

サクシヨン制御圧密試験機の試作と不飽和粘土の有効応力の検討

徳島大学 学生会員 ○堤 龍一 徳島大学 正会員 鈴木 壽
徳島大学 非会員 中山 裕基

1. はじめに

本研究では、サクシヨン制御圧密試験で、応力レベルの影響を考慮して、既往の不飽和土の有効応力式を検証する。これらの実験では、基底応力を作用させ、変位・体積変化が停止した時の応力を有効応力とする。

本研究の実験で明らかにするのは、不飽和粘土の有効応力である。有効応力は、不飽和粘土を供試体としたサクシヨン制御圧密試験機に基底応力を載荷して、変位が止まったとき、すなわち不飽和土内の間隙圧が完全に消散したときの応力である。このとき制御しているサクシヨンと計測される飽和度から、上で述べた有効応力、すなわち Kohgo¹⁾, Bishop²⁾, 軽部³⁾, Aitchson⁴⁾, Kahlili & Khabbaz⁵⁾ らの適用性を調べる。大きな論点は、有効応力をサクシヨンで記述すべきか、飽和度で記述すべきかである。前者なら、Kohgo, 後者なら、Bishop タイプの有効応力式 となる。

2. サクシヨン制御圧密試験機の試作

まず初めに、圧密容器について説明する。図 1 は、その詳細を示したものである。構造は一般の圧密試験に類似しているが、ロッドの中央部の管から空気圧を作用させ、サクシヨン制御できるようになっている。また、図中の A および B から同圧のサクシヨンを作用させることができる。

供試体の大きさは直径 6 cm、高さ 2 cm の粘土で標準圧密試験に準じている。上・下面はポーラスメタルで構成されており、通気・排水が可能な構造となっている。しかしながら、不飽和土の圧密試験では、供試体内の空気と水を分離しなければならないので、供試体上部には四フッ化エチレン樹脂膜、下部にはスーポアメンブレンを敷いた。前者は空気を通し、水を通さない膜である。逆に、後者は水を通すが、空気は 400 kPa までは通さない膜である。供試体の外側には、O リングが設置されており、これらの膜は O リングで挟んで固定した。排水は図の C から行われ、その排水量は VC メーターで測定した。また、供試体の圧密量は図中の D の変位計で測定した。圧密荷重はペロフラシリンダーによって載荷し、ロードセルを図中の E に設置することにより計測した。実験中の荷重、排水量、変位量は自動的に、パソコンで計測される。

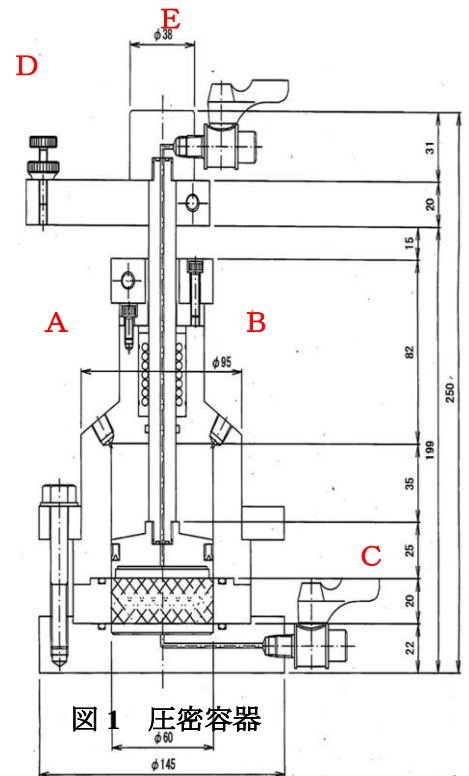


図 1 圧密容器

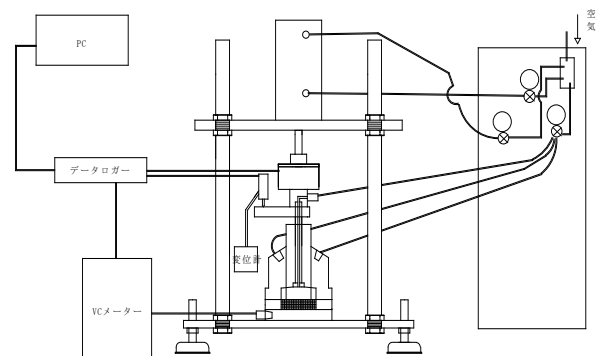


図 2 サクシヨン制御圧密試験機

3. 実験結果と既往の有効応力との比較

今回の実験では、応力レベルに応じた有効応力の検証実験と、サクシジョンの変化に応じた有効応力の検証実験を行った。それらの結果は以下のようになる。

図3はサクシジョンを200 kPa で一定に保った状態で、垂直荷重を80 kPa ずつ 400 kPa まで増加させた時の有効応力の増分を示している。図に示すように、全体的に見て、有効応力の増分は非常に小さな値となっており、各段階の圧密载荷時に有効応力がそれほど変化しなかったことが分かる。しかしながら、応力レベル（ひずみレベル）の小さい時（80,160 kPa）では、正の有効応力の増分が発生しており、有効応力は徐々に大きくなっていく傾向にある。一方、応力レベルが高い時（240,320,400 kPa）には、負の有効応力の増分が発生している。

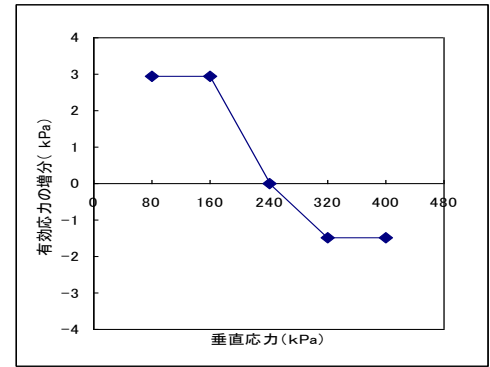


図3 サクシジョン一定下での段階载荷における有効応力の増分

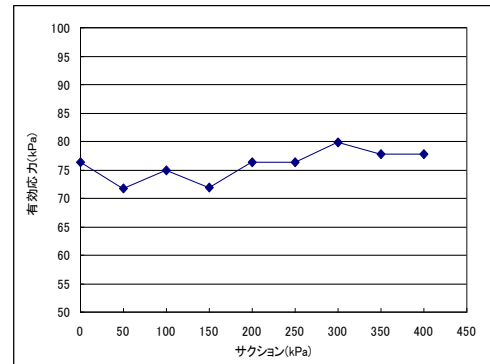
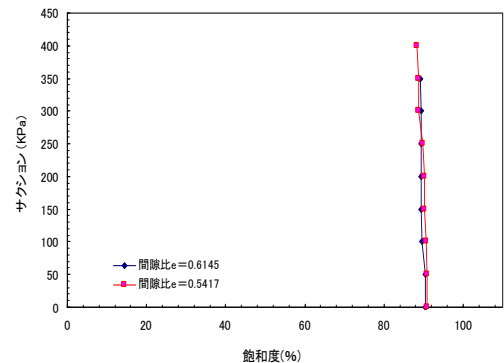


図4 サクシジョン一定下での段階载荷における有効応力の変化

一方、図4は初期载荷圧を80kPaと一定にし、サクシジョンを50kPaずつ増加させた場合の有効応力の変化を示している。図から分かるように、有効応力はサクシジョン400kPaまで、ほぼ一定値をとっている。この実験事実は、向後の有効応力の理論式の正当性を証明している。すなわち、この理論式において、空気侵入値までは全応力と有効応力がつり合い状態であり、実測値はほぼ全応力が有効応力と等しくなっている。また、図5は実験に用いた信楽粘土の水分保持特性を示している。この図から分かるように、間隙比の値によって多少の差はあるが、曲線はほぼ直上しており、air entry value は確認できないので、供試体は封入不飽和状態であったことが分かる。



4. おわりに

今回使用した粘土は、非常に air entry value が高かったので、全ての実験が封入不飽和状態となってしまった。この状態で、一定荷重下でのサクシジョン増加による有効応力の実験をした結果から、向後の有効応力式の正当性を検証した。

5. 参考文献

- 1) Kohgo Y, Nakano M, Miyazaki T. Theoretical aspects of constitutive modeling for unsaturated soils. Soils and Foundations 1993;33(4):49-63
- 2) Bishop, A. W. (1959). The principle of effective stress. Teknick Ukeblad, 39: pp.859-863.
- 3) Karube, D., Kato, S., Hamada, M. (1996): The relation between pore water and mechanical behavior of soil mass on unsaturated soil, journal of Geotechnical Engineering (III), JSCE, Vol. III -34, No. 535, 83-92. (in Japanese)
- 4) Aitchison GD. Relationships of moisture stress and effective stress functions in unsaturated soils. Pore Pressure and Suction in Soils. Butterworths: London, 1960.
- 5) J. E. B. Jennings and J. B. Burland (1962). Limitations to the use of effective stresses in partly saturated soils. Geotechnique 12, No2, pp.125-144.