

関電興業株式会社 正会員 ○片山 辰雄
 関電興業株式会社 尾崎 克之
 関電興業株式会社 加藤 裕将
 建設企画コンサルタント 正会員 小里 隆孝
 建設企画コンサルタント 正会員 朴 美京

1. はじめに

土木分野における調査の中で、比抵抗探査の採用されることが多くなってきた。とくに高密度電気探査法（二次元比抵抗探査法）の採用事例が多いようである。この理由にはいくつかの要因はあるが、やはり、探査精度も比較的高く、結果表示がビジュアルであり、地盤評価や地質構造の解釈が図解的でわかり易いということも一つの要因であると思われる。また、土木分野での調査対象の深度がおおむね 5 0 m 程度までのものが多く、探査深度も十分カバーしているということも要因になっている。むしろ、他の電気・電磁探査法、たとえば、CSAMT や TDEM など利用されているが、これらは地下資源探査を目的として開発され、大深度探査には向くが、5 0 m 未満での分解能は満足のものではない。また、地下レーダー法では表層数 m 以内に限られ利用目的も限定される。

一方、電気探査や CSAMT 法などは、電場と磁場 2 成分測定が原則であり、とくに高密度電気探査法などは、地上に多くの電極棒を打設せねばならず、現場によっては打設できずにその採用を断念することもあり、代替探査法もないといったことがよくある。

そこで、我々は土木分野の調査対象深度をカバーし、電極打設による電場測定を避け、磁場測定のみで比抵抗の測定できる Electromagnetic (EM) に着目し、最高 1 6 チャンネルを有する周波数領域 (Frequency-domain) によるコンパクトな EM システムの開発を行った。そのシステムの概要と探査結果の事例について報告する。

2. システム概要

システム開発は、はじめにプロトタイプ機として 8 チャンネルの装置を製作し、これを用い試験探査と改良を重ね、さらに精度の高い 1 6 チャンネル EM システムを開発した。

EM 装置のシステム構成は、図-1 に示すように矩形の送信コイル、1 2 ボルトバッテリーを電源とする送信ユニットおよびプロテクトボックスに挿入されている磁場センサーユニット、ならびに受信回路と A/D コンバーターや光通信ユニットなどを格納した受信部本体などで構成されている。発信周波数(単位: k H z)は下記のように設定した。

1 6 チャンネルユニット $f = 364, 256, 182, 128, 91, 64, 45.5, 32, 22.8, 16, 11.4, 8, 5.7, 4, 2.8, 2$ k H z

(下線のついた周波数が 8 チャンネルのプロトタイプ機の発信周波数)

なお、デジタル化された EM 測定データは光通信ケーブルによってパソコンに送られ、リアルタイムにデータ処理・解析した測定結果の画面表示が行なえる。

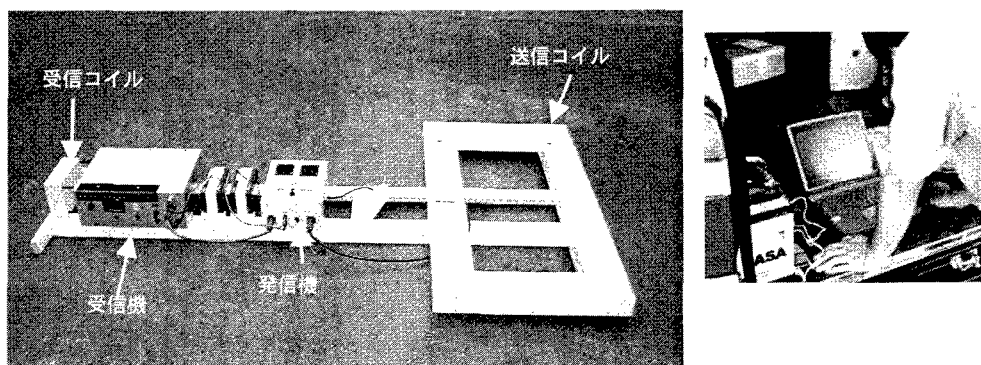


図-1 EM 探査装置のレイアウト

3. EM測定原理

EM法の測定原理は、送信コイルより発生した一次磁場が、電磁誘導現象により地盤中に渦電流を発生させ、その渦電流によってさらに二次磁場が発生する。この二次磁場強度が地盤の導電率（比抵抗値の逆数）により変化する。この現象を用いてEMにおける見かけ比抵抗の測定は、プライマリーな一次磁場強度とその応答からもたらされる二次磁場の虚数成分を測定し、両者の比率に機器の校正係数を乗じれば周波数ごとの見かけ比抵抗が求められる。

EM測定理論式を次式¹⁾に示す。

$$\frac{H_s}{H_p} = \frac{2}{(\gamma s)^2} \{9 - [9 + 9\gamma s + 4 + (\gamma s)^2 + (\gamma s)^3] e^{-\gamma s}\}$$

H_s = 2次磁場強度 H_p = 1次磁場強度
 $\gamma = \sqrt{(2\pi f i \mu_0 \sigma)}$ s = コイル間隔
 f = 周波数 σ = 地盤の導電率
 μ_0 = 真空での透磁率
 $i = \sqrt{-1}$

4. EM 探査の事例

新しく開発したEM探査機の土木分野への適応性を検証するため、現在、種々のフィールドにおいて探査を行ない検証を実施中である。探査を行なったフィールドは、具体的には、断層調査、河川堤防のゆるみ調査、地下構造物の確認調査、道路法面の健全性調査、トンネル切羽前方探査、地すべり調査などのフィールドにおいて、開発した16チャンネル搭載のEM探査機を用いて実証試験を実施した。

今回は下水用シールドトンネル地点での実施例について報告する。EM探査はシールドトンネル直上の道路において測線9.5mについて試験した。測定点ピッチは1mとした。ただし、この試験探査は8チャンネルのプロトタイプ機によって実施した。

探査結果は、測定点ごとに一次元インバージョンを行い、それらを二次元マッピングして比抵抗断面図を作成した。

この図から分かるように、EMの探査結果において砂質土と砂礫の比抵抗構造が明瞭に検出できていると思われる。また、直径3m弱のシールドトンネルも十分識別できる結果が得られている。

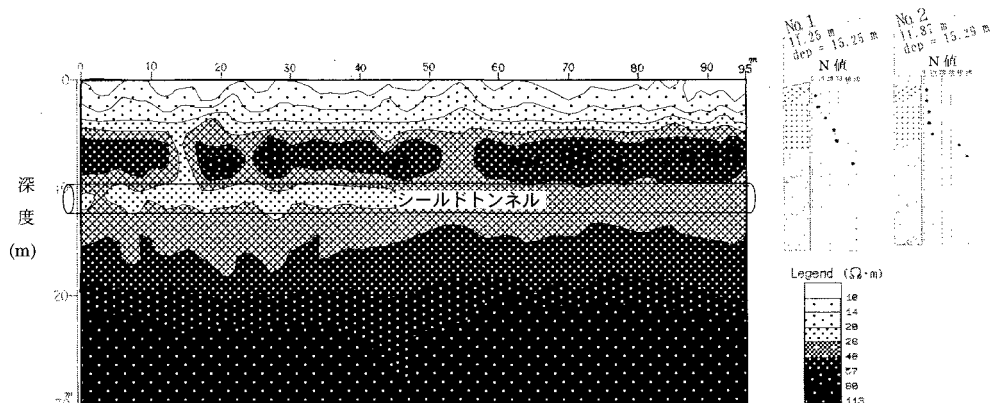


図-2 シールドトンネル地点での探査結果

5. まとめと今後の課題

この報告した結果は、まだ8チャンネルのプロトタイプ機によるものであるが、現在はすでに16チャンネルEM探査機も完成し、いくつかの実証試験も済ませているが、当然8チャンネルのプロトタイプ機より精度の高い結果の得られていることは言うまでもなく、既に実用機としていくつかのフィールドで貢献している。

今後の課題としては、1) 送信電流をさらに大きくして探査深度を大きくすること、およびノイズの多い現場でも良質のデータが取れるようにする。2) より高速発信できるようにし、地中レーダのような探査画像をリアルタイムに表示する。

今回の開発に係わられた方々、ならびに現場試験でご尽力くださった方々にこの紙面を借りて感謝の意を表す。

参考文献

- 1 JD McNEILL 1980, ELECTROMAGNETIC TERRAIN CONDUCTIVITY MEASUREMENT at LOW INDUCTION NUMBERS, GEONICS LIMITED, Technical Note TN-6