

地盤材料の膨潤現象における膨潤ポテンシャルの決定について

東海大学 海洋学部 田倉 史朝
 東海大学 海洋学部 酒井 航
 東海大学 大学院 学 湊 太郎
 東海大学 海洋学部 正 アイダン・オメル

はじめに

地盤の膨潤現象は、地盤工学において重要な問題として位置づけられる。特に近年では、陸上交通網の整備・拡大や地下空間の有効利用などに伴い、地盤の膨潤現象を的確に把握し評価する方法が強く求められている。しかしながら、地盤の膨潤現象は、地盤の応力状態によって発生する地盤の塑性化と共に現れるため、膨潤現象を定量的に評価する際に困難を伴うのが現状である。

対象とする地盤の膨潤特性は、その膨潤量や膨潤圧を測定することによって評価される。しかし、膨潤土を規定している基準は見られず、膨潤量などを求めたり評価したりする方法も定まったものがない。

そこで本研究では、地盤の膨潤現象を定量的に評価する方法として、Aydan *et al* (1994) が提案した膨潤ポテンシャル曲面を用いることを考えた。ここでは、ひとつの供試体から膨潤ひずみ-含水比、膨潤ひずみ-圧力の関係を実験的に求め、それらから膨潤ポテンシャル曲面を決定することが可能か検討した。なお、本研究では、高い膨潤性を示すベントナイト粘土を用いた。

実験装置

本研究では、Fig. 1 および Fig. 2 に示す実験装置を用いて、自由膨潤の際の膨潤ひずみ-含水比、載荷時の圧力-膨潤ひずみの関係を求めた。なお、自由膨潤の際には、給水装置の水面と粘土供試体底面の高さの差を **1.0 mm** 以内とした。供試体を入れる容器は、直径 **6.0 cm** のアクリル製容器を用いた。給水装置は、内径 **11.0 cm** のアクリル製容器を用いた。また、荷重載荷は **0.165 g/min** の載荷速度で非排水条件の下で行った。さらに、変位の測定にはレーザー変位計を用い、これをパソコンに接続して自動的に測定した。本研究で用いた装置は、給水装置の水位を計測することによって、供試体の水分量の時間的な変化を求めることが可能であるということが特徴的なものである。

実験方法

実験は基本的に自由膨潤と載荷実験より成り立つ。自由膨潤は、容器に乾燥したベントナイトを入れ、給水装置から蒸留水を加えるようにした。このとき、レーザー変位計を供試体容器および給水装置の上部にセットし、測定の初期値をあわせ自由膨潤を開始しコンピュータに計測結果を記録した。載荷実験は、レバー式の圧密実験器を利用した。載荷は貯水槽から流量調整器を付けた管を通して水受け容器に給水することによって行った。このときも、レーザー変位計を利用して供試体の変位を計測し、その測定値をコンピュータに記録した。

実験結果と考察

Fig. 3 と Fig. 4 に実験結果の一例を示す。Fig. 3 には、自由膨潤過程で計測された、膨潤量と給水装置の水位の時間的な変化を示す。Fig. 4 には、載荷実験中に記録された圧力と変位量を示す。得られた実験結果から、供試体の膨潤ひずみと水分量が時間と共にある一定値に近づくことがわかる。また、圧力と変位量の関係は、指数関数的な応答を示している。このような結果は、膨潤ポテンシャル曲面の関数を決定する際に重要であると思われる。

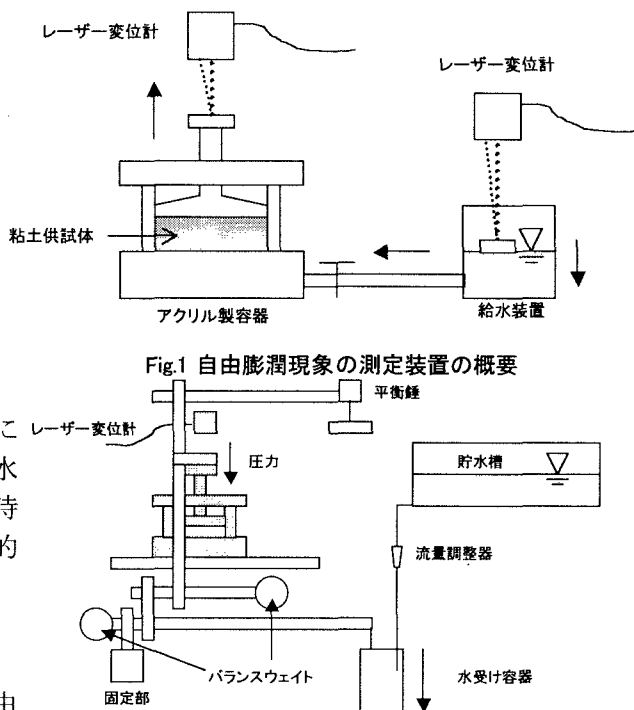


Fig.2 レバー式載荷装置の概要

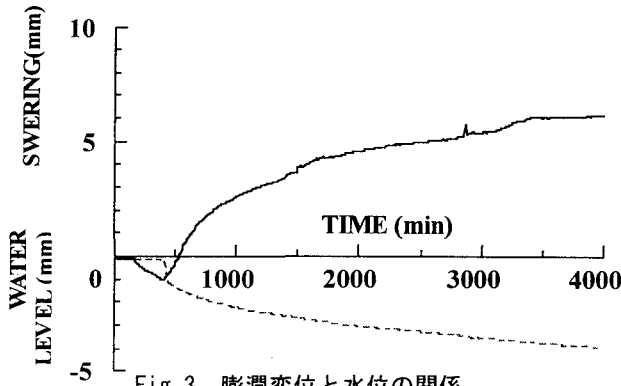


Fig. 3 膨潤変位と水位の関係

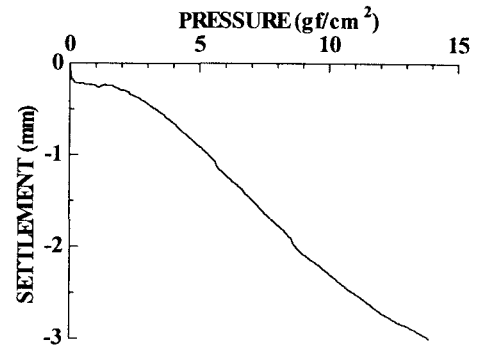


Fig. 4 圧力と圧縮変位の関係

膨潤ポテンシャル曲面の決定

Aydan ら(1994)は膨潤ポテンシャルを地盤材料の給水した含水比と圧力の関数として次のように与えている。

$$\varepsilon_{sv} = f(\theta, \sigma_v) \quad (1)$$

ここで、 ε_{sv} : 体積膨潤ひずみ、 σ_v 体積応力 (圧力)、 θ は含水比である。前節に述べたような実験結果を考慮して、膨潤ポテンシャルは、次のような指数関数で表されるとする。

$$\varepsilon_{sv} = Ae^{-B\sigma_v}(1 - e^{-C\theta}) \quad (2)$$

Fig. 3 と Fig. 4 はで示した実験結果に対して、式 (2) で与えた関数の係数を求めて、膨潤ポテンシャルの関数を決定する。そのため、含水比を吸着される水分の体積と供試体の全体積に対する比として次のように定義する。

$$\theta = \frac{V_w}{V_s + V_w} = \frac{V_w}{V_t} \quad (3)$$

Fig. 5 は自由膨潤過程における上記の定義に従って求めた含水比と計測された膨潤ひずみの関係を示す。また、Fig. 6 は圧縮過程における膨潤ひずみと圧力の関係を示す。同図に式(2)に基づいて求めた関数の各実験過程下での射影曲線を図示する。これらの実験結果より膨潤ポテンシャル曲面の関数の係数 A, B, C を 1.0, 1/25, 5 とし求め、その関数を 3 次元的に Fig. 7 に図示する。

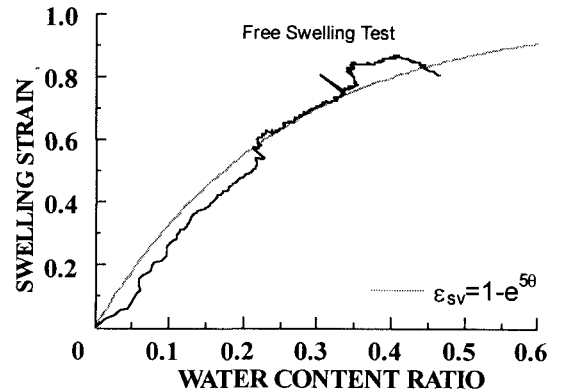


Fig. 5 含水比と膨潤ひずみの関係

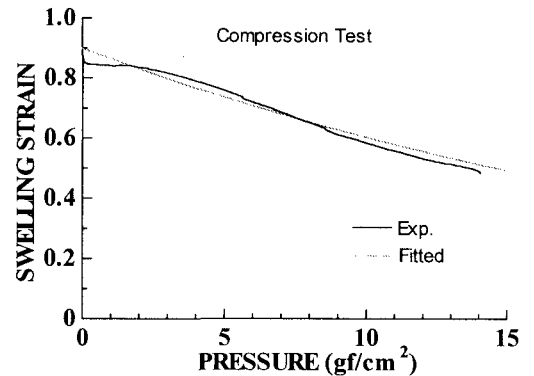


Fig. 6 圧力と膨潤ひずみの関係

結論

本研究で地盤材料の膨潤現象に着目し、Aydan ら(1994)の提案した膨潤ポテンシャル曲面を一つの供試体より求める実験手法を開発した。また、膨潤過程に、地盤材料に吸着される水分量を計測できる手法を開発し、その妥当性を確認した。今後の課題として、膨潤性の鉱物を有する岩石・岩盤への本手法の適用性を検討することが残されている。

参考文献

Aydan, Ö., T. Ito, T. Akagi and T. Kawamoto (1994). Theoretical and numerical modelling of swelling phenomenon of rocks in rock excavations. *Int Conf. on Computer Methods and Advances in Geomechanics, IACMAG, Morgantown*, 3, 2215-2220.

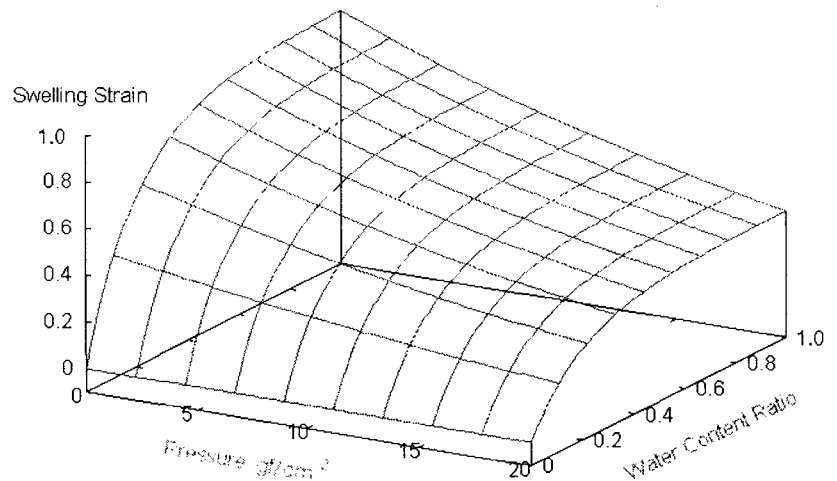


Fig. 7 実験より決定した膨潤ポテンシャル曲面