

III-A 264

地下水中の汚染物質の移流分散特性に関する研究

岡山大学環境理工学部 正会員 西垣 誠
 清水建設（株） 正会員○森脇 孝文
 ダイヤコンサルタント（株）正会員 井上 誠

1. はじめに

近年、地盤内の地下水汚染による環境問題が社会的な問題となっている。本研究は水に比べ塩水の比抵抗が小さいことに着目し比抵抗トモグラフィ測定を行い、地下水中の汚染物質の挙動の予測解析において重要な分散長を浸透の場を乱さないで算定しようとするものである。

2. 逆解析による分散長の算定

室内試験においてはHarlemanやRumerらによって分散長の算定が行われ、数多くの研究がなされている。しかし、原位置においてはある程度の研究は行われているものの、分散長の算定方法は以前確立されていないのが現状である。本研究では移流分散解析のEL法と非線形最小二乗法による最適化手法を併用した逆解析手法を適用することによって分散長を算定する¹⁾。

3. 比抵抗変化率の提案

比抵抗トモグラフィによって地盤の比抵抗を算定した場合、分散長を求めるためには地盤の塩分濃度を測定しなければならない。そこで、均質地盤における比抵抗値を塩分濃度に変換するための算定式を提案する。

$$R = \frac{(1/\rho) - (1/\rho_0)}{(1/\rho_{in}) - (1/\rho_0)} = \frac{(1/\rho_w) - (1/\rho_w0)}{(1/\rho_{win}) - (1/\rho_w0)} = C/C_0 \quad (1)$$

ここで、Rは比抵抗変化率、 ρ は地盤の比抵抗値、 ρ_0 は地盤の初期の比抵抗値、 ρ_{in} は濃度既知点における地盤の比抵抗値、wは間隙水を意味し、Cは地盤の塩分濃度、 C_0 は注入水の塩分濃度である。

4. 原位置移流分散試験

試験を行った調査地の断面図を図-1に示す。地表面から地下水の自由水面までは5.36mであり、トレーサーは3%の塩水を定水位で注入する。見かけ比抵抗値はNo.1孔とNo.5孔中の比抵抗計測電極により計測した。比較のためNo.2孔とNo.3孔に、直接抵抗により塩分濃度を計測するための装置(Probe法)も設置し、計測を行った。また、今回採用した定水位で塩水を注入するための装置(No.4孔)の詳細図を図-2に示す。図中のオーバーフロータンクを上下に動かすことにより、孔内水位を一定に保つことができる。

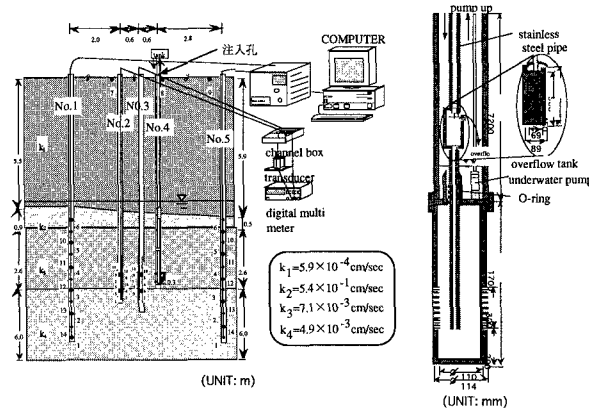


図-1 調査地の断面図

図-2 定水位塩水注入孔

5. 原位置分散試験の比抵抗逆解析結果

比抵抗逆解析の結果を図-3に示す。図-3において注入点より上部にかなり低比抵抗部が広がっているが、これは上部に透水性のよい帯水層があるためと思われる。従って、原位置試験においても比抵抗トモグラフィ法によりほぼ現象を把握できているといえる。図-4に比抵抗法およびProbe法によって求めた各計測点での塩分濃度の経時変化を示す。この結果より比抵抗逆解析から求めた値とProbe法から求めた値はほぼ一致していることがわかる。図-4において座標（ $x=120\text{cm}, y=40\text{cm}$ ）の結果がずれている理由は、比抵抗逆解析の要素分割の影響がでているものと思われる。

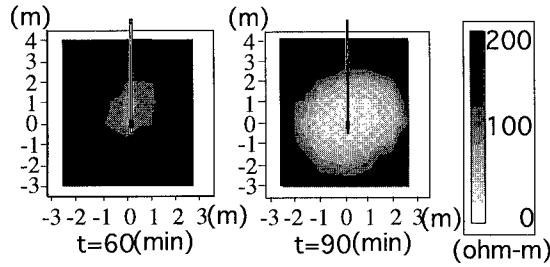


図-3 原位置比抵抗分布図

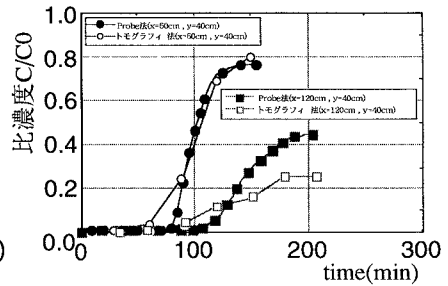


図-4 濃度の経時変化

6. 逆解析による原位置分散長の算定結果およびその検証

Probe法および比抵抗トモグラフィ法の移流分散逆解析を行った結果を表-1に示す。表-1において算定した縦分散長(a_L)を入力値として順解析を行い、Probe法およびトモグラフィ法によって求めた観測値と比較した結果を図-5に示す。この図より良い一致が得られていることがわかる。

表-1 原位置移流分散逆解析の同定結果

CASE	観測方法	観測点	a_L の初期推定値	反復回数	Marquardt	同定値 (a_L)
1	比抵抗法	$x=60\text{cm}, y=-40\text{cm}$	0.1cm	1	7	0.0100cm
2	Probe法	$x=60\text{cm}, y=-40\text{cm}$	0.1cm	3	7	0.0103cm

7. おわりに

比抵抗トモグラフィ法を用いた原位置試験から同定された分散長を用いて順解析を行った結果はProbe法によって求めた濃度の経時的と非常に良い一致が得られ、一連の分散長の算定手法の妥当性が検証された。以上の結果より、地下水の流動方向が分からない原位置でトレーサー試験を実施し、その結果から分散係数が推定できることが分かった。今後は3次元的なトレーサーの挙動にも対応できる比抵抗トモグラフィ法と有限要素法を開発するとともに不均質地盤において塩分濃度を算定するための手法を開発する必要がある。

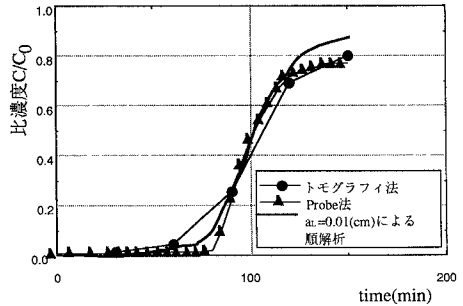


図-5 実験値と同定値による解析値との比較

参考文献

- 1)西垣 誠・菱谷智幸・橋本 学・河野伊一郎：飽和・不飽和領域における物質移動を伴う密度依存地下水流の数値解析手法に関する研究,土木学会論文集,第511号,pp.135-144,1995.