

III-404

不飽和浸透問題への電気探査法の適用

関西大学工学部 正会員 ○ 青山千彰
 北海設計㈱ 加藤 淳
 関西大学大学院 堀川昌裕
 関西大学工学部 正会員 西田一彦

1. はじめに

不飽和地盤内の浸透状況は、水分特性曲線や不飽和透水係数に関する計測技術と不飽和浸透解析法の見ざましい発達により、ある程度まで具体的に把握できるようになってきた。しかし、これらの解析結果も、地盤内全域での浸透状態を測定する方法がないため、その精度に付いては、全くわからないのが現状である。

そこで、測定地盤を乱すことなく、広範囲に浸透状態を把握する手法として地下水探査に用いられる電気探査法に注目し、地盤より採取した不攪乱試料の比抵抗の変化から水分量の変化への校正式を得、それらの不飽和地盤内への適用の可能性について検討した。以下、その結果について報告する。

2. 実験および計測の方法

電気探査法によって計測した比抵抗と水分量の関係を把握するために以下のような現地計測を行った。現地計測については、降雨強度が150mm/hrの人工降雨を受ける砂質土地盤($G_s=2.72$, $e=0.614$)における見掛け比抵抗を測定した。電極の設置は測線沿いに20cm間隔とし、現場での探査にはコンピュータと連動した自動電気探査装置¹⁾を用い、送受信電極を併用する2極法を採用した。測定結果は見掛け比抵抗 ρ_a として得られるため、見掛け比抵抗を基に、佐々木²⁾の2次元インバージョンにより求めた比抵抗 ρ を得た。

浸透に伴うサクシジョンの測定には防水加工したヒズミゲージ型圧力センサー(1kgf/cm²、感度5mm水頭)にABV=0.8kgf/cm²の素焼円筒を取り付けたものを計測地点に挿入した。

ここで、室内実験で得られた比抵抗値 ρ_s と水分変化量との関係を、現場測定値に応用していくためには、 ρ_s と ρ の関係が不明瞭なため、両者とも比抵抗の変化率で表すことにした。室内実験での比抵抗変化率はサクシジョンの値が最小(ほぼ飽和状態)となる地点での比抵抗 ρ_{i0} と任意での比抵抗 ρ_i より比抵抗変化率 c_i を求めた。一方、現場では当初、サクシジョン計が0になった時点としていたが、バラツキが激しく、測定域の水分状態を代表していないため、水浸し状態をもって ρ_{i0} とした。(室内をs、現場をaとする)

$$c_i = (\rho_i - \rho_{i0}) / \rho_{i0} \quad i=s, a \quad (1) \quad \text{ただし、インバージョン解析後はCとする}$$

3. 室内実験結果の現場計測への適用

現地測定を行った場所より釘打ち込み法で採取した不攪乱試料の吸排水過程での水分特性曲線を図-1に、吸水過程での比抵抗変化率と体積含水率を図-2(実測値はプロットで表記)に示す。室内実験における比抵抗と水分量の関係を示す実験式としてArchieの式が有名である。 $\rho / \rho_0 = S_r^{-n} \quad (2) \quad (n: \text{は飽和指数})$

通常は2、 ρ_0 は飽和時の試料の比抵抗)

ここで $\rho_0 = \rho_{i0}$ と仮定すると、比抵抗変化率 C_s と体積含水率 θ との関係は、

$$(1), (2) \text{より以下のような式で表される。} \\ C_s = \{ \theta (1 + e) / e \}^{-2} - 1 \quad (3)$$

(3)式を図-2に示された砂質土試料の比抵抗変化に適用した結果を図-2に重ねる。(3)式は、 C_s と θ の関係が間隙比 e によって一義的に表すことができるということを示しているが、試料の種類、給排水過程の影響等の因子を考慮していないため実験結果を十分に表現でき

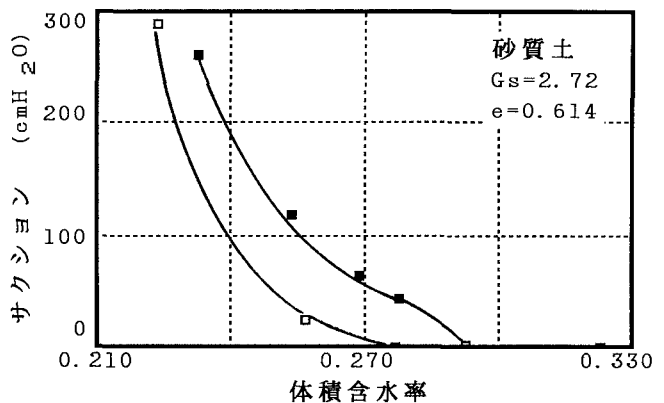


図-1 現場採取試料の水分特性曲線

ない。そこで C_s と θ の関係を実験の結果を生かしながら定式化するために、指数、対数、双曲線等で回帰したところ、次式のような対数式によって、実験結果を最もよく表現できた。

$\theta = a + b \cdot \log(C_s)$ a, b は実験定数 —(4) この関係はまさ土、粘性土においても、同様の結果を得た。したがって、室内実験においての $C_s - \theta$ 関係を表現する方法としては対数による回帰が有効であるといえる。(4)式の現地計測への適用を以下に検討した。

図-3に降雨強度150mm/hr人工降雨を約5時間にわたって降らせた砂質土地盤の地面に対し垂直方向の比抵抗変化率 C を示す。時間経緯に伴い水分が地盤に浸透するにつれて、比抵抗が低下していく様子が明確に表現されている。ここで比抵抗の変化を表す比抵抗変化率 C を(3)、(4)式によって体積含水率 θ に変換し、水分の深度変化として表したものが図-4である。図より明らかなように、変換の方法の違いがそのまま θ の値に反映している。また、比較のために、測線付近で、併せて比抵抗値に影響のない2カ所を選び、降雨前の深度方向の含水比を実測した。若干のパラツキが見られるものの対数回帰式による θ の初期値に、近似した値を示す。

以上のような結果と水分特性曲線において θ の取りうる範囲より判断して、現地計測から得た比抵抗変化についても、室内実験から得た対数回帰式の適用が十分に可能であるといえる。

また、室内実験から得られた $C_s - \theta$ 関係を現地計測結果に適用して体積含水率を得たことにより、不飽和地盤内の浸透状況を比較的簡便に把握する可能性を示した。

参考文献 1)井上誠：電気探査比抵抗断面表示による地下水探査法、応用地質、20-4、PP.12-19,1979.

2)佐々木裕：比抵抗垂直探査における2次元構造の自動解析（I）、物理探査、Vol.34、No.5、pp.15-24,1981

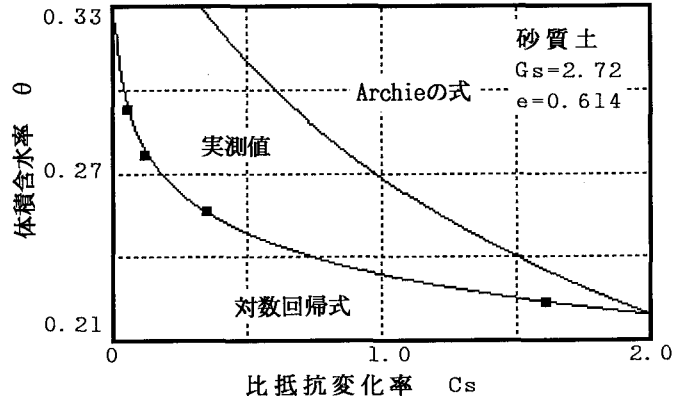


図-2 現場採取試料の $C_s - \theta$ 関係

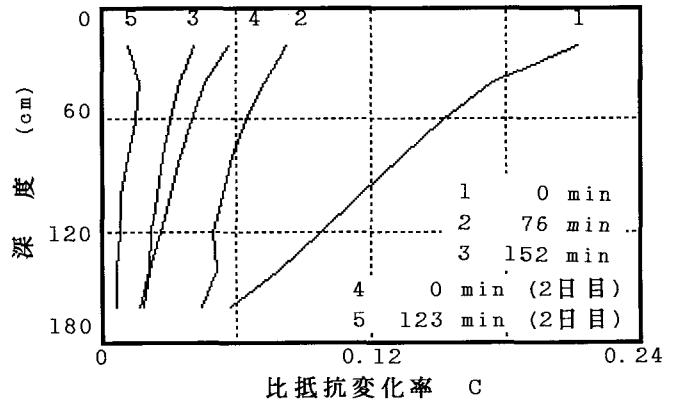


図-3 比抵抗変化率 C の深度分布

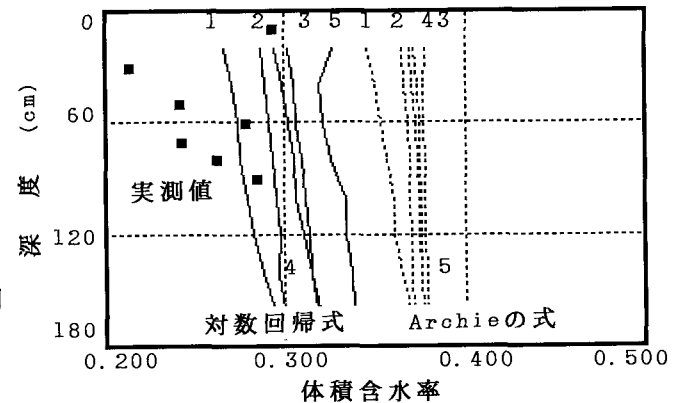


図-4 砂質地盤における C から θ への変換