

III-177 サクション制御圧密試験における不飽和粘土の降伏曲面のカップリング効果

徳島大学大学院 学生員 ○辻 哲
 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

1. はじめに 著者らは、これまでにサクシオン一定制御圧密試験および圧密荷重一定条件下におけるサクシオン制御圧密試験を実施し、不飽和粘土の圧縮・膨潤特性を調べることから、Alonsoの提案するLC曲面、SI曲面¹⁾の存在を実験的に検証する²⁻³⁾とともに、それらの降伏曲面のサクシオン効果と拘束圧依存性を系統的に提示してきた。しかしながら、これまでの実験では飽和供試体に初めてサクシオンが作用した場合、すなわち現在作用しているサクシオンが過去に受けた最大のサクシオン(サクシオン降伏応力点)である場合の圧密荷重 p ~サクシオン s 平面上の降伏曲面しか求めておらず、サクシオン増加(SI曲面の拡大)に対するLC曲面の拡大に関する実験は実施していなかった。そこで、本報告ではサクシオン除荷過程におけるサクシオン一定制御圧密試験を行い、このカップリング効果を定量的に評価するとともに、実験で得られた降伏曲面とAlonsoの提案するLC曲面との対応関係を明らかにする。

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。実施した試験は2種類で、その応力経路は図-1に示している。(a),(b)はそれぞれ弾性域内から圧密荷重を増加することおよびサクシオンを除荷することにより降伏点を見出す試験の応力経路を示している。用いた試料はこれまでに報告した大谷焼粘土で、供試体は予圧密試料に 0.1kgf/cm^2 の圧密荷重を載荷し、24時間放置することにより作製した。具体的な試験手順としては、(a)の

場合では、初期サクシオン履歴として $s_i = 0.9\text{kgf/cm}^2$ を供試体に作用させ、そのサクシオンを 0.3 と 0.6kgf/cm^2 まで除荷し、サクシオンを一定に保った状態で圧密試験を実施する。これらの試験の応力経路は図-1(a)のA-D-B-E($s = 0.3\text{kgf/cm}^2$ の場合)とA-D-C-F($s = 0.6\text{kgf/cm}^2$ の場合)である。また(b)の場合は、初期サクシオン履歴として $s_i = 0.6\text{kgf/cm}^2$ を作用させ、圧密荷重を 0.5kgf/cm^2 まで増加させる。その後圧密荷重を一定に保った状態でサクシオンを一段階 0.15kgf/cm^2 の幅で完全に解放する。この試験の応力経路は図-1(b)に示している。なお、各応力段階は24時間とした。

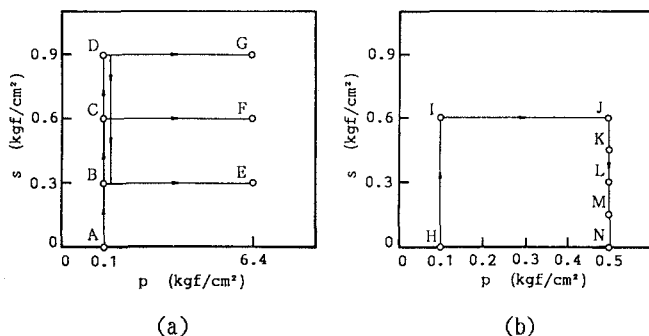


図-1 実施した試験の応力経路

3. 試験結果 図-2は図-1(a)に示した応力経路による一連の試験結果を比体積 $v = 1 + e$ (e : 間隙比)と $\log p$ との関係に整理したものである。図の(a)は、 s_i

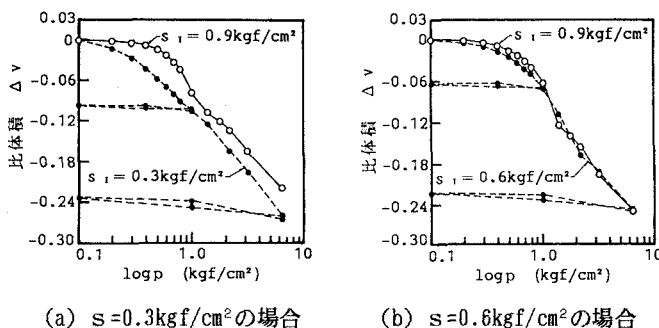


図-2 $\Delta v \sim \log p$ 関係

=0.9kgf/cm²の初期サクシオン履歴を与えて、s=0.3kgf/cm²へと除荷した場合の応力経路A-D-B-Eとその履歴を与えない応力経路A-B-Eによる試験から得られた $\Delta v \sim \log p$ 関係を比較したものである。一方(b)は、同様な比較をサクシオンを0.6kgf/cm²へと除荷した場合の不飽和供試体に対して行ったものであり、図-1(a)の応力経路A-D-C-FとA-C-Fによる試験結果を比較したものである。ただし、この Δv は所定のサクシオン作用後、すなわち不飽和供試体作製終了時からの圧密荷重の増減による比体積 v の変化量を示している。これらの図に示すように、いずれの場合も $s_i=0.9\text{kgf/cm}^2$ の初期サクシオン履歴を与えた供試体の圧密降伏応力点の方が大きくなっており、カップリング効果が顕著に表れている。また、ここで得られた降伏応力点を $p \sim s$ 平面上にプロットすると図-3が得られる。図中の点a,b,c,d,eは、それぞれ図-1(a)のA-B-E, A-C-F, A-D-G, A-D-B-E, A-D-C-Fの応力経路に従う実験より得られた降伏応力点である。図から分かるように、 $s_i=0.9\text{kgf/cm}^2$ というサクシオン履歴を与えることにより降伏曲面はo-a-b-c曲面からo'-d-e-c曲面へと拡大される。

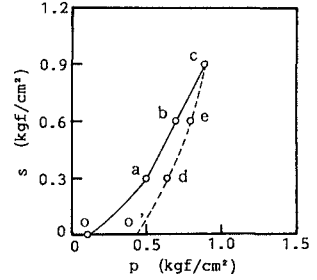


図-3 実験で得られた降伏曲面

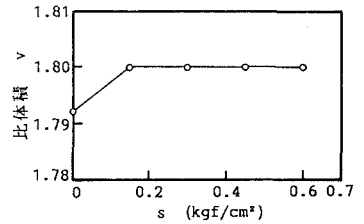


図-4 $v \sim s$ 関係

つぎに、図-4は先に示した図-1(b)のサクシオン除荷過程(J-K-L-M-Nの応力経路)に従う試験結果を比体積 v とサクシオン s との関係に整理したものである。この図に示すように、急激な体積減少は、図-3のo-a-b-c曲面を越える $s=0.3\text{kgf/cm}^2$ 付近ではなく、 $s=0.15\text{kgf/cm}^2$ 付近で生じており、このサクシオン除荷過程における実験からも図-3のo-a-b-cで示される降伏曲面の拡大、すなわちカップリング効果が確認された。

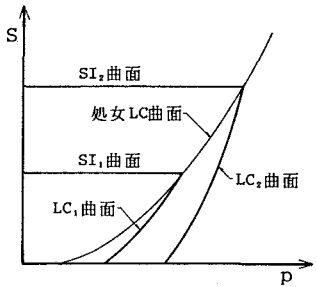


図-5 降伏曲面の概念図

図-5はこれらの降伏曲面の形状を概念的に示したものである。図中の処女LC曲面とは、現在作用しているサクシオンがサクシオン降伏応力点と一致する場合のサクシオン一定制御圧密試験により得られる曲面(図-3のo-a-b-c)であり、Alonsoの提案するLC曲面とは過去にそれ以上のサクシオン履歴を受けた場合のサクシオン一定制御圧密試験により得られる曲面(図-3のo'-d-e-c)である。すなわち、サクシオン増加過程では処女LC曲面、サクシオン除荷過程ではLC曲面が得られる。また、カップリング効果が生じる場合には、SI曲面とLC曲面の交点は必ずこの処女LC曲面に従って拡大していく。

4. おわりに 本報告では、種々の応力経路に従うサクシオン制御圧密試験を実施し、SI曲面の拡大によるLC曲面の拡大、すなわちカップリング効果を実験的に調べた。また、これらの実験から得られた降伏曲面に対する考察から、Alonsoの提案するLC曲面はサクシオン除荷過程より得られた降伏曲面に相当し、サクシオン増加過程ではこれとは異なった処女LC曲面が得られることが明らかとなった。今後は、このカップリング効果の拘束圧依存性を調べていきたい。

参考文献 1) Alonso, E.E., Gens, A. and Hight, D.W. : Special Problem Soils, General Report (Session 5) 9th European Conf. SMFE, Dublin, 1987. 2) 鈴木 壽・山上拓男・辻 哲: サクシオン一定制御圧密試験による不飽和粘土の降伏曲面、第26回土質工学研究発表会講演集、1990. 3) 鈴木 壽・山上拓男・辻 哲: サクシオン載荷・除荷過程における不飽和粘土の弾塑性挙動、土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集、1991.