

サクシオン・除荷過程における不飽和粘土の弾塑性挙動

徳島大学工学部 正会員 鈴木 壽
 徳島大学工学部 正会員 山上拓男
 徳島大学大学院 学生員 ○辻 哲

1.はじめに 著者らはこれまでに圧密荷重一定条件下における繰返しサクシオン制御圧密試験を実施し、不飽和粘土の弾塑性挙動を調べることから、サクシオン降伏応力点の存在を明らかにしてきた¹⁻²⁾。このサクシオン降伏応力点はこれまでに受けた最大のサクシオンに相当し、この降伏応力点以下の状態では弾性的挙動を示し、それを越えると塑性ひずみが発生する。しかしながら、これまでの実験では圧密荷重が 0.1 kgf/cm^2 の場合、すなわち、初期間隙比が比較的大きい場合しか実施しておらずサクシオン降伏応力点の拘束圧依存性については検討していなかった。そこで本報告では、圧密荷重が 2.0 kgf/cm^2 の場合の繰返しサクシオン制御圧密試験を新たに実施し、得られた結果を先に示した圧密荷重 0.1 kgf/cm^2 の場合の試験結果とを併せて、サクシオン降伏応力点の拘束圧依存性、すなわち、Alonsoの弾塑性モデル³⁾におけるSI曲面の存在を実験的に検証する。

2.試験方法 用いた試験機はすでに報告した吸引法によるサクシオン制御圧密試験機であり、サクシオンは負の間隙水圧 u_w として作用させ、間隙空気圧 u_a は大気圧に等しくしている。具体的な試験手順としては、まず最初に予圧密供試体に 0.1 あるいは 2.0 kgf/cm^2 の圧密荷重を載荷し、24時間後に各供試体に $0.2, 0.3, 0.6, 0.9 \text{ kgf/cm}^2$ の初期サクシオン履歴を与える。次に一旦 0.1 kgf/cm^2 までサクシオンを解放し、その後 0.1 kgf/cm^2 の載荷幅で最大 0.9 kgf/cm^2 までのサクシオンを作用させる。ただし、 $0.4, 0.5, 0.8, 0.9 \text{ kgf/cm}^2$ となった時点で、いずれも 0.1 kgf/cm^2 までサクシオンを解放する。すなわち、この実験では合計4回のサクシオンの載荷・除荷を繰返している。

3.試験結果 図-1は圧密荷重が 2.0 kgf/cm^2 の場合の一連の試験結果を比体積 $v = 1 + e$ (e : 間隙比) とサクシオン s との関係に整理したもので、図中の(a),(b)はそれぞれ初期サクシオン履歴 s_i が $0.2, 0.6 \text{ kgf/cm}^2$ の場合に相当している。図に示すように圧密荷重が大きな場合、すなわち供試体の初期間隙比が小さい場合であっても、これまで受けた最大のサクシオン、すなわちサクシオン降伏応力点を境として弾塑性挙動を示すことが分かる。一方、図-2は先に示した圧密荷重が 0.1 kgf/cm^2 の場合の試験結果である。これらの図における不飽和粘土の圧縮・膨潤特性は同様な傾向を示しており、サクシオン降伏応力点は拘束圧に依存しないことが明らかである。なお、紙幅の都合上初期サクシオン履歴が $0.3, 0.9 \text{ kgf/cm}^2$ の場合の試験結果は示していないが、これらの場合についても上記と同様な結果が得られている。

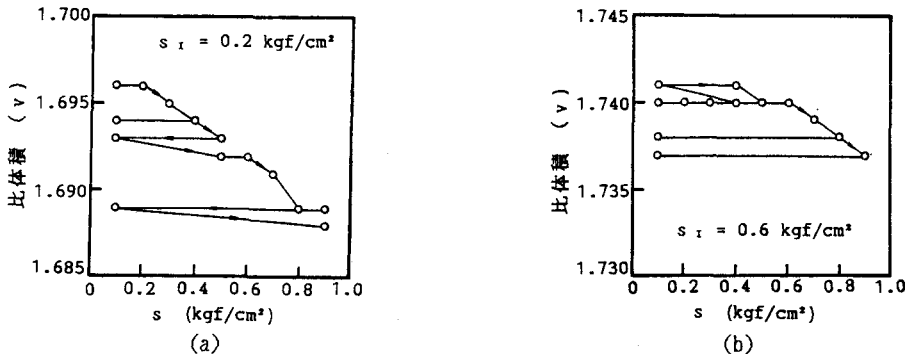


図-1 圧密荷重 2.0 kgf/cm^2 の場合の $v \sim s$ 関係

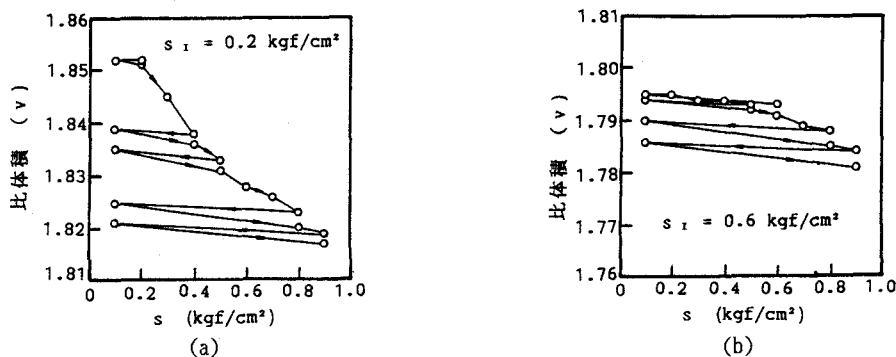
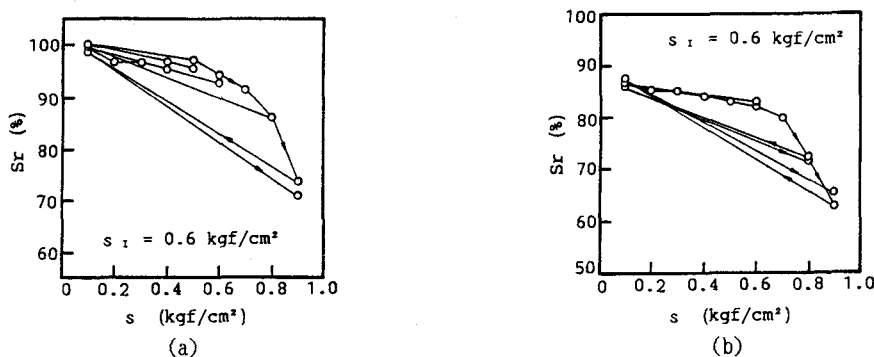
図-2 圧密荷重 0.1 kgf/cm^2 の場合の $v \sim s$ 関係

図-3 サクシオンと飽和度との関係

次に試験中の飽和度の変化を示す。図-3(a)は図-1(b)に対応するサクシオン s と飽和度 S_r との関係を示したものである。図に示すように、サクシオン・除荷によって供試体の飽和度も顕著に変化しており、大気圧下の空気が供試体内の間隙水と確実に置換されている。また図-3(b)は図-2(b)に対応する $s \sim S_r$ 関係を示したものである。この場合も(a)と同様な傾向を示しており、特に $s = 0.6 \text{ kgf/cm}^2$ を超えたところから急に S_r が減少している。このサクシオンが 0.6 kgf/cm^2 以上の場合では体積減少も同時に進行しているので、この急激な飽和度の減少は、供試体の体積減少よりも新たな土粒子間のメニスカスを形成するための排水量の方が多かったことを示している。

4. おわりに 本報告では、圧密荷重一定条件下における繰返しサクシオン制御圧密試験の圧密荷重が 2.0 kgf/cm^2 の場合の試験結果を新たに加え、これまでに示してきたサクシオン降伏応力点が拘束圧に依存しないことを明らかにした。このことは、Alonsoの弾塑性モデルにおけるSI曲面が検証されたことを意味している。今後LC曲面における初期間隙比の影響とサクシオン増加に対するLC曲面の拡大、すなわちカップリング効果を調べ、筆者らが提案した不飽和粘土の弾塑性モデル⁴⁾を検証していきたい。

参考文献 1) 鈴木 壽・山上拓男：不飽和粘土の弾塑性構成モデルに関する2, 3の考察、第35回土質工学シンポジウム発表論文集、pp.59-64, 1990. 2) 鈴木 壽・山上拓男：繰返し応力・サクシオン履歴を受けた不飽和粘土の圧縮・膨潤特性、繰返し応力を受ける地盤の変形に関するシンポジウム発表論文集、pp.27-34, 1990. 3) Alonso, E.E., Gens, A. and Hight, D.W. : Special Problem Soils, General Report (Session 5) 9th European Conf. SMFE, Dublin, 1987. 4) 鈴木 壽・山上拓男：不飽和シルト砂の弾塑性構成モデルとその数値解析への応用、第34回土質工学シンポジウム発表論文集、pp.211-218, 1989.