



2. 原位置における不飽和地盤の透気係数の算出について

名城大学工学部環境創造学科
日比 義彦

1. まえがき

前回の Geo-Labo Chubu ニュースレターの研究室の紹介が岐阜大学神谷先生の室内試験における不飽和土の透気試験でしたので、これに関係して、今回は、原位置の透気試験について説明させていただきます。当研究室では、土壤汚染の原因となる難水溶性液体(例えば、トリクロロエチレン、四塩化炭素、灯油、軽油など)や土壤の気相中の汚染物質の挙動を把握する数値解析モデルの開発を主な研究テーマとし、地盤汚染に関わる基本的な実験を行っています。そこで、組合員の方に少しでもお役立てできるように、この度、地盤工学会基準として制定される「不飽和地盤の透気試験方法」(基準化委員会委員長 九州大学教授 神野健二)について記述させていただきます。

2. 地盤中の空気の流れ

地盤中の水の流れと空気の流れではどのように違うのでしょうか?ここで、被圧状態の完全貫入の井戸で揚水を行った場合の井戸式は以下の式(1)となります。

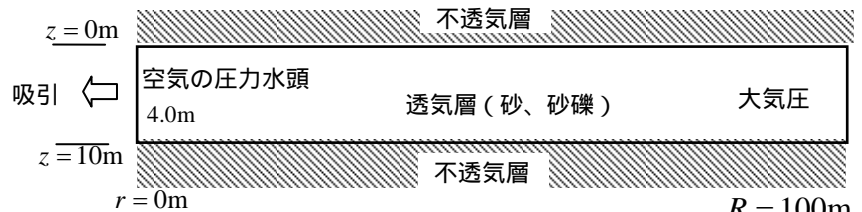


図 - 1 完全貫入の地盤

$$Q = \frac{2\pi k_w D(H-h)}{\ln(R/r)} \quad (1)$$

ここで、 Q は揚水量、 k_w は透水係数、 D は帯水層の層厚、 H は安定水位、 r は測定位置の揚水井中心からの距離、 h は r のときの水位、 R は影響半径となります。

一方、図-1のように、空気が通気できない不透気層に上端と下端で接している透気層で、井戸からガスを吸引した場合の井戸式を考えますと以下ようになります。

$$q = \frac{\pi D k_a (\psi_{atm}^2 - \psi_a^2)}{\psi_{atm} \mu_{ra} \ln(R/r)} \quad (2)$$

ここで、 q は空気の吸引量、 k_a は透気係数、 μ_{ra} は水の粘性係数に対する空気の相対粘性係数、 D は透気層の層厚、 ψ_{atm} は大気圧、 r は測定位置の吸引井中心からの距離、 ψ は r のときの空気の圧力水頭、 R は影響半径となります。

上記の式(1)と式(2)は良く似た式となっていますが、式(2)の分子で空気の圧力水頭が二乗となっているのに対して、(1)式では水位は二乗になっていません。さらに、式(2)の分母には大気圧が乗っていますが、式(1)にはそれに相当するものはありません。この違いは、水を非圧縮性の流体として式(1)を誘導しているのに対して、空気を圧縮性の流体として式(2)を誘導していることが原因です。

3. 揚水試験と現場透気試験の測定結果における違い

透気試験結果を式(1)で整理した場合と式(2)で整理した場合とではどのような違いが生じるか考えてみます。

今、図-1 の条件において、水平方向の一方に井戸があるものとして、空気を圧力水頭 4.0m で吸引します。その際の地盤内の空気の圧力水頭を図-2 に示します。図-2 の空気の圧力水頭は、実際の測定結果ではなく、空気の圧縮性を考慮した有限要素法により得られた値です。図-2 の結果をもとに $\psi_{atm}^2 - \psi^2$ と $\ln(R/r)$ の関係、 $H-h$ と $\ln(R/r)$ の関係を整理した結果を図-3 に示します。図-3 によると、 $\psi_{atm}^2 - \psi^2$ と $\ln(R/r)$ の関係は比例関係(相関式が直線の式となります)で明確に比例定数を求めることができますが、一方、 $H-h$ と $\ln(R/r)$ の関係は非線形(相関式が曲線の式となります)となり、比例定数を求めることができません。比例定数を求めることができないということは、地盤の透気係数を決定できないこととなります。

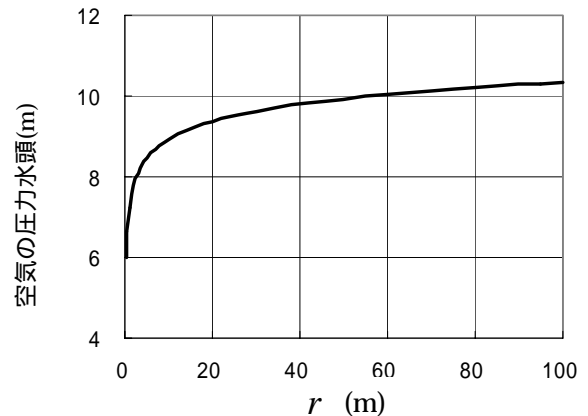


図-2 水平方向の空気の圧力水頭の分布

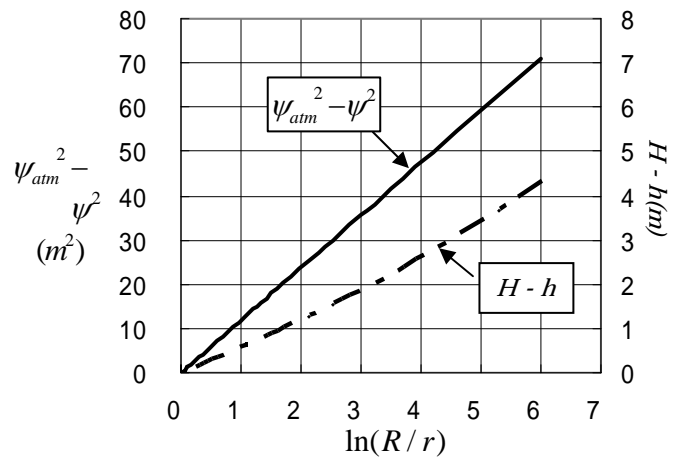


図-3 式(1)と式(2)の比較

4. 現場透気試験の整理方法

以上のことより、原位置での透気試験のデータ整理には、式(2)を用いる必要があります。今回の地盤工学会の基準においても式(2)によりデータ整理する方法が基準化されています。図

-3 より得た比例定数 m を用いて $k_a = q\psi_{atm}\mu_{ra} / \pi Dm$ より透気係数が算出できます。なお、空気の相対粘性係数 μ_{ra} 、透気層の層厚 D 、大気圧 ψ_{atm} は、すでに分かっているものとします。

5. おわりに

ここまで、原位置の透気試験のデータ整理方法について簡単に記述させて頂きました。最後に、原位置の透気試験で最も難しいことについて記述させて頂きます。

式(2)は地盤内の透気係数が一定であるという仮定で導かれた式です。実際の地盤では、含水率が深さ方向に変化します。一般的に、地表面では含水率が低く、深い地下水位付近では含水率が高くなります。これに伴い、透気係数も地表面付近は大きく、地下水位付近では小さくなり、必ずしも地盤中で透気係数は一定ではありません。それに伴い、透気試験結果も必ずしも図-3 のようにならない場合があります。原位置の透気試験ではそのことに注意する必要があります。

問合せ先： 名城大学理工学部環境創造学科(住所:名古屋市天白区塩釜口1-501) 日比 義彦
Tel:052-838-2424 Fax:052-832-1178 E-mail: hibiy@ccmfs.meijo-u.ac.jp

(編集者追記)

日比先生がここで記載されています地盤工学会基準案「不飽和地盤の透気試験方法」は、地盤工学会誌「土と基礎」2006年2月号に公示されています。非常にタイムリーな紹介となりました。皆様のご参考になしてください。