1.033} \times V_a + 0.01868 \times (U_a + 1.033) \times V_w = \text{const.}$$

但し V_w : 間げき水の体積

いま 測定された間げき空気圧 U_a が正しいものかを検証するには間げき空気量の初期値を知る必要があるが、それには供試体体積の正確な初期値を知らねばならない。特に間げき空気量が少ないためこれは機械的に測定するのは困難であり、ここではせん断開始前の側圧による締め固め時の体積変化と間げき空気圧の両者の変化から初期の間げき空気量を逆算して求めた。そしてこれをもとにして

せん断試験の各測点における体積変化の測定値から間げき空気圧を逆算し、これを理論値として実測値との比較を行なった。その代表例が Fig. 1 に示すものである。実測値と理論値ともいうべきものがほぼ一致していることをみれば、間げき空気圧は正確に測定されているとみてよいであろう。なお実測値と理論値が体積圧縮最大

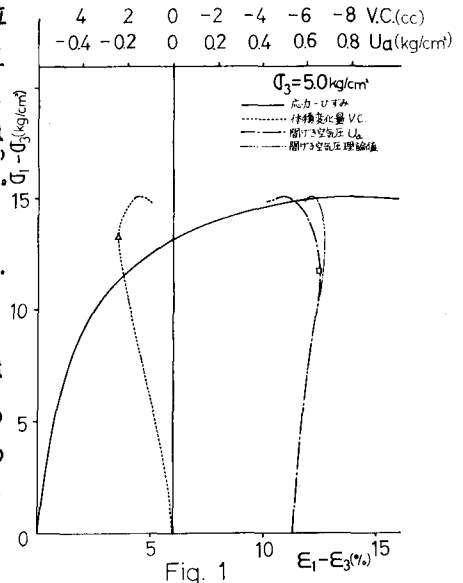


Fig. 1

点付近から徐々に合致度が悪くなるのは、ゴムスリーブからの空気漏れの累積によるものと考えられる。ところで現在、供試体の初期体積の測定法として、前述の逆算法ではなく供試体を三軸試験機にセットした後にセル内へ水を出し入れすることによって正確に測定することを試みている。また少量ではあるが無視することのできるスリーブからの空気の漏れを防ぐため、2枚のスリーブの間にクレラップ（商品名）を巻いて試験を行なっている。これによれば空気の漏れは完全に防止できるが、クレラップの部分に包み込まれる空気量が無視できぬ量であり、締め固めの中あるいはせん断中の体積変化の測定が困難となる反面がある。

次に *total stress* による *stress path* 上に破壊点を結んだ線と、体積変化が極値をとる点、すなわち体積圧縮の最大点を結んだ線をほどこしたものが Fig. 2 に示される。ここで注意されるべきことは体積の最大圧縮線が原点を通る直線となっていることである。次に $\sigma_1 - \sigma_3$ に対してポアソン比にあたる $-\epsilon_3/\epsilon_1$ をとったものが Fig. 3 である。（綿引の行っている整理法によった。ただし ϵ_3 は従来の算定方法を用いている。）²⁾ 上記の試料を用いた場合、体積最大圧縮点では側圧に関係なく 0.380 の値をとり、また体積が元の体積に復元する点では当然のことながら 0.5 となる。また図中破壊点を結んだものが破壊線として示されている。これを多くの供試体について示したのが Fig. 4 である。次の Fig. 5 は体積最大圧縮点における $\epsilon_1 - \epsilon_3$ に対して σ_3 を plot したものである。（ σ_3 がほぼ 1 kg/cm^2 で line が折れているのはその付近に供試体の先行圧密荷重に相当するものがあるからである。） σ_3 が 1 kg/cm^2 以上についてはここに得られた line は原点を通る直線と考えられる。ここで Fig. 3, 4, Fig. 5 より体積最大圧縮点については、

$$\begin{cases} -\frac{\epsilon_3}{\epsilon_1} = C_1 \\ \epsilon_1 - \epsilon_3 = C_2 \sigma_3 \end{cases} \quad (C_1, C_2: \text{定数})$$

これより

$$\epsilon_1 = \frac{C_2}{1 + C_1} \sigma_3, \quad \epsilon_3 = \frac{-C_1 C_2}{1 + C_1} \sigma_3$$

がいえる。本試料に対しては定数 C_1, C_2 をそれぞれ $C_1 = 0.380$, $C_2 = 1.29 \text{ cm}^3/\text{kg}$ として求める。

参考文献

- 1) Schuurman, E. 1966. The compressibility of an Air/Water Mixture. *Geotechnique* Vol.16 269-281
- 2) 綿引 勉一. 1972. 不飽和カオリン粘土の力学的挙動について

第27回年次学術講演会

