

神戸大学大学院 学生員 只野 秋彦
 神戸大学工学部 正会員 谷本 喜一
 神戸大学工学部 正会員 田中 泰雄

1. まえがき

盛土造成などの土工事において、水浸による沈下が問題となる場合が少なくない。本研究室では、水浸による盛土の沈下問題の中で、特に沈下速度について一連の研究を行ってきた。前報¹⁾においては、比較的飽和度の高い土について水浸試験を実施し、水浸沈下の速度と土中サクションの消散速度とは強い関係があることを示した。今回は飽和度の低い土について水浸試験を実施し、サクションの変化と沈下速度の関係について究明した。また不飽和浸透理論を用いて、水浸にともなう土中サクションの消散現象について解析し、その結果から沈下速度の予測法について検討を加えた。

2. 実験方法および実験結果

試料は前報と同一の神戸層群に属する泥岩の圧砕材料である。供試体の初期条件としては、乾燥密度を 1.55 g/cm^3 とし、含水比を $15.7 \sim 18.2\%$ の間で変化させた。図-1に実験装置の概要を示す。高い領域でのサクションを測定するためにバックエアプレッシャーを使用できるように装置を改良したが、用いたポーラスストーンの特性上、測定できた最大圧は約 2 kgf/cm^2 であった。装置の作動機能および実験方法は前報とほぼ同じである。

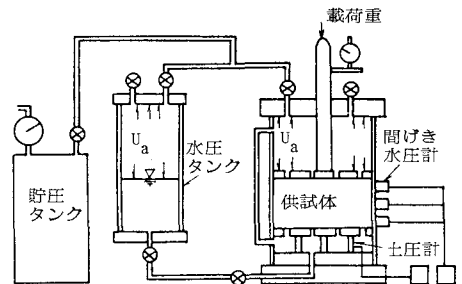


図-1 実験装置の概要

水浸中に測定された供試体沈下量とサクションの経時変化の代表例を図-2に示す。図中のサクション減少率ならびに水浸沈下率とは、諸量をそれぞれ初期サクション値および全沈下量で除し、百分率として示したものである。図からわかるように、低い飽和度の土についても前報と同様に、供試体の水浸沈下の速度と土中サクションの消散速度との間には対応関係があると思われる。

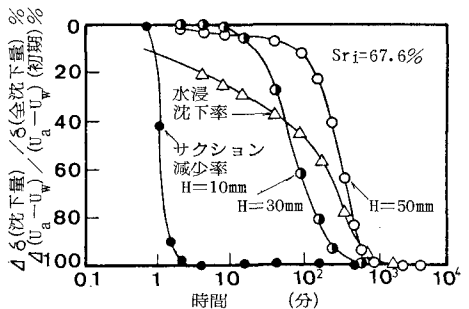


図-2 水浸沈下およびサクション消散の経時変化(実験結果)

3. 沈下速度の予測法

Barden²⁾は、Coleman³⁾の提案式に基づき、一次元問題での不飽和土の体積変化は、次式で表わせることを示した。

$$\frac{dV}{V} = C_1 d(\sigma - u_a) + C_2 d(u_a - u_w) \quad \dots (1)$$

ここに、 C_1 、 C_2 は、それぞれ載荷応力およびサクションの変化と体積変化との関係を表わす係数である。

本研究のように、載荷応力が一定で、供試体底部より一元的に水浸させた場合、式(1)中の載荷応力の変化量 $d(\sigma - u_a)$ はゼロとなるため、体積変化は $\frac{dV}{V} = C_2 d(u_a - u_w) \dots (2)$ によって示される。よって、係数 C_2 が決定されれば、体積変化量(沈下量)はサクションの変化量から算定できる。今回および前報の実験から得られた水浸沈下量と初期サクション値の関係を図-3に示す。図に示すように、沈下量とサクション減少量の関係はほぼ直線関係を示している。したがって、今回までの実験結果に関しては C_2 は定数と考えられる。しかし、Barden³⁾

が報告しているように、一般的には、 C_2 は定数ではなく、サクションの大きさによって変化するものと考えらるべきであろう。

次に、水浸中の土中サクションの経時変化は、以下に示す不飽和浸透方程式によって解析できると考えられる。

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(D \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) + \frac{\partial \epsilon}{\partial z} \quad \dots (3)$$

ここに、 θ は体積含水率、 t および z はそれぞれ水時間と鉛直方向深さを示し、 ϵ は不飽和透水係数、 $D \left(= \frac{\partial \psi}{\partial \theta} \right)$ は水分拡散係数、 ψ は水分ポテンシャルである。

式(3)により、水浸にともなう土中の体積含水率の経時変化が予測され、次に、サクションの変化は体積含水率もしくは飽和度(S_r)の変化から算定できる。また、得られたサクションの変化から、式(2)により水浸沈下量の経時変化を予測することができ。ここで注目すべきことは、式(2)中の C_2 が定数であれば、サクションと水浸沈下量の関係はTerzaghiの一次元圧密理論における過剰間隙水压と圧密沈下量の関係と同様に取り扱えることである。つまり、粘土層の平均圧密度を算定するように、水浸中の土層のサクション平均消散度を求め、これを水浸沈下量と対応させることができる。

以上に述べた解析手法を用いて、本研究の実験結果について理論解析を行った。なお、式(3)の解法には、 ψ と ϵ および D の3つのパラメータの内、少なくとも2つが必要であるが、本研究では、 ψ について図-4に示すような ψ と S_r の関係が得られており、一方、 ϵ についてはBrooks⁴⁾らが示す下記の経験式が適用できると考えた。

$$\epsilon = \epsilon_s \left(\frac{S_r - S_r'}{100 - S_r'} \right)^m \quad \dots (4)$$

ϵ_s : 飽和透水係数($\approx 10^{-7}$ cm/sec)
 S_r' : 残留飽和度(25%と仮定)
 m : 経験的定数(3.5と仮定)

図-2に示した実験結果と対応するように解析条件を設定し、水浸沈下量およびサクション変化率に関して解析した結果を図-5に示す。図のように、解析結果は実験結果と比較的良好に対応しており、今回報告した解析手法は妥当であると考えられる。

4. まとめ

今回、比較的飽和度の低い土について水浸試験を実施した結果、前報と同様に水浸沈下とサクションの消散は強く関係していることが判明した。また、水浸沈下の速度は不飽和浸透理論により解析できるものと判断される。

[参考文献] 1) 田中, 谷本, 只野(1992): "水浸による不飽和土の沈下とサクションとの関係について", 第7回土木学会学術講演概要集, pp 149~150
 2) Barden, M. and Sides (1969): "Volume Change Characteristics of Unsaturated Clay", Proc. ASCE, Vol. 95, SM1, pp 33~51
 3) Coleman (1962): "Stress/Strain Relations for Partly Saturated Soil", Correspondence, Géotechnique, Vol. 12, NO. 4, pp 348~350
 4) Brooks and Corey (1966): "Properties of Porous Media Affecting Fluid Flow", Proc. ASCE, Vol. 92, IR2, pp 61~88

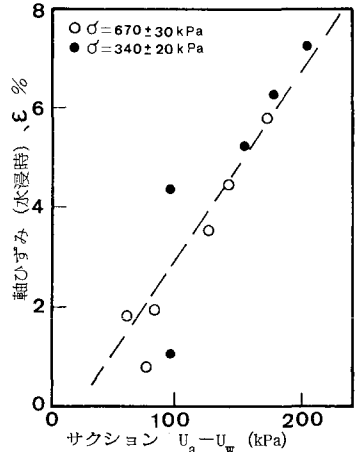


図-3 水浸沈下量とサクションの関係

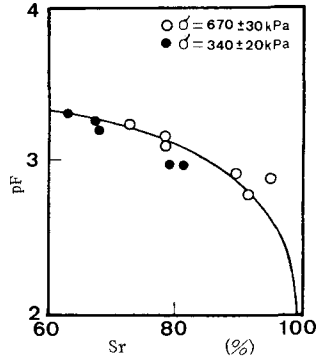


図-4 サクションと飽和度の関係

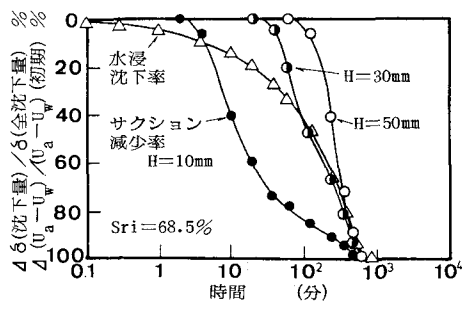


図-5 水浸沈下およびサクション消散の経時変化(解析結果)