漏洩電流式漏水検知システムの検知精度に関する研究１

（株）大林組（正）○柴田健司　（正）黒岩正夫
応用地質（株）　小林　剛

１．はじめに

廃棄物処分場において、施工完了時の遮水工（遮水シート）の健全性を確認し、供用中の漏水発生を常時監視する方法として、電気式漏水検知法が有効である。遮水シートの多くは、非常に高い電気絶縁性（$10^{10}\Omega$m 以上の比抵抗値）を持つ場合が多い。この性質を利用し、遮水工の内側と外側の電極から通電すると、漏水箇所がある場合、通電電流のほとんどが漏水箇所を経由して流れる。例えば、電流を地盤側から流して廃棄物側で受けるとすると、損傷部の大きさが非常に小さいとき測定電極の面での電位分布は図-1 に示すようになる。すなわち地盤側に設けた測定電極の電位が電流電極において電位が急激に立ち上がり、漏水箇所において急激に落ち込む（電位のシンク）。電位のシンクの位置を求める方法が典型的な電気式漏水検知の手法であり、例えば、ある基準電位電極からの相対電位を測定し、電位のコンター図を描くことでおおよその推定が可能であった。しかし、この方法では最も漏水箇所に近い電極がわかるものの、原理的な位置決定精度は電極間隔の半分程度が限度である。位置決定の精度を上げるためには電極を高密度で設置する必要があり、コストが非常に高くなるという問題点があった。ここでは電極を高密度に配置せずに、高精度で漏水位置を決定する手法 [1]により、実大規模の実験で検知精度を実証した結果を報告する。

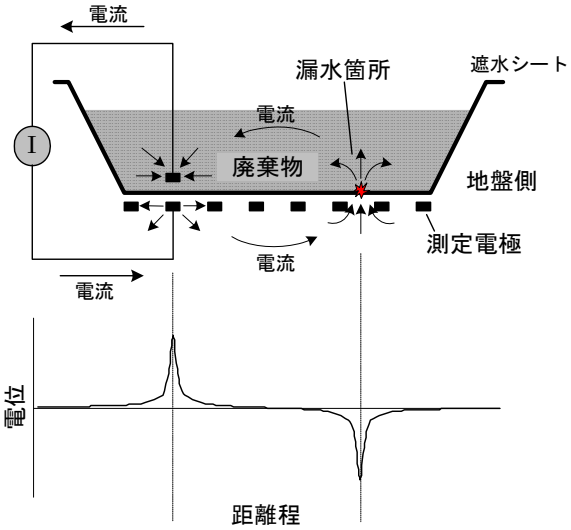

図-1 漏水による電流経路と電位分布

２．漏水位置の決定方法

漏水箇所の大きさが電極間隔に比べ十分に小さいとき、前述の漏水による電位のシンクは、その場所に点電流源を置くことと等価である。よって漏水箇所を点電流源でモデル化すれば、インバージョン解析（逆解析）によって位置を決定できる。すなわち、1 つの漏水点を平面座標（x, y）と漏洩電流値の 3 種の未知パラメターで表す。以下に詳しい手順を示す。

① 格子状に配置された測定電極を用いて、平面電界データと見掛け比抵抗データを測定する。
② 2 つのデータを漏洩電流評価法 [2] に適用することによって、漏洩電流の強度分布を求める。
③ 漏洩電流の強度のピーク数から漏水点の個数を把握し、自動的に未知数の決定を行う。
④ 点電流源の初期値を与える。初期位置については、漏洩電流の強度分布から検索されたピークの位置を与え、漏洩電流値については、通電電流値を漏洩電流の強度分布のピーク位置の振幅比で分配した値を与える。
⑤ 測定電極において予測される電位を計算する。媒質の形状が単純な直方体型であれば鏡像法を用いて計算し、形状が複雑であれば 3D-FEM によって計算する。
⑥ 測定した平面電界データと理論値が最小になるように、インバージョン解析によって漏水箇所の位置を修正し、最終的な位置を決定する。

連絡先：〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2　品川インターシティ B 棟　(株)大林組エンジニアリング本部 環境技術第 1 部　柴田健司　TEL03(5769)1054　FAX03(5769)1905 E-mail：shibata.kenji.cv@obayashi.co.jp
キーワード：遮水シート、損傷位置、漏洩電流、漏水検知

３．模型を用いた実験データへの適用

漏水位置の決定精度を評価するため、点電流源を当てはめたインバージョン解析を処分場モデルで取得した実験データに適用した。模型の大きさは底盤部が 42m×50m である（写真-1）。モデルは絶縁体上に導電性不織布を敷設し、縦方向は 7m、横方向は 10m として電極設置位置の測量を行い、マーキングした位置に測定電極を設置した。図-2 に測定電極と漏水点の配置を示す。損傷 1cm 角相当の模擬電極は、導電性不織布上の任意の位置に設置（2 回変更）して測定を行い、解析結果と設置位置を比較して位置の特定精度を確認した。

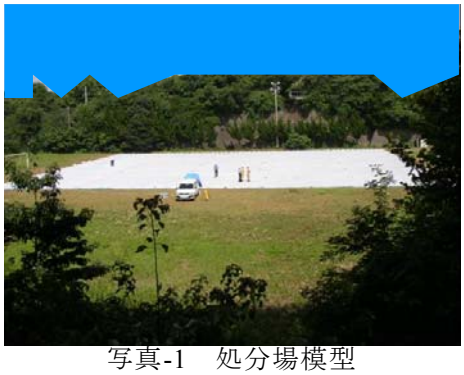

写真-1　処分場模型

試験に使用する機器（写真-2）は、電気探査装置、電極切換装置、パソコンで構成され、処分場内に設置した多数の電極とケーブルで接続することにより、測定を行う。電気探査装置は、処分場内の漏水点を検知するために必要な比抵抗測定機能と、電位分布測定機能を有している。電極切替装置は、処分場内に設置した多数の電極の内、測定に必要な電極の切替えを自動で行う装置である。

写真-2　測定機器外観

平面電界データの測定は、位置決定精度を統計的に評価するため、電流電極の位置を変えて繰り返し測定を行い、計 14 組のデータセットを取得した。図-3、4 は、平面電界データと各測定格子で相向型配置から測定される見掛け比抵抗データを、漏洩電流評価法 [2)]に適用して求めた漏洩電流の強度分布である。図-3 に 1 回目の測定、解析結果を示す。試験の結果、模擬漏水点（M1）は、漏洩電流値の多い箇所（漏水箇所：赤色）として検知されている。模擬電極（M1）の設置位置=漏水位置（X:24.960m、Y:24.484m）に対して、推定位置は（X:25.395m、Y:24.524m）となり、誤差は X 方向で 43.5cm、Y 方向で 4cm であった。

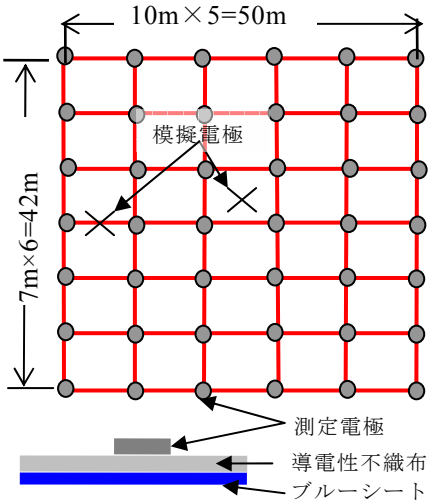

図-2　電極配置(7m×10m)

図-4 に 2 回目の測定、解析結果を示す。試験の結果、模擬漏水点（M4）は、漏洩電流値の多い箇所（漏水箇所：赤色）として検知されている。模擬電極（M4）の設置位置=漏水位置（X:5.774m、Y:22.063m）に対して、推定位置は（X:5.174m、Y:22.147m）となり、誤差は X 方向で 60.0cm、Y 方向で 8.4cm であった。

４．まとめ

以上の結果より、1 回目と 2 回目のいずれの測定においても、推定位置は模擬漏水点＝漏水位置に対して 0.7m×１ｍメッシュの中に推定されており、測定電極設置間隔の 10%以内の精度をもつ漏水検知システムであることを確認した。

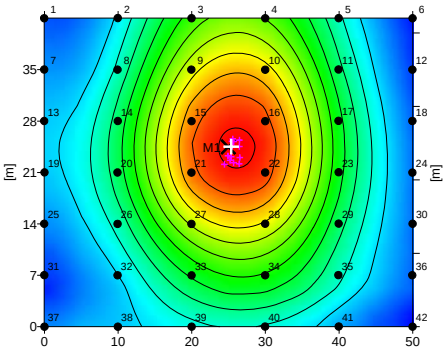

図-3　測定、解析結果(１回目)

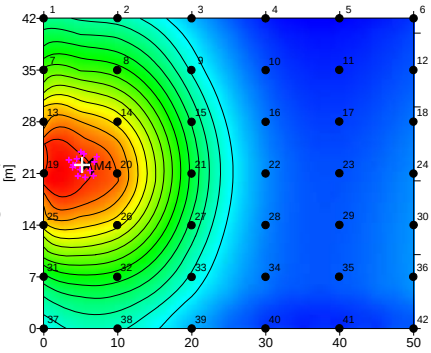

図-4　測定、解析結果(2 回目)

参考文献

1）小林・他(2003)：漏水位置検出のためのインバージョン法を用いた点電流源の解析方法，廃棄物学会第 14 回研究発表会講演論文集

2)島・他(1994)：管理型廃棄物処分場における漏洩電流評価法による高精度漏水探査，廃棄物学会第 5 回研究発表会講演論文集