

マルチチャンネルの高周波交流電気探査装置の開発

日本物理探査（株）○古賀 遼平，千鳥 雅由，河野 秀紀，金田 朋之
ジオライト 狩野 嘉昭

1. はじめに

高周波交流電気探査は産業技術総合研究所（以下、産総研）で研究開発された地中の比抵抗分布を調査できる物理探査手法である。弊社は、産総研より技術移転を受け、高周波交流電気探査の普及を目的に装置の開発から現場調査まで取組んでいる。

本装置は当初、送信器 1 台・受信器 1 台の構成であったが、作業時間の短縮・効率化を目的として、新たにマルチチャンネルの高周波交流電気探査装置を開発した。

この小論では、マルチチャンネルの高周波交流電気探査装置について紹介するとともに、装置を使った現場の使用例について報告する。

2. 高周波交流電気探査について

高周波交流電気探査は、周波数 20kHz 程度の交流による電気探査で、PVA(polyvinyl-alcohol)超吸水スポンジ製のローラー電極を用いることで、アスファルト舗装上でも路面を傷つけずに地下の比抵抗構造を求めることができるのが特徴である。

電極配置は、ダイポール・ダイポール配置で、送信電極と受信電極の距離を変えて測定することで、深度方向の比抵抗情報を得ることができる。現状は、測定時は各電極を停止して測定している。

ダクタイト管などの金属管は埋没周囲の土壌の比抵抗が低いほど腐食しやすい傾向にあることが知られており、水道管の腐食性土壌調査の評価の一つとして利用されている。

3. マルチチャンネル探査装置の開発

作業時間の短縮・効率化を図るため、マルチチャンネルシステムとして、次のような改良・開発を行った。

- ① 受信電極、送信電極を複数設置し、同時計測をする（マルチチャンネルシステム）。
- ② 各電極を連結し、牽引による移動ができる。
- ③ 各送信器・受信器で計測・記録していたものを、コントロールボックスから無線により一括制御し、接続された PC にデータを収録する。
- ④ 取得されたデータをリアルタイムで検証するため、PC 上で数値や電位減衰曲線を表示する（現場 QC）。
- ⑤ 電極間隔 1m、受信電極を 6 セットにし（電極隔離係数 $n=1\sim 12$ ）、最大で深度 6.5m まで探査可能とする。

これらの改良により、一回の操作で複数個所の測定が可能となったため、測定効率が上がり、作業時間を短縮することができた。

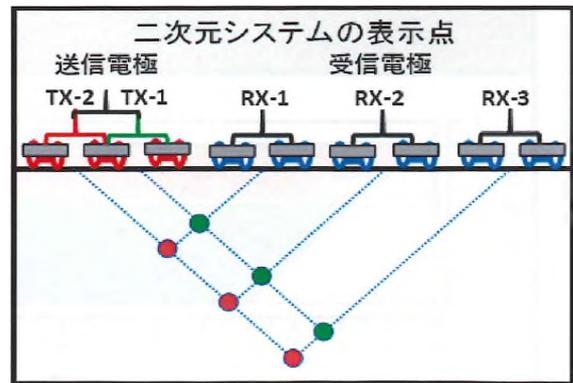


図-1 マルチチャンネルシステムの測定概念図

図-1にマルチチャンネルシステム（送信 2 組、受信 3 組の場合）の測定概念図を示す。赤、緑の点は各送信電極（TX-1, TX-2）からの電流によって発生した電位分布を、各受信電極（RX-1, RX-2, RX-3）で受信したときの見かけ比抵抗表示点（測定した比抵抗の深度表示位置）を表している。

実際の測定状況を図-2に示す。各電極は三角の板で接続され、牽引して移動することができる。

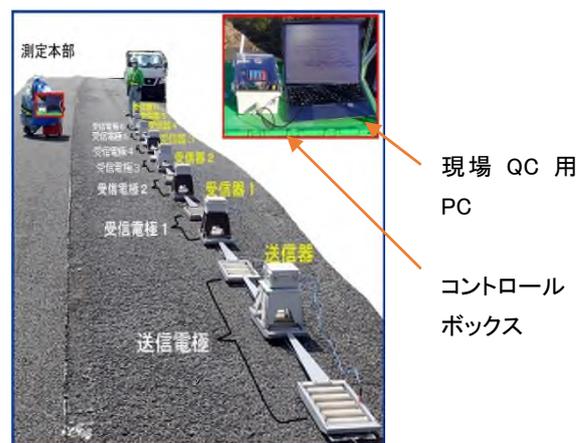


図-2 受信機 6 台のマルチチャンネルシステム測定状況

4. 現場での調査事例

マルチチャンネルの高周波交流電気探査装置を使用して水道管沿いに実施した探査事例を紹介する。探査の諸元を表-1 に示す。

表-1 探査諸元

| 測線長 | 送信電極 | 受信電極 | 測点間隔 | 探査期間 |
|------|----------------|----------------|------|------|
| 224m | 2セット 電極間隔1m | 6セット 電極間隔1m | 3m | 半日 |

探査で得られたデータを解析して求めた二次元比抵抗断面図を図-3 に、ANSI の比抵抗の評価点で色分けした ANSI 評価断面図を図-4 に示す。ANSI はアメリカ合衆国の国家規格でダクタイル鋳鉄管の腐食性土壌評価の基準であり、日本でも標準的な評価指標として用いられている (表-2 参照)。

図-4 の ANSI 評価断面図において、距離 20m 以下の箇所水道管下面深度付近の評価点が 5~10 点を示しており、この範囲は腐食性土壌が懸念される結果になった。

比抵抗断面の評価結果は物理探査的手法による 1 つの情報であり、他の調査結果などの情報と組み合わせて総合的に評価することで、水道管の維持管理に役立つものと考えられる。

5. 今後の展望

マルチチャンネルの高周波交流電気探査を開発したことで、半日に 200m 程度の探査が可能になった。今後は移動連続測定を可能にした高周波交流電気探査装置を開発することで、さらなる作業時間の短縮を進め、水道管の維持管理など管路更新計画に貢献できるよう取り組んでいく。

謝辞

マルチチャンネルの高周波交流電気探査の開発において、大田区産業振興協会の新製品・新技術開発支援事業助成金を活用させていただいた。産総研の神宮司氏には共同研究を通じて、高周波交流電気探査について多くのご指導をいただいた。ここに深く感謝する。

表-2 ANSI / AWWA C105 / A21.5 による土壌の腐食性評価基準 (比抵抗値単位を Ω cm から Ω m に修正)²⁾

| 調査項目 | 測定値 | 評価点数 |
|---------------|---------------|------|
| 比抵抗 (Ω・m) | < 15 | 10 |
| | 15 ~ 18 | 8 |
| | 18 ~ 21 | 5 |
| | 21 ~ 25 | 2 |
| | 25 ~ 30 | 1 |
| | > 30 | 0 |
| pH値 | 0 ~ 2 | 5 |
| | 2 ~ 4 | 3 |
| | 4 ~ 6.5 | 0 |
| | 6.5 ~ 7.5 | 0 |
| | 7.5 ~ 8.5 | 0 |
| | > 8.5 | 3 |
| Redox 電位 (mV) | > 100 | 0 |
| | 50 ~ 100 | 3.5 |
| | 0 ~ 50 | 4 |
| | < 0 | 5 |
| 水分 | 排水悪く常に湿潤 | 2 |
| | 排水良く一般に湿っている | 1 |
| | 排水良く一般に乾燥している | 0 |
| 硫化物 | 検出 | 3.5 |
| | 痕跡 | 2 |
| | なし | 0 |

※合計点数が 10 点以上で腐食土壌と評価される

<引用・参考文献>

- 1) 古賀遼平・天野量稀・千鳥雅由・河野秀紀・金田朋之 (2021) : 高周波交流電気探査装置を用いた実証実験, 全国地質調査業協会連合会 技術フォーラム 2021web 技術発表会, 論文 No43.
- 2) 神宮司、狩野、横田 (2018) : 高周波交流電気探査による老朽水道管の更新優先度調査技術, 物理探査学会, 第 138 回学術講演会論文集, 138, 56 表 1 より引用.
- 3) 千鳥雅由 (2022) : 水道管腐食評価のための高周波交流電気探査開発への取り組み, 非開削技術, No. 120, 28-32.

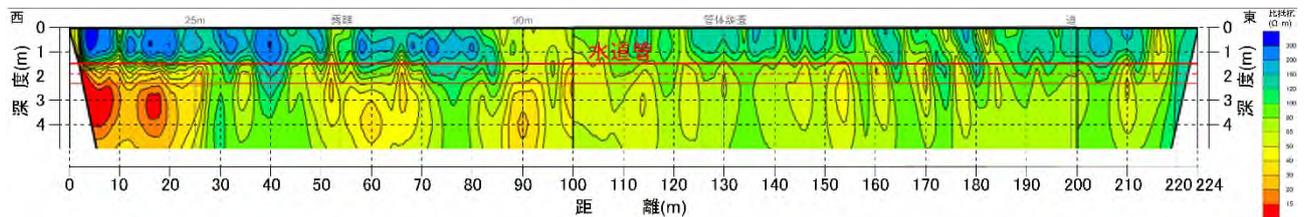


図-3 二次元比抵抗断面図

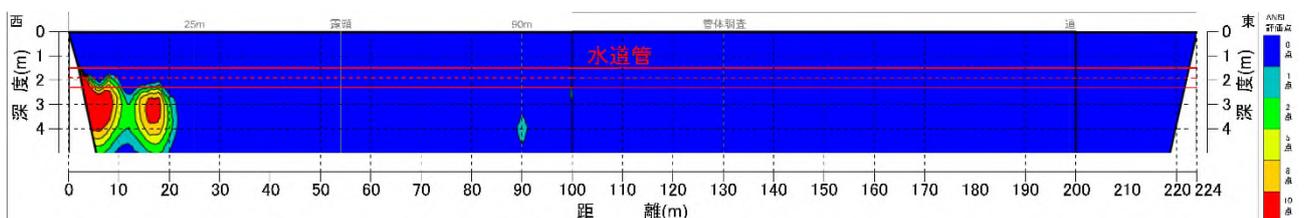


図-4 ANSI 評価断面図