

岩の保水性試験の試み

中部大学工学部 正会員 杉井 俊夫
中部大学工学部 学生会員 ○木村 努

1. はじめに

岩の乾湿繰り返しによる碎屑化や湿潤によるスレーキングの解明、また、岩の透水性等を考える上で岩の保水性が重要となる。しかし、土を対象とした水分特性曲線(サクシオンと水分量の関係)の測定例に比べ、岩を対象とした水分特性曲線の測定例は大変少ない。さらに、岩は、土に比べて間隙が小さくサクシオンは高いと考えられたため、サクシオンの高い値を測定できる方法が必要である。雨宮ら¹⁾は、サイクロメーター法を用いて砂岩のサクシオンを計測しているが水分量に関しては数値解析により推定している。そこで、本研究室は、加圧法とサイクロメーター法によりサクシオンと水分量を直接測定する方法を提案した。本文は砂岩を対象とした水分計測法について報告である。

2. サイクロメーター法²⁾³⁾⁴⁾

2.1 実験装置

実験装置は、Dew Point Microvoltmeter(Wescor 社製の HR-33T)に恒温箱内の密閉容器に接続したサイクロメーター(Wescor 社製の PST-55)とレコーダーを接続する。密閉容器内に岩を入れサイクロメーターに電流を流し空気を冷却し、空気中の水蒸気が飽和して露点に達したときの熱起電力を測定しレコーダーに記録される。熱起電力から水蒸気の化学ポテンシャルが求まり、間接的に岩の化学ポテンシャルを求める。

2.2 センサーと岩の接合部

サイクロメーターは、野外での土壌測定に用いるため、岩での測定方法が問題である。サイクロメーター(図-1)は、シールド内の熱電対に水分が付着することにより露点降下の熱起電力を測定する構造のため、シールドと岩が密着し、サイクロメーターと岩を密閉にし、岩に含まれる水分以外の影響を少なくする必要がある。そこで、岩の一面を平らにしドリルで直径 5.5mm の穴を開け、それ以外の面をシールテープ、ビニールテープの順に巻き(図-2)、ゴム板を付けたサイクロメーターを挿入する(図-3)。この方法によりセンサーと岩が密閉状態になり、岩に含まれている水分のみの移動となり、岩の熱起電力が測定できる。

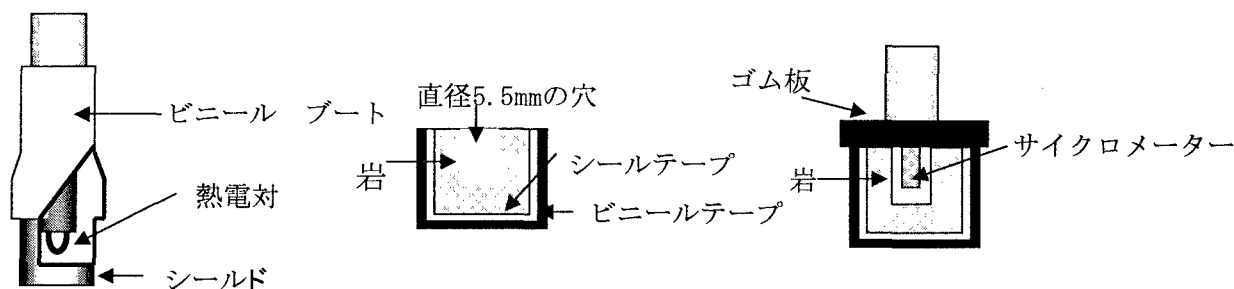


図-1 サイクロメーターの構造

図-2 岩の準備

図-3 センサーと岩の接合部

2.3 サクシオンの算出

サイクロメーター法の実験より測定された熱起電力からサイクロメーターの校正曲線を用いて化学ポテンシャル ϕ を求める。サイクロメーター法の実験により求めるサクシオンは、式(1)のようにマトリックポテンシャルの絶対値で考えるため、化学ポテンシャル ϕ から浸透ポテンシャル ϕ_o を引く必要がある。

$$\begin{aligned} \text{サクシオン} &= |\text{マトリックポテンシャル(負号)}| \\ &= \text{化学ポテンシャル} - \text{浸透ポテンシャル} \quad (1) \end{aligned}$$

浸透ポテンシャルは、測定する岩の電気伝導率試験 (JGS 0212) によって求められた式電気伝導度 χ から式 (2) より飽和浸透ポテンシャル $\phi_{os}^{(5)}$ を求める。測定した岩の浸透ポテンシャルを式 (3) により求める。これにより、化学ポテンシャルと浸透ポテンシャルが求まり式 (1) よりサクシオン (マトリックポテンシャルの絶対値) が求まる。

$$\phi_{os} = -0.36 \chi \quad (2)$$

$$\phi_o = \phi_{os} (\omega_s / \omega) \quad (3)$$

ここに、 M : 濃度 ω_s : 飽和時の含水比 ω : 測定時の含水比とする。含水比と化学ポテンシャルおよび浸透ポテンシャルの関係を図-4 に示す。

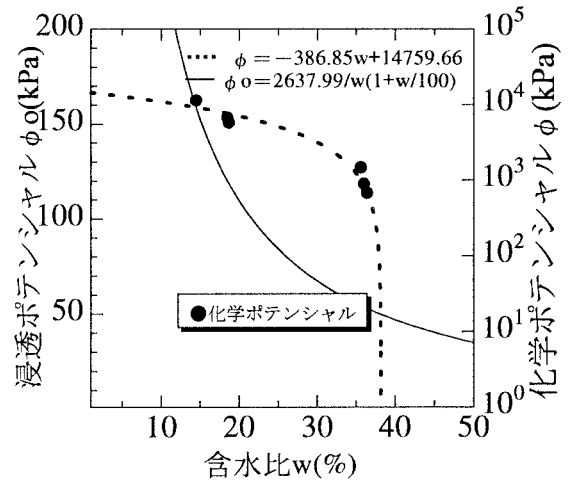


図-4 含水比と各ポテンシャルの関係

3. 加圧法⁶⁾

今回使用した実験装置を図-5 に示す。飽和したフィルター上にろ紙を敷き、岩を載せる。あらかじめ、フィルターと接する面の岩を平らに削る。その後、試験装置内を加圧し、フィルターの間隙水圧と岩の間隙水圧が平衡になった時の値より、式 (4) からサクシオンを求める。

$$S = |U_a - U_w| \quad (4)$$

ここに、 S : サクシオン (kPa)、 U_a : 間隙空気圧 (kPa)

U_w : 間隙水圧 (kPa)

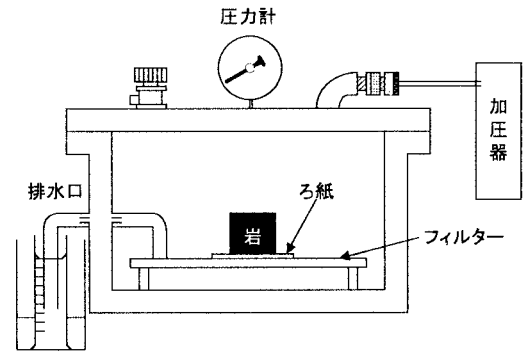


図-5 実験装置(加圧法)

4. 水分量の計測

各サクシオン負荷段階の質量を装置から取り外して計測し、最後に炉乾燥にして水分量を逆算する。本研究では、測定する岩を水に2日沈めた岩の含水比が38%であり、同一種類で別の岩の含水比をパラフィン法で求めた体積から算出した含水比の結果の33%と比較してほぼ飽和として判断した。

5. 結果、考察

図-6 に排水過程の結果を示す。砂岩のサクシオンは大変高いことが、図-6 より考察できる。加圧法は、4段階 (3.1kPa、9.81kPa、98.00kPa、155.42 kPa) 行ったが、含水比は、ほぼ等しいことから比較的間隙の小さい砂岩での測定には、サイクロメーター法が適している。本文で試みたサイクロメーター法は、サイクロメーターと岩との密閉部分をテープで行うため、測定後すぐ岩の状態を測定するのに適している。今後は、湿潤過程についても保水性を調べる予定である。

【謝辞】

本実験において同研究室 小野充君にご協力いただいた。また、本研究は、平成13年度科学研究費補助金基盤研究(c)「繰り返しサクシオン負荷時のスレーキング特性に関する研究」(No.13650553:代表 杉井俊夫)を受けた。ここに記して謝意を表する。

【参考文献】

- 1) 雨宮清：砂岩の不飽和浸透特性の測定(その1:サクシオンに着目して)第53回年次学術講演会講演概要集 第三部(A), pp658-659, 1998.
- 2) 岩間英矩・石井和夫・古田哲：熱電対露点計による水分ポテンシャルの測定, 土壌の物理性第44号, pp2-8, 1981.
- 3) 塩沢昌：サイクロメーターによる土壌水のポテンシャル測定, 土壌の物理性第62号, pp53-61, 1991.
- 4) 地盤工学会：土質試験の方法と解説, pp118-132, 2000.
- 5) 地盤工学会：土質試験の方法と解説, pp166-169, 2000.
- 6) 飽和土編集委員会：ジオテクノート 不飽和土, 社会法人士質工学, pp32-39, 1993.

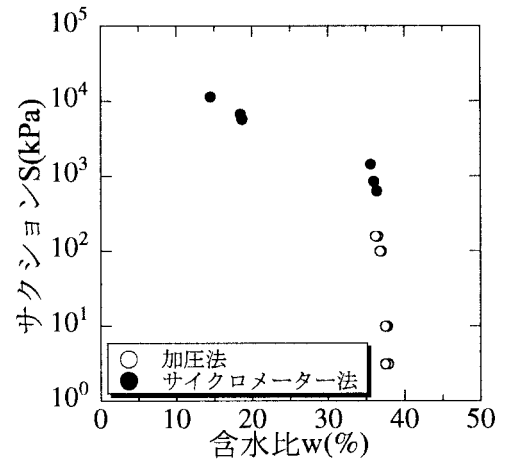


図-6 水分特性曲線