

TDEM 法による空洞探査

戸田建設(株) 正会員 ○原敏昭^{※1}

早稲田大学

斉藤章^{※2}

1. 目的

トンネルルートで、不安定な砂礫・滞水土砂、炭鉱跡の旧坑道の存在に代表される不特定の空洞の存在が想定される場合がある。これらの空洞は、低比抵抗帯の地質脆弱部と同じく、これらが大量湧水、礫・粘土層により充填されており、トンネル切羽の崩壊につながる危険性が高い。しかし、これらの空洞は高比抵抗部と想定され、電流が流れ難いことから、電気探査が難しいとされている。そこで電磁マイグレーションを用いた比抵抗イメージングの地下空洞調査への適用性の検討を目的として、数値モデル計算による処理テスト及び栃木県宇都宮市の地下空洞上で測定されたデータに関する適用試験を実施した。

2. 電磁マイグレーションによる空洞検出

大規模空洞など地中に 3 次元的な形状をもつ比抵抗異常帯を探査対象とする場合は、水平方向の比抵抗変化に着目する必要がある、深度方向にのみ比抵抗が変化するモデルを仮定しデータ解析を行っても、正しい構造は得られない。そこで、測定データから直接地下の比抵抗分布のイメージを得るため、電磁マイグレーションを用いた解析法の地下空洞調査への適用性を数値モデル計算によって検討した。ここでは実際の調査に即し、図-1(a)に示す通り、200 Ωm の均質媒質中に 1 辺 40 m の立方体の空洞を仮定し、その上面を地表 20 m に設定した。この空洞の直上（測線 A）と、空洞の中心から 40 m（測線 B）及び 160 m（測線 C）離れたところを横切る測線上で直径 20 m の円形送信ループを用いた TDEM 法測定が行われることを想定した（図-1(b)）。各測線上には 10 m 間隔で 43 点の測定点を設定し、測定時間は送信電流遮断後の 5 μsec ～5 msec までの対数的に等間隔な 31 時刻とした。測定配置は、それぞれの測定点で受信コイルを送信ループの中心に設置した場合（CLI モード）と送信ループの中心から 20 m 離れたところに設置した場合（SLINGLAM モード）の 2 種類を計算した。図-1(a)、(b)に測線 A における CLI モード及び SLINOLAM モードの測定データに対するイメージングの結果を示す。モデル計算を元に、栃木県宇都宮市の大谷石掘削跡の大規模空洞において現地探査を行った。図-2 に採石場における測定位置図を、図-3 に採石場の断面図を示す。探査対象は、空洞の上面深度が約 20 m、空洞の深さが 20～30 m である。本探査に電磁マイグレーションを適用するのにあたり、バックグラウンドは付近に空洞のない場所における比抵抗構造とし、イメージングによりその位置と形状を決定したい比抵抗異常帯は、空洞そ

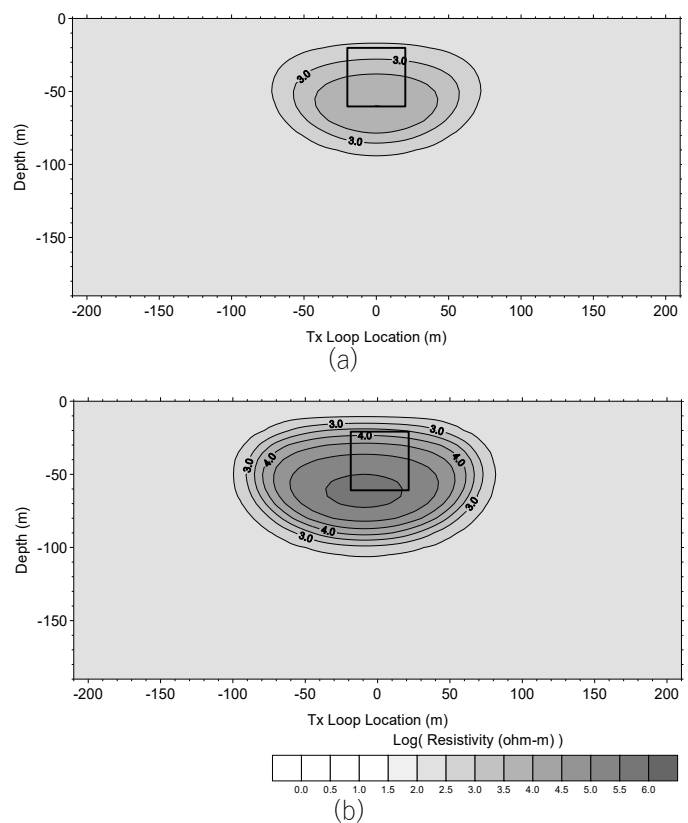


図-1 CLI モードと SLINGLAM モードのイメージング結果の比較

キーワード トンネル, TDEM, 電気探査, 弾性波探査

連絡先 ※1: 〒104-0032 東京都中央区八丁堀 2-8-5 戸田建設(株)土木技術部 TEL 03-3535-1614

※2: 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学術院創造理工学部環境資源工学科 TEL : 03-5286-2488

のものとした。図-4(a)にバックグラウンドを $25 \Omega\text{m}$ の均質大地とし、た場合、(b)に付近に空洞のないことが判明している測定点の1次元インバージョン結果による水平4層構造（図-1(b)参照）をバックグラウンドとした場合のイメージング結果を示す。これらの図から、バックグラウンドの構造を変えることにより、イメージングの結果が大きく異なることがわかる。すなわち、図-3の大谷石採石跡の断面と、図-4の(a)及び(b)のTDEM法の探査解析結果を比較すると、付近に空洞のない場所における比抵抗構造をバックグラウンドとした(b)の方が適切なイメージングが行われていると考えられる。

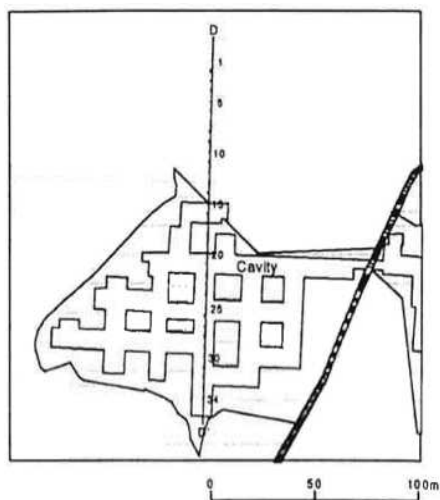


図-2 採石場における測定位置図

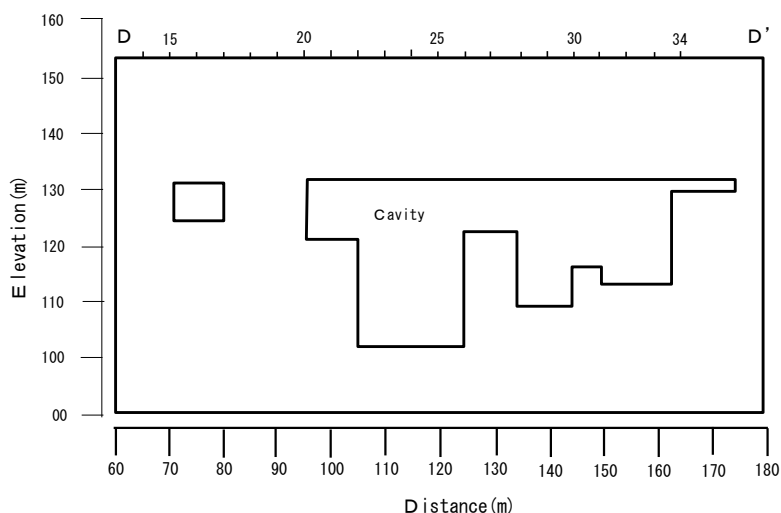
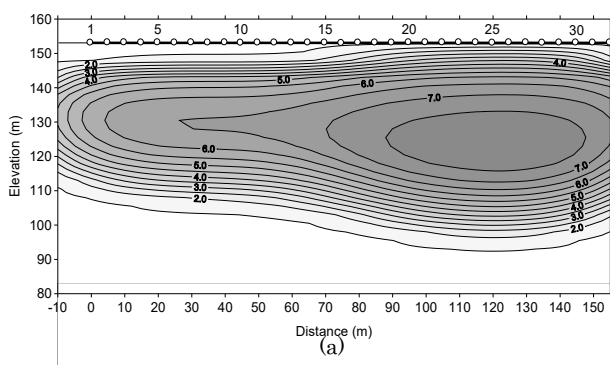
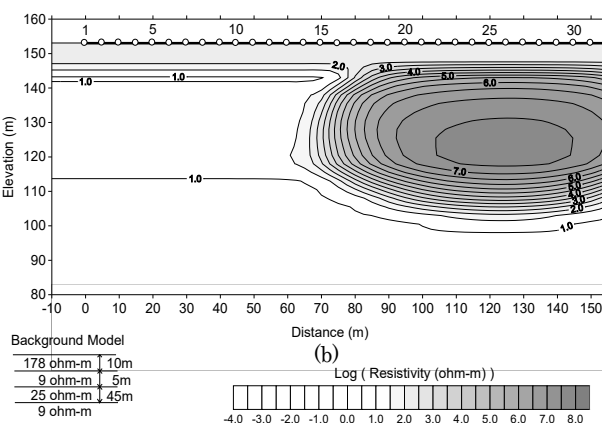


図-3 採石場断面図 (D-D' 測線)



(a) バックグラウンドが $25 \Omega\text{m}$ の均質大地



(b) バックグラウンドに空洞が無い地点の水平4層構造

図-4 採石場における TDEM 法測定データのイメージング結果

3. まとめ

本論文では、TDEM法の地下空洞調査への適用性を検討することを目的に、電磁マイグレーションを用いた比抵抗イメージングのモデル計算及び、大谷石掘削跡地での大規模空洞上で探査を実施した。その結果、1次元解析では捉えられない空洞のイメージを電磁マイグレーションでは構成することができた。また適切なバックグラウンドを与えることにより、実際の探査においてもかなり正確な空洞のイメージングを行うことができたことが判明した。今後、さらに二次元、三次元の探査・解析精度を向上させ、調査対象の状況に応じたTDEM法の測定を開発したいと考える。

【参考文献】

1) Toshiaki Hara, Shinichiro Iso and Akira Saito : Applicability of the Time Domain Electro-Magnetic methods to investigation of ground classification along tunnel routes, International Journal of the JSRM, pp1-8, 2018.7