電気探査法を用いた不飽和浸透計測について

関西大学工学部　正会員　青山千彰
関西大学工学部　正会員　西田一彦
関西大学大学院　学生員○堀川昌裕

1．はじめに

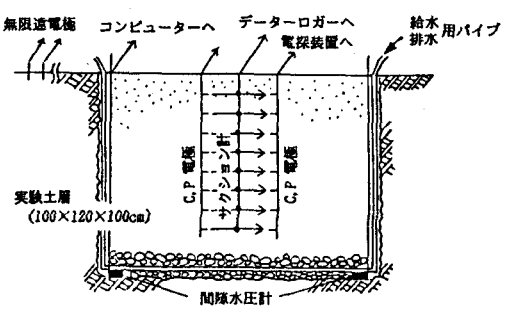
不飽和地盤内への水の浸透状況は、不飽和浸透解析法の発達により、ある程度まで正確に把握できるようになってきたが、一方では、地盤内全域での浸透状態を測定する方法がないため、実際の水の地中流出状態を完全に把握することは困難である。そこで、従来の電気探査法を用いて、不飽和浸透計測への適用の可能性について検討してみた。今回、従来の電気探査法では電極を地表面上に水平に設置していたものを、地表面に対して鉛直方向に設置するという方法を試み、より高精度な断面としての情報を得る目的の第一段階としての意味で、実験を行い、その結果を報告する。

2．試料及び実験方法

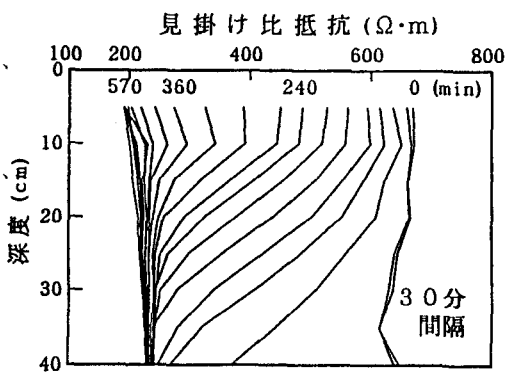
現場に実験土層(100×120×100cm)を図－1のように掘り、初期含水比を約5％に調整したシルト混じり砂を用いて締固め密度 1.5gf/cm^{3}で静的に締固めた。その際、電極間隔を30cmに配置した電流及び電位電極（炭素棒）とサクション計とを一組として深度5cmから40cmまで5cmごとに8組埋設した。今回の実験は、二極法を用い、土層底面より給水用パイプで水を供給し、土層底面に設置した間隙水圧計により調整しながら、水位面を上昇させた（図－5参照）。各電極は電気探査装置を通じてコンピューターに連結、サクション計はデーターロガーに連結し、データのサンプリング速度を電気探査側で1～8ch(1cycle/40sec)を連続取り込み、サクション側で1～8ch(1cycle/8sec)を1分間隔で取り込む。ここで、得られた比抵抗値は、同一深度での電極間隔が狭いため、その深度での見掛け比抵抗(ρ_a)とした。

3．実験結果

水位面上昇実験をした結果、測定時間ごとの各深度でのρ_aを表したものが図－2である。これより、水位面を下部から上昇させるにつれて、ρ_aが最深部から徐々に減少していき、地表面近くまで達すると定常した値に落ち着くのがわかる。また、図－3は、図－2の各深度におけるρ_aの経時変化を表したものである。これからも、浸透開始直後より最深部からρ_aが減少し始め、時間の経過につれて順次減少域が地表面へと及んでいく過程がわかる。また、ρ_aの減少過程で各深度に共通した曲率変化が発生している。図中丸印の部分を拡大したものが右上の図である。これより、ρ_aが急激に減少した後、一瞬増加してから一定した値に収束していく。ここで、この変化パターンは、程度の違いはあるものの、どの深度にも現れているため、各深度での最初の変曲点を特異挙動点と呼称した。次に、各深度におけるサクションの経時変化を表したのが、図－4である。サクションは、各深度に水位面の上昇によって急激に減少する共通した変化パターンが見られる。このサクションが急減した地点での曲率変化点とρ_aの特異挙動点との関係と水位面の上昇を表



図－1　実験土層の概略図



図－2　各深度におけるρ_aの変化

Kazuhiko NISHIDA , Chiaki AOYAMA , Masahiro HORIKAWA

したのが、図－５である。これより、水位面の位置と、特異挙動点とサクションの曲率変化点が、非常によく一致しており、特異挙動点が水位面の上昇によるものであることがわかる。従って、ρ_a の特異挙動点から水位面を知る一つの手がかりとしての可能性を持っていると考えられる。

次に、電気探査における ρ_a を体積含水率 θ への変換を試みた。まず、ρ_a そのものを絶対量として用いるのは問題が多いため[1]、比抵抗の変化率 $(\rho_a-\rho_0)/\rho_0$ として扱うことにした。しかし、この相対的な変化率に用いられる飽和時の比抵抗値 ρ_0 は、本来完全飽和の値であることが望ましいが、サクション=0の時としても、同一条件で再現性のある ρ_0 を求めることは困難である。とりあえず、今回は飽和指数が２の場合のArchie式[2]が相対的に ρ_a-θ 曲線の変化量に等しいとして、式を変形した。

$$\theta = \alpha \cdot \theta_a$$

また、

$$\theta_a = \frac{e}{1+e} \cdot \frac{1}{\sqrt{\rho_a}} \qquad \text{但し、} \alpha = \sqrt{\rho_0}$$

e ＝間隙比

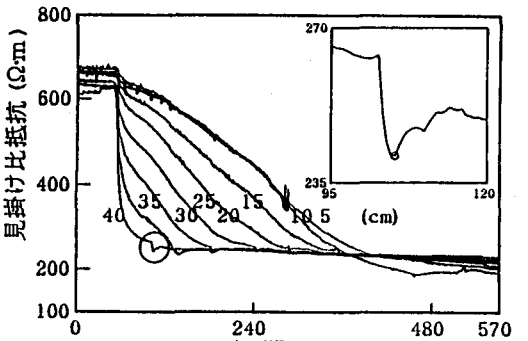
ここで、θ_a は体積含水率の相対変化を示す無次元量である。今回は、全測定点での真の ρ_0 の計測が困難であるため、ρ_a を θ_a に変換するまでにとどめた。図－６は図－２を上式によって変換した場合である。これより、最深部から地表面に向かって徐々に水分量が増加しているのが表現されている。また、各深度において初期の比抵抗の変動幅が全体の変動幅に比べ図－２より小さくなっている。これは、Archie式が２次曲線のため、低い体積含水率域での ρ_a の変化が、変換により緩和されたためである。

今回は、水位面の上昇による実験であったが、地表面からの降雨実験[1]と併せて、浸透状態における比抵抗変化の定性化を検討しなければならない。また、定量化の問題であるが、ρ_a からの水分量への変換としてArchie式による θ への変換を試みたが、今後 ρ_0 を精度良く求めることが課題である。

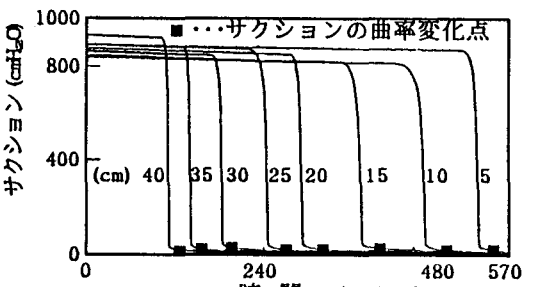
【参考文献】

1)青山千彰，西田一彦，堀川昌裕：電気探査法を用いた不飽和浸透計測，第26回土質工学研究発表会講演概要集，1991.

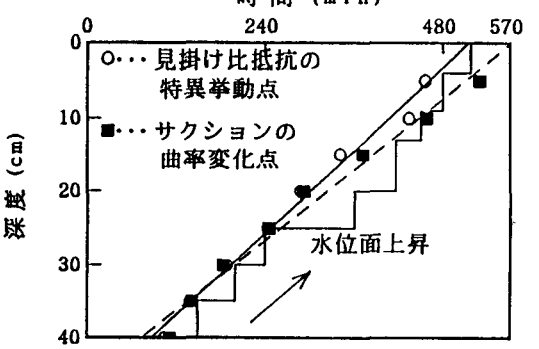
2)青山千彰，西田一彦，加藤淳：電気探査法による不飽和浸透測定，第24回土質工学研究発表会講演概要集，pp.321-324，1989.



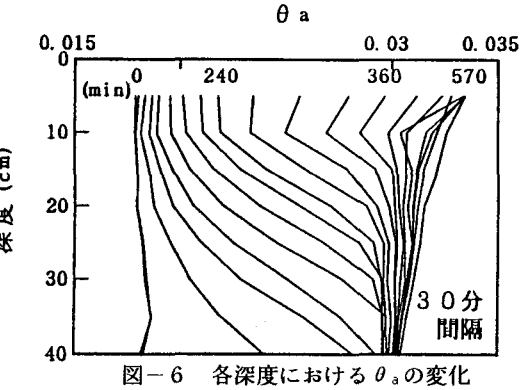
図－３　ρ_aの経時変化



図－４　サクションの経時変化



図－５　水位面と特異挙動点，曲率変化点の関係



図－６　各深度における θ_a の変化