

小口径圧入推進工法用の前方埋設物等探査装置の開発

日本電信電話(株) アクセスサービスシステム研究所 ○正会員 山口 茂
 日本電信電話(株) アクセスサービスシステム研究所 堤 志信

1. 目的

ライフライン等地下管路を推進工法により構築することは、自然環境の保護や工事に伴う生活面への影響を軽減するうえで有効である。推進工法では、事前に埋設物等の情報を十分に把握することが、施工の安全性・効率性の面で重要であるため、従来より設備記録図や埋設物探査器による地上からの探査等により埋設物の確認を行っている。しかし、図面や探査結果との不一致や予期せぬ埋設物等により、推進中のこれらの埋設物等への衝突による施工中断等の施工トラブルが発生している。

そこで我々は、φ330mm 程度の小口径推進機の先端に搭載可能な電磁波探査装置を開発し、推進中の推進機前方に潜在する埋設管等の位置および距離を高精度かつリアルタイムに探査可能な電磁波レーダ探査技術を開発した。これにより、推進工法の高度化を図り、推進施工の安全性および効率性が向上できた。

2. 前方探査装置の概要

前方探査装置の探査方式には電磁波レーダを使用した。電磁波方式は、地上から地中の埋設物等を探査する探査器でも使用実績が多く、地中数メートルの探査では、口径数 cm 程度の埋設管の探査が可能な高い分解能を有する。また、推進中でも振動ノイズ等の影響を受けることなく探査可能であることから、電磁波方式を採用した。

2-1 ハードウェア構成

探査装置はアンテナ部、制御装置部、および表示用 PC により構成される。機器構成を図-1 に示す。

①アンテナ部

シールド等の大口径推進工法では、先端カッタ部にアンテナを搭載しカッタ部の回転に伴う探査波の位相差により探査を行っているが、本開発は圧入推進方式への適用であり、推進機先端ヘッドを回転させずに圧密推進するため、推進ヘッドに搭載した探査アンテナには回転運動による位相差は生じない。

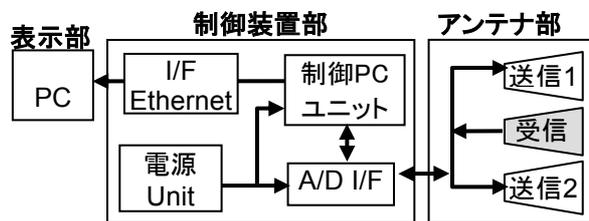


図-1 機器構成

このため、図-2 に示すように指向角の異なる2つの送信アンテナと1つの受信アンテナにより構成される探査アンテナを先端ヘッドに搭載し、推進動作による探査波の位相差と2チャンネルの探査波の位相差により、探査物の位置、方向、距離を判断する複数アンテナ方式を採用した。2つの送信アンテナからの反射波を1つの受信アンテナを切換えて受信することで、φ330mm 程度の小さな口径への内蔵を可能とした。

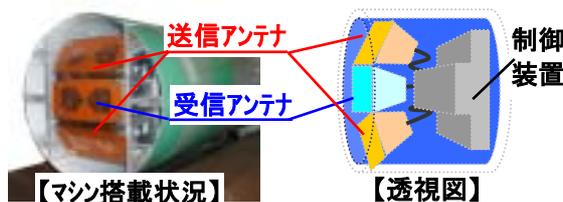


図-2 アンテナ構成

②制御装置部

先端ヘッド部への搭載性を考慮し、制御装置は凸型形状として薄型化しアンテナとの密着性を高め省スペース化するとともに、アンテナとの干渉を低減するために高シールド化を図っている。

2-2 探査物認識処理アルゴリズム

推進探査中の探査物位置判定表示アルゴリズムを図-3 に示す。

探査画像を取得後、平均差処理によりノイズ成分を取り除いた後、次式を満足する探査物による直線成分データを抽出する。

$$A X + B \quad (A \neq 0) \quad (1)$$

ここで、この線分における傾き ($\angle T / \angle L$) は、探査地盤での比誘電率 (ϵ_s) と相関性を持ち、

$$\epsilon_s = c \left(\angle T / \angle L \right)^2 \quad (2)$$

キーワード 小口径推進、電磁波レーダ、埋設物探査、

連絡先 〒305-0805 茨城県つくば市花畑 1-7-1 NTT アクセスサービスシステム研究所 TEL029-868-6220



図-3 位置判定表示アルゴリズム

で表わされる。ここで c は電磁波の速度に関する定数、 L は推進距離、 T は探査波の伝播時間である。

次に、算出した比誘電率をもとにして、探査物の距離および方向（推進機線からの離隔距離）等の位置情報が求まる。

このようにして求めた 1, 2 チャンネルの探査データ (D_1, D_2) を次式に代入することにより、図-4 に示すような合成画像を作成する。

$$D_{12} = \cos^2(\theta/2 + \pi/4) \cdot D_2 + \sin^2(\theta/2 + \pi/4) \cdot D_1 \quad (3)$$

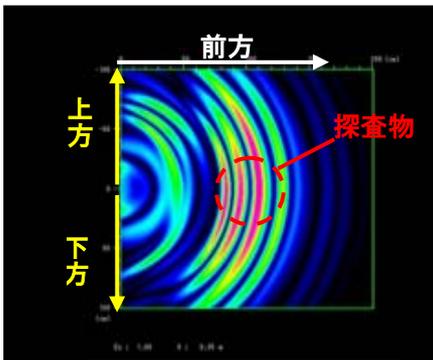


図-4 探査 2 チャンネルの合成画像

3. 地中探査実験検証

本実験では、推進機先端ヘッドを模擬した FRP 製実験装置に前方探査アンテナ装置を内蔵し、土層内を推進させ、土層に埋設された管路を探索することにより前方探査装置の探索性能を確認した。

①探査範囲

推進基線から水平および鉛直方向に離隔を取って推進基線と直交方向に埋設管を埋設し、電磁波の偏波方向に対する探査範囲について検証した。図-5 は鉛直方向離隔、図-6 は水平方向離隔と探査可能距離との関係を示すものである。金属管に比較してビニル管のほうが探査可能距離が短い。これは、それぞれの管の電磁波反射率による違いによるもので、ビニル管のほうが反射が弱いためと考える。また、水平方向、鉛直方向ともに離隔距離 60cm において 1.4m 以上の探査能力を持ち、偏波方向に対する探査能力の違いが少ないことが確認できた。

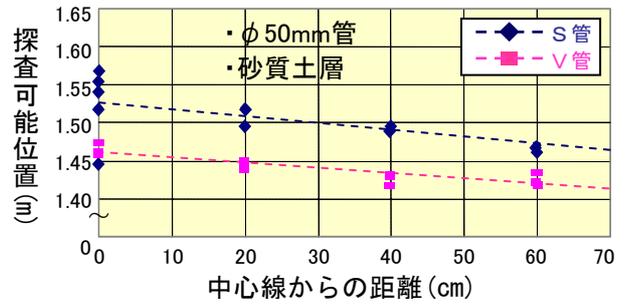


図-5 探査範囲の検証（鉛直方向離隔）

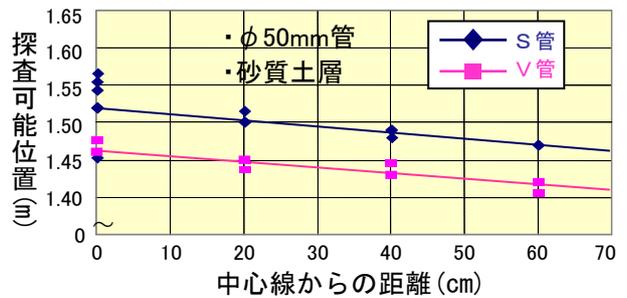


図-6 探査範囲の検証（水平方向離隔）

②管種・管径

図-7 に、管種および管径ごとの検証結果を示す。検証結果から、探査可能距離は管径に比例して長くなることが確認できた。さらに、ビニル管の探査可能距離は金属管に比較して短い。また、管径が大きくなると管種による差が少なくなることが分かった。また、きわめて細い $\phi 13\text{mm}$ のビニル管でも約 1.3m 手前から探査可能との結果を得た。

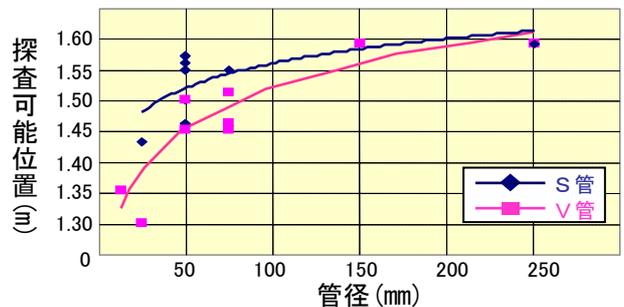


図-7 探査分解能の検証（管種・管径）

4. 結論

本実験検証により、 $\phi 330\text{mm}$ 程度の小口径推進機に搭載可能な電磁波探査装置は、ビニル管金属管ともに前方 1.4m、側方 0.6m の範囲の探査が可能であり、また探査分解能も高いことから、小口径推進機用の前方探査装置として十分な能力を持つことが確認できた。

<参考文献>・栗田, 堤, 日野, 島田：電磁波を利用した小口径推進機用探査レーダの開発, 土木学会第 58 回年次学術講演会 p727-728