

VI-72

「地下鉄工事に伴う既設通信用トンネルの付け替え工事」その4

(地中レーダー法を用いた地盤凍結工法における凍土探査)

N T T 関西技術総合センタ 森岡照雄
 日本コムシス(株) 平野隆之・柴田敏幸
 ケミカルグラウト(株) 柏木智文
 アイレック技建(株) 正会員 ○ 奥野正富

1.はじめに 凍結工法における凍土造成範囲の確認は、測温管により地中温度を測定する方法が一般的に用いられている。しかし、測温管の設置位置が施工的な制約を受けることが多く、また、測温管の間の凍土造成状況については、温度勾配から推定して管理せざるを得ない現状にある。このため、凍土造成範囲を定量的に把握することができれば、施工管理、安全管理に非常に役立つこととなる。

今回、物理探査手法を用いて凍土造成範囲を定量的に把握することを試み、地中レーダー法を用いた凍土探査を行った。本報告では、それらの測定結果の概要について述べる。

2. 凍結工事概要 今回、凍結工事が実施されたのは、N T Tとう道の付け替え工事であり、図-1に概要を示す。

工事概要については「地下鉄工事に伴う既設通信用トンネルの付け替え工事」その1に詳述されているためここでは省略する。今回の凍結工事の特徴としては、凍土を直接掘削して掘り下げていくことがあげられる。

3. 地中レーダー法の採用理由

本探査では凍土未凍土の境界や部分的な未凍土部の探査が主目的となるため、高い分解能が要求された。表-1には各探査手法の比較検討結果を示すが、氷点下という厳しい測定環境や分解能を考慮して、地中レーダー法を用いての測定を試みることにした。

4. 地中レーダー法の概要 地中レーダー法は、送信アンテナから電磁波パルスを地中に向けて送信し、地中の電気的性質（主に誘電率）が異なる境界面で反射した電磁波パルスを受信アンテナでとらえ送信から受信までの時間を測定してその深度を求める手法である。

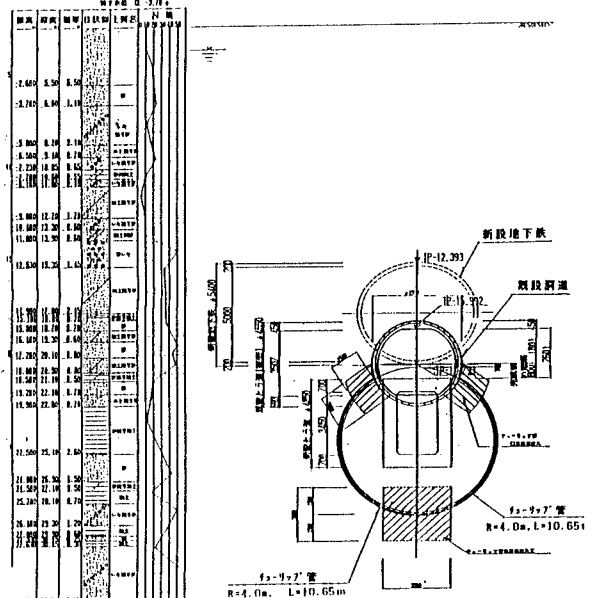


図-1 凍結工事概要と地盤概要

表-1 物理探査手法の比較

対象 探査法	地層構造の把握 (凍土と未凍土の界面把握)	地下の異常物調査 (未凍土部の把握)	判定
地中レーダー探査 (電磁波法)	極浅層部の調査で事例は多いが、地質によって探査深度は異なる。	解能が高く、空洞調査、埋設物探査等で多用されている。	◎ ◎
弾性波探査 (S波反射法)	S波を利用した探査事例は多い。	分解能が低く、埋設物探査等の事例は少ない。	△ △
電気探査 (比抵抗映像法)	建物他の影響を受ける。	金属物の検出には、有効である。	○ ○

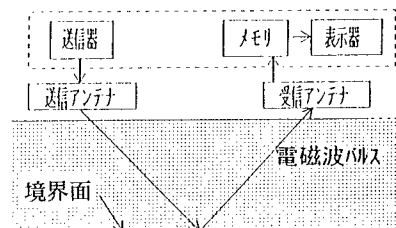


図-2 地中レーダー法

キーワード : 地中レーダ 凍土探査

連絡先 : 〒111-0041 東京都台東区元浅草 3-18-10 TEL03-3845-6185 fax 03-3845-8189

探査可能深度は使用する電磁波の周波数によって異なるが、今回は最も深く探査できる300MHzのタイプ（通常3m）を使用した。図-2に概念図を示す。

5. 探査結果

今回の探査では、セグメント撤去時（掘削直前）、一次掘削後、最終掘削後の3段階で測定を実施した。図-3には、一次掘削後のとう道の縦断方向、横断方向の探査データを測定位置の測温の平均値と合わせて示している。

6. 考察

（1）測温データとの対比

測温データによる凍土平均温度は、チューリップ凍結管付近で -16°C それより外側3m付近で -2°C 内側3m付近で -10°C となっている。

探査結果では、A、B、Cに示す3つの反射面が認められAがチューリップ凍結管内側の温度変化部、Bがチューリップ凍結管本体、Cがチューリップ凍結管外側の温度変化部に対応していると考えられる。

測温データなどと合わせて総合的に解釈すると、チューリップ凍結管3m前後は、必要凍土が充分確保されていると判断できる。

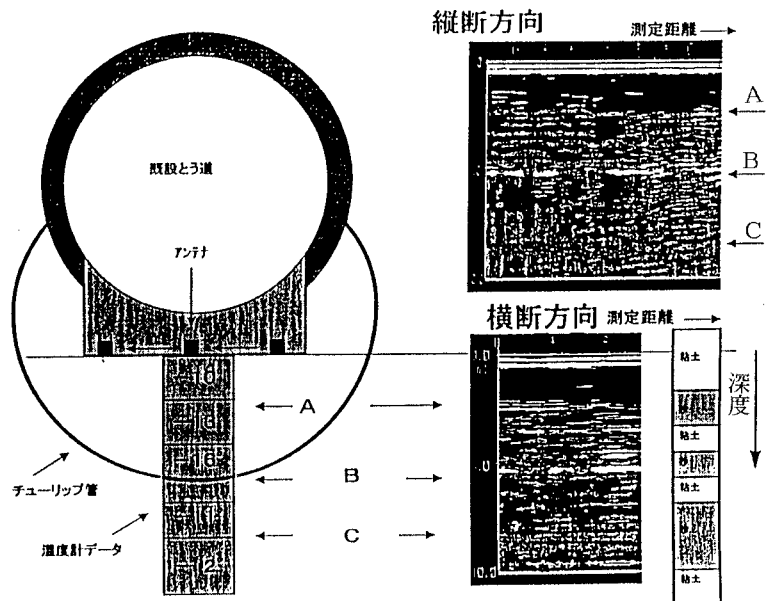


図-3 探査結果概要図

（2）凍土の誘電率

チューリップ凍結管の設置深度は確認で出来ているため、反射信号の到達時間より誘電率を逆算してみると4.9となった。

通常、凍結土の誘電率は4～8といわれており、妥当の値であると判断される。

7. おわりに

今回の探査では、凍土に直接接触することが可能であったために地中レーダーによる探査が実施できたが、シールドの発進、到達ならびに地中接合のようにセグメントやシールドマシンを介して探査する場合には、金属部での全反射が発生し、測定は非常に難しいと考えられる。また、トモグラフィなどの手法においても、凍土の中への精密測定器の設置方法や施工性、経済性などの問題もある。

凍土造成確認方法については非常に複雑で難しい面が多々あるが、地中温度測定を主とした現状の確認方法に物理探査手法を加え、少しでも定量的な確認方法を確立したいと考えている。

参考文献 鎌田敏正・鈴江利康・柴田敏幸・藤澤伸行：曲線ボーリング（TULIP工法）を利用した凍結管の設置、第3回地下空間シンポジウム講演会、P331～338