

VI-172

地中レーダによるシールド障害物探査システム

大阪市交通局 正会員 高崎 肇
 (株)熊谷組 正会員 渡辺 学
 (株)熊谷組 正会員 ○河村 良之
 コマツ 桑原 壽朗

1. はじめに

人口集中の著しい主要都市部においては、地上および地下構造物が輻輳することにより、シールド工事では、計画線上に地中埋設物や地上構造物の基礎等様々な障害物があり、場合によってはそれらを避けられないこともある。

また、近年のシールド工事は密閉型シールドが主流であり、密閉型シールドは構造上、掘進中に切羽前方の状況を目視により直接監視、確認を行うことは不可能である。

このような状況のもと、最近では様々な方法で切羽前方の情報を得る探査装置の開発が試みられており、この装置により切羽前方の障害物等を発見することができれば、シールド機へのダメージを抑えることができ、施工の効率、安全性が大きく向上する。

本報告では、電磁波式小型地中レーダ技術を応用した切羽探査システム「フロントシーカ」の開発、および地下鉄工事での実用化について報告する。

2. システムの概要

シールド機のカッタヘッド前面に取り付けた2つのアンテナから電磁パルス波を放射し、その反射波を計測する。前方に障害物が存在する場合には図-1に示すように地山反射波より遅れて障害物反射波が到達する。この反射波の波形および到達時間を処理・解析し、障害物を検知、表示する。

全体システムを図-2に示す。受信された電磁波の波形情報は、カッタヘッド内のコントロールユニットから地上監視室のパソコンまで伝達される。地上のパソコンではこの波形情報のほかに、カッタヘッドの回転角度・回転方向やジャッキストローク長等の信号を受け取ることで探査結果を表示させる。

これらの信号を処理した結果、シールド機前方に障害物が存在すると判断した場合には、警報によりオペレータに知らせる。さらに2個のアンテナがカッタ回転により移動することから、検知した障害物の形状を判断し、シールド断面を上下に貫通した形状であれば「杭」の画像を、それ以外は「？」の画像を画面に表示し、障害物の位置とカッタからの距離を表示する。

記録データは、障害物等の異物を検知した場合には、すべての画像データを、また異物を検知しなかった場合

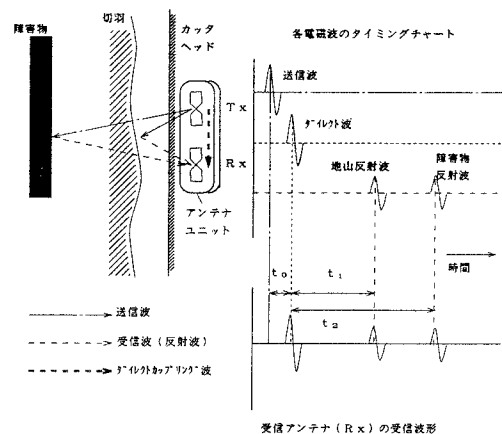


図-1 探査原理

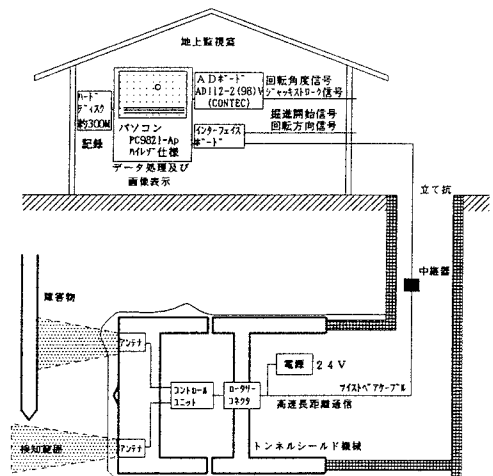


図-2 システム概要図

には1リングにつき1画像を地上のパソコンのハードディスクに自動記録される。

3. 実施工結果

シールド機：外径 $\Phi 5,430\text{mm}$ 泥土圧シールド（写真－1）

掘進延長：845m

土質：砂質土、粘性土

本工事は、既設の下水道幹線および水道管等が近接しており、不測の障害物が切羽に出現する可能性も考えられ、またルート上に $\Phi 40\sim 60\text{mm}$ の鋼管（ロッド）が存在することが事前に判明していた。この鋼管はシールド機のカッタビットで切削可能ではあるが、切削時にはビットの欠損等を防止するため掘進速度の低下等細心の注意を払う必要がありロッドの存在の有無、距離等を把握する必要があることから、地中レーダ（フロントシーカ）を装備した。

なお装備にあたっては、土質の影響やロッドの反射波状況を把握するための実験を実施した。

施工結果としては、幸いにもロッド以外の掘進に支障のする障害物は出現しなかった。しかしながら、ロッドは下水道幹線と近接する箇所において出現した。切羽にロッドが出現した時の探査システム表示状況を図－3に示す。

これによると、カッタ前方1mの地点で異物を検知し、警報が鳴るとともにその位置および距離を画面に表示した。その後掘進を続け、異物までの距離がカッタ前面から76cmになったところで、システムが杭状のものであるとして認識し、その位置および距離を画面に表示した。

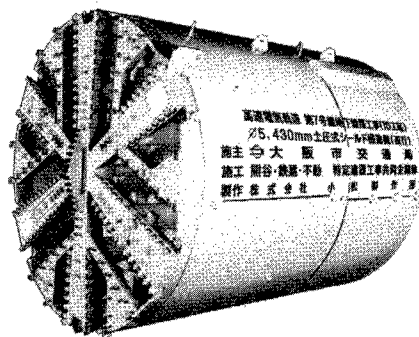
このように検知されたあとには、必ずスクリーコンベア後方の補足装置でロッドは回収された。カッタビットによるロッドの細かい切断や掘削径外への逃げ等から、回収物と検知画像との関係を完全に把握することは難しいが、今回の場合には、探査システムからの推定ロッド長の合計と回収ロッドの合計長を比較すると、約50%がシールド機後方で回収された計算になった。

また、ロッドの反射波形の推移と掘進ストローク、マシン機械負荷等から距離表示の精度は概ね $\pm 10\%$ 程度以内であったものと推定される。

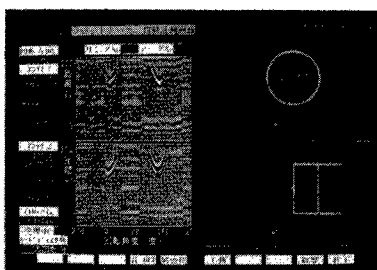
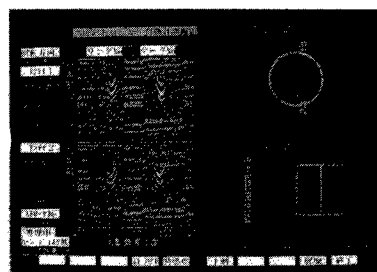
4. おわりに

今後、ますます輻輳する都市の地下空間利用にとって、シールド工法は非常に有効な工法である。しかしながら、地下空間が輻輳すればするほど、切羽前方が見えないことによる不安感は大きなものとなる。障害物に遭遇した時にリアルタイムに確認しながら施工できることは、既設構造物への影響やマシンの損傷、施工の中断が最小限に抑えられ、有意義なことである。今回、ロッドという障害物に対してはかなり精度よく識別することが可能であった。

今後に残された課題としては、①探査距離1m程度でより精度よく障害物を識別（障害物の形状・材質・位置、切羽土質の影響等）すること、②探査距離の長距離化 であると考えられる。今後は様々な土質や障害物に対して施工事例を積み重ねることにより、一層確かなものとなるものと確信している。本報告が、今後のシールド施工での前方探査の確立にあたっての参考になれば幸いである。



写真－1 シールドマシン



図－3 探査システム表示例