

京都大学防災研究所

京都大学大学院

京都大学大学院

正会員

学生会員

学生会員

足立紀尚

西垣 誠

小川豊和

1. はじめに

不飽和土は、間げきの流体が水と空気混合物で、圧縮特性が気体のそれに近いことや、サクションが働くこともあって、その力学特性は複雑である。供試体作成時の締め固めエネルギー、および含水比が不飽和土の力学特性に大きな影響を及ぼすことは、従来から多くの研究者に指摘されている。飽和度が100%に近づく、間げきの空気は泡つぽ(occluded)になり、間げき圧の伝達をすべて間げき水が受けもつ、すなわち不飽和土でも飽和土と同じ扱いができて Terzaghi の提唱した有効応力式 $\sigma' = \sigma - u$ ① が適用できる。しかしある飽和度より低い不飽和土においては、空気が泡つぽにならず連続して新しい状態を作ると、有効応力式として①式を使えなくなる。⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾このため不飽和土では、その状態により異なる有効応力式を定義しなければならぬ。本報告はこれまで継続している不飽和土の研究の一として、計測の精度を上げるため種々の工夫を加味して試作した不飽和土用三軸室と理想不飽和土材料としてガラスビーズ($\rho \approx 50\mu$)を用いて、とくに体積変化と間げき空気圧の関係について究明したものである。すなわちここでは飽和度の低い点($S_r = 30 \sim 40\%$)を取り上げ、側圧一定、いすみ制御により非排水せん断試験を行った。ここで測定されたものは体積変化・軸いすみ・軸荷重・間げき空気圧、そして間げき水圧である。図-1に示すように、供試体のまわりには水銀が満ちてあるが、体積変化はその上昇高を Proximeter で、軸いすみはキャップに取付けられた金属板の下降高を Proximeter で、軸荷重は Load Cell で、間げき空気圧はキャップ内のガラスフィルターを通して圧力計で、間げき水圧は供試体下部 Ceramic Disc (Air Entry Value 1.5 kg/cm^2)を通して圧力計で測定された。なお有効軸圧を求めやすくするためにロッドとキャップの径を等しくしてある。

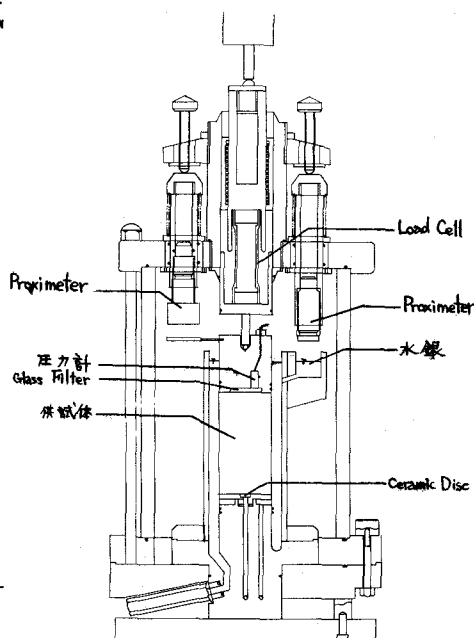


図-1 三軸室

2. 体積変化と間げき空気圧の関係
間げき空気圧と体積変化の相関は Bratz, Zanger & Bruggeman (1939), Hilf (1956), Bishop & Eldin (1950), Lowe & Johnson (1960) らに指摘されている。⁽²⁾これを式で示せば、

$$\Delta V = (V_a + h V_w) \frac{u_a}{u_a + p_a} \quad \text{..... ②}$$

ここで p_a : 大気圧, u_a : 間げき空気圧, V_a : 空気の初期体積, $h V_w$: 水に溶ける空気の体積, ΔV : 体積変化

図-2は②式を表わしている。図中矢印は、空気の水に溶ける割合が小さくなった際の理論曲線の移行する方向を示している。

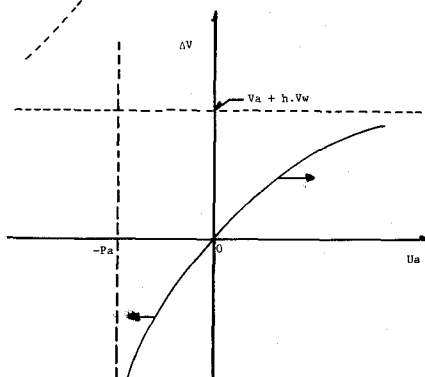


図-2 体積変化と空気圧の理論曲線

3. 実験結果と考察

図-3は、軸ひずみに対する空気圧および体積変化の関係を、計測値に従って描いたものである。図では、空気圧のピークが体積変化のピークより少し早く現れ、また軸ひずみが進むにつれ体積が変化する割合より、空気圧の変化の割合が速くなっている。本来、体積最小すなわち体積最大圧縮点と空気圧が最大になる点は一致しなければならない。両者の差異が生じた理由として、ひずみ速度の影響があげられる。本実験はひずみ速度が約 $0.05\%/min$ と比較的速いせん断試験であるため、体積最大圧縮まではせん断の進行にともなう供試体内の圧力変化を、充分な空気の水への溶解を待たずして値として読み上げることによる。さらに計測場所の影響も現れていると思われる。これは体積変化を供試体全体を被う水銀面の上昇高から求めるのに対し、空気圧は供試体上端面だけで測定しているため、供試体全体としての空気圧の値を代表していないせいかもしれない。

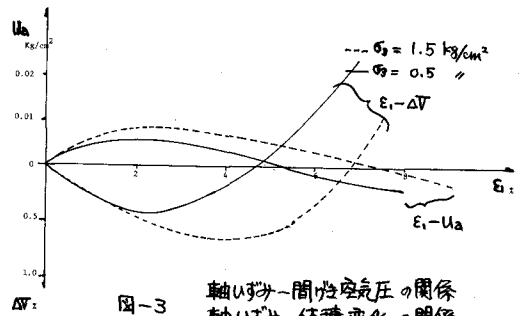


図-3 軸ひずみ-間隙空気圧の関係
軸ひずみ-体積変化の関係

図-4は空気圧に対する体積変化の関係を計測値からプロットしたものであるが、それぞれ図-3の理論曲線をあわせて付記している。ひずみが小さい間は比較的理論曲線と一致するが、体積の変化に伴って空気圧が左側にずれてくる。これは体積が圧縮されているにも拘らず空気圧が下がることを示している。図-3とともに考えてみると、やはり計測場所の影響が現れているように思われる。さらに、ある程度理論曲線とずれが生じた後、体積が減少する時には理論曲線の勾配とほぼ平行になるのは興味深い事実である。

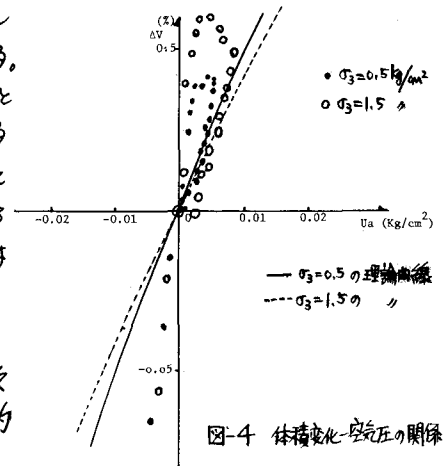


図-4 体積変化-空気圧の関係

4. 結論

供試体の体積変化と関係する空気圧の関係を実験より求めたが、その結果は Boyle の法則、Henry の法則より導かれた③式と部分的には一致した。

今後、この実験装置を用いて、不飽和土の応力-ひずみ関係を説明する予定である。

<参考文献>

- 1) Jennings J. E. & Burland J. B., "Limitations to the use of effective stresses in partly saturated soils," *Geotechnique* Vol.12 125-144 (1962)
- 2) Garlangier J. E., "Pore Pressures in Partially Saturated Soils," Doctor Thesis, Urbana Illinois, (1970)
- 3) Matyas E. C. & Radhakrishna H. S., "Volume Change Characteristics of Partially Saturated Soils," *Geotechnique* Vol.18 432-448 (1968)