

不飽和粘性土の圧密・圧縮特性に関する実験的考察

鳥取大学大学院 正会員 ○清水正喜

鳥取大学大学院 学生会員 加登侑起

1. 目的

不飽和土の研究では試験時間短縮の目的で透水性のよい試料が選択的に用いられることが多く、透水性の低い粘性土の圧密特性に関する実験的研究が少ない。本研究では、透水性にこだわらず、中程度の塑性を有する粘性土を対象として、不飽和状態で一次元圧密試験を実施した。目的は不飽和粘性土の一次元圧密・圧縮に関する基本的な挙動を実験的に明らかにすることである。

2. 試料

粉末粘性土（藤森粘土）の $75\mu\text{m}$ ふるい通過分を用いた（表1）。液性限界の約2倍の含水比で練り返し、大型圧密容器を用いて最大圧密圧力 73kPa で予備圧密した。予備圧密後、直径 6.0cm 、高さ 1.7cm に整形して1次元圧密試験に供した。整形直後では飽和度はほぼ 100% である。セラミックプレートを用いて加圧板法でサクションを作用させたが、セラミックのAEVより低いサクションであっても長時間作用させると空気が漏

ρ_s (g/cm^3)	2.683
シルト分 (%)	55
粘土分 (%)	45
液性限界 (%)	57
塑性限界 (%)	31
塑性指数 (%)	26

れる¹⁾ので、試験時間を極力短縮するために供試体高さを 2cm ではなくて 1.7cm にした。

3. 装置と試験方法

不飽和および飽和状態で1次元圧縮試験を行った。飽和供試体の試験も含めて不飽和土用圧密試験装置（図1）を使用した。この装置全体を通常の一次元圧縮試験用載荷装置に設置して段階的に圧密荷重を載荷した。

圧力セル内に圧密容器を設置した。圧密容器底部のセラミック板（AEV= 300kPa ）によってサクションの測定と制御が可能である。二

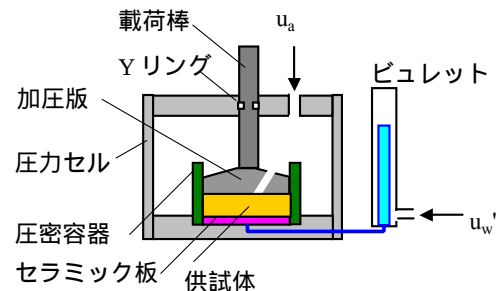


図1. 不飽和土用一次元圧密装置模式図

重管ビュレット内水面に作用させた空気圧（ u_w' ）がセラミック板を通して供試体底面に間隙水圧（ u_w ）として作用する。加圧版の細孔を通してセル圧が間隙空気圧（ u_a ）として作用する。以後、サクションは底面間隙水圧と間隙空気圧の差を意味する。本研究では u_w を 50kPa に保って、 u_a を変えることによりサクションを制御した。蒸発を抑制するため供試体上面にはメンブレンフィルターを、載荷棒にはYリングをそれぞれ装着している。

圧密荷重を載荷しないで、所定のサクションを段階的に作用させて不飽和状態にした。その後、荷重増分比1で段階的に圧密荷重を載荷した。不飽和化時にサクション 120kPa を作用させた試験（s120試験）と 80kPa を作用させた試験（s80試験）を行った。なお、s80試験の全載荷段階とs120試験の一部の段階で、供試体底面を非排水にして載荷し、底面間隙水圧の変化がおさまってから、底面を排水にした。

4. 結果

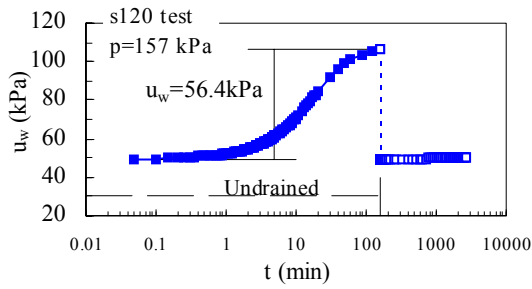
載荷時の間隙水圧、鉛直変位、排水量の変化挙動を図1に示す。例としてs120試験における $p=157\text{kPa}$ の段階での結果を示す。非排水で載荷すると間隙水圧が徐々に上昇し、ある一定値に落ち着く（図2(a)）。その間に供試体は圧縮する（図2(b)）。排水にすると間隙水が排水し、同時に圧縮変位も生じる。

非排水条件で載荷したときの間隙水圧の変化量の最大値 Δu_w は荷重 p と共に増加したが、 B 値（ $=\Delta u_w/\Delta p$ ）は過圧密領域では p と共に増加したが正規圧密領域では p と共に減少した（図3）。

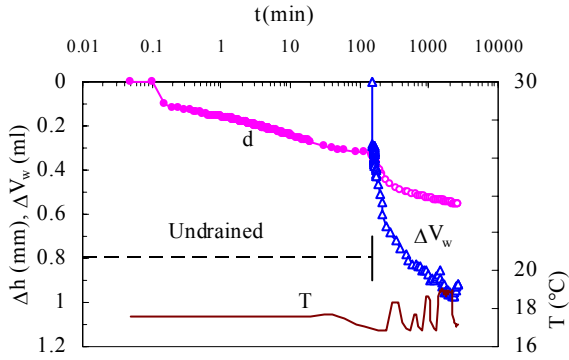
間隙比と $\log p$ の関係を図4に示す。s80試験の最初の載荷段階（ $p=9.8\text{kPa}$ ）で変位が正しく測定できなかったため、間隙比の挙動を試験間で正しく比較できない。そこで、 $p=19.7\text{kPa}$ での段階終了時を基準にしたひずみで比

キーワード 不飽和土，粘性土，圧密，圧縮，間隙水圧

連絡先 〒570-8552 鳥取市湖山町 鳥取大学工学部 清水正喜 TEL：0857-31-5290



(a)底面間隙水圧



(b)鉛直変位(d), 排水量 (ΔV_w), 温度(T)
図2. 載荷時の挙動 (s120 試験, $p=157\text{kPa}$ (-78kPa))

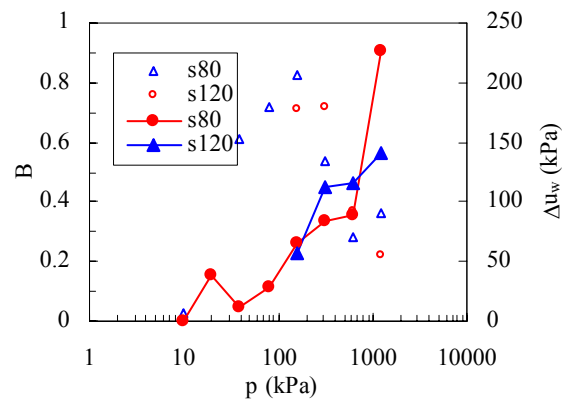


図3. 非排水載荷によって生じた過剰間隙水圧と B 値

較する (図5). サクシオンが高いほど p の比較的低い段階で圧縮性が低下すること, p が十分大きくなると圧縮性に大きな違いがないことがわかる.

図6に, s120 試験を例にして, 飽和度 S_r の p による変化を示した. S_r は p の増加につれて全体として増加した. 非排水で載荷すると S_r は一旦大きく上昇するが, 排水にすると低下した.

非排水載荷時に間隙水圧, 従ってサクシオンが変化する. よって p と e の間には 1 対 1 の対応関係がない. そこで p の代わりに, Bishop の有効応力 ($=p+S_r \cdot s$) をとった (図6). 不飽和化の段階 ($p=0$) も含めて e と p の間に一義的な関係を得ることができる.

5. 結論

非排水載荷時には Δp による圧縮が主体でおこり, 排水時には Δu_w の消散によって圧密が起こることがわかった. 深い考察を行うに至っていないが複雑な不飽和土の圧密現象を解明する上で有効な方法であると考えられる. また, Bishop の有効応力は p 一定で生じる体積変化挙動を説明できる可能性がある.

参考文献

1) Shimizu, M. and Nambu, K. One-dimensional consolidation of unsaturated soils and problems in experiments, Proc. 2nd Asian Conf. Unsaturated Soils, 2003.

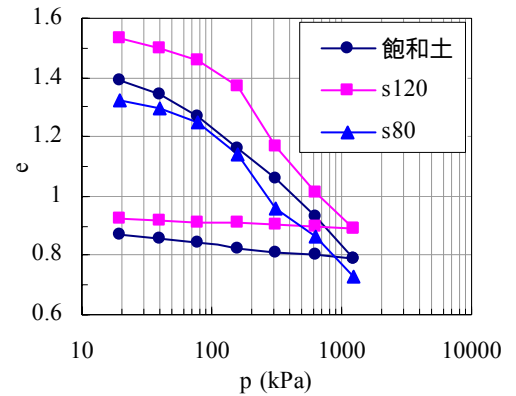


図4. e - $\log p$ 関係

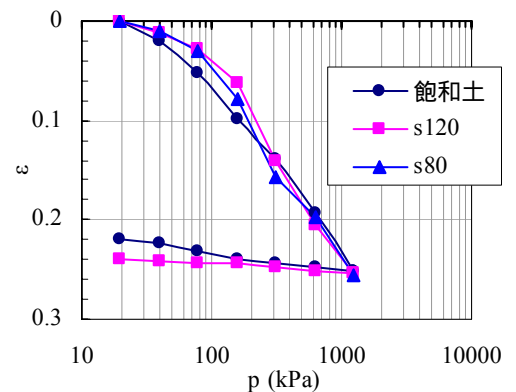


図5. ε - $\log p$ 関係

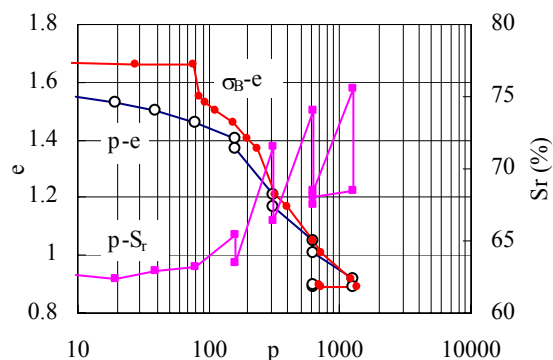


図6. e , S_r と $\log p$ の関係および e - $\log \sigma_B$ 関係