

## VI-110 地中探査システムの開発

－現場実験における障害物探査事例－

飛鳥建設(株) 正会員 稲田 義和 堀崎 敏嗣  
同 正会員 板場 通夫  
三菱重工業(株) 谷本 公正 松永 聖

### 1. はじめに

密閉型シールド掘進機においては、障害物・ゆるみ崩壊領域・地質変化など切羽地山の性状をリアルタイムに把握する施工管理技術が求められている。そこで我々は、電磁波レーダーによる地中探査システムの開発を行ってきた。

本稿では、このシステムを実機に搭載し現場実験を行った結果の内から、土中の残留管の探査について報告する。

### 2. 実験概要

本実験は、外径4.37mの泥土圧式シールド機、施工延長115.9mの地中線洞道工事で行った。

#### 縦断地質(図1参照)

路線後半部分は $R=150m$ の縦断曲線を経て125%の登り勾配となる。従って、切羽の地質は水平部分の東京第一砂質土層(N値27)から渋谷粘土層(N値7)に変わっていく。

#### 電磁波レーダー(図2参照)

3台の電磁波レーダーを以下の目的で装備した。

- 遠距離レーダー(大型)；前方障害物探査、地質判別
  - 近距離レーダー(小型)；前方地山性状の探査
  - 周面レーダー(小型)；カッター周面地山性状の探査
- 大型と小型レーダーの仕様を以下に示す。

大型；送信出力 約150V<sub>p</sub>、送信パルス 6nsec モノパルス

小型；送信出力 約30V<sub>p</sub>、送信パルス 約1nsec イパルス

### 3. 実験結果

残留管は、水平部から縦断曲線を経て砂質土層を急勾配で掘進中に偶然遭遇したものである。以下にその探査状況と分析について述べる。

#### 1) 残留管の検知

残留管の反応は、65リング(1.2m/1リング)掘進時に微かに遠距離レーダーの探査モニターに現れ、66リング掘進時には明確に判別可能となった。

図3は、残留管切断直前の探査モニターである。モニターには、残留管の上部と下部からの反応が、それぞれカッター回転角度45°と135°の位置に明確に現れている。残留管検知時のシールド機は急勾配部

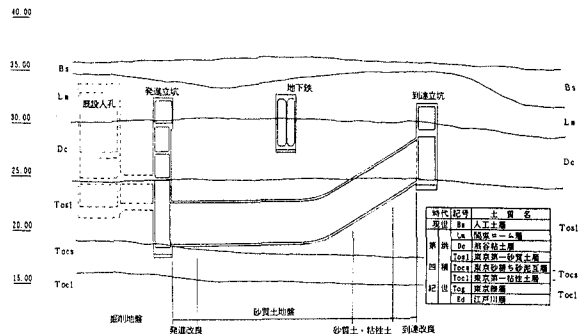


図1 地質縦断図

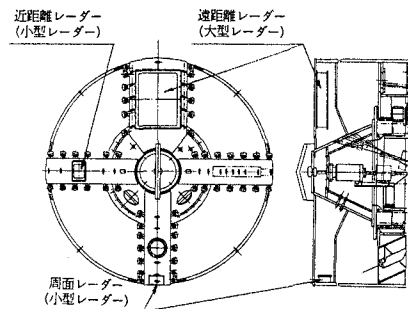


図2 電磁波レーダーの搭載位置

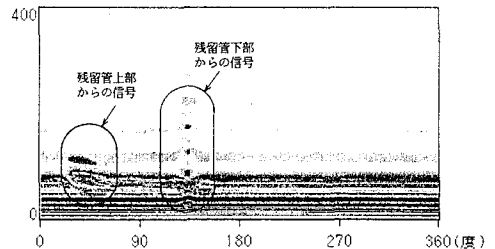


図3 遠距離レーダー探査モニター

を掘進中であり、残留管下部の方がレーダーに近い、135°の信号がより鮮明である。

シールド機は、67リング掘進開始時に管の下部を切断し、探査モニターの管下部からの信号が消えた後、67リング掘進中には管上部が切断され、管上部からの信号も消えた。残留管はその後、切断された破片が土砂圧送ポンプ内より摘出されて、管径φ60mm、厚さ約2.3mmの鉄製パイプであることが判明した。尚、残留管の反応が明確に判別可能となったときの探査距離は約90cmであった。

## 2) 残留管のシールド機に対する位置の特定

図4は、図3の時点での遠距離レーダーと近距離レーダーの信号を処理し、残留管からの反応を円形表示したものである。これより、管は図中に示す位置に鉛直状態で存在していたことがわかる。

また図5は、図4の結果をもとにして想定した残留管とシールド機の相対位置を示したものである。以下に、残留管を鉛直と仮定して電磁波受信波形と、シールド機のピッチング計記録より図中の(L1-L2)を求めてみる。

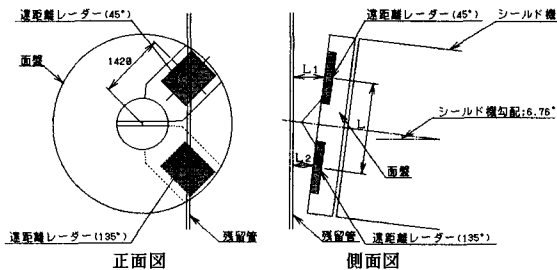


図5 シールド機と埋設管の位置関係

図6は、図3時点でのカッター回転角度45°と135°での遠距離レーダー受信波形である。図中に示すそれぞれの残留管からの反射波ピークの時間差(t1-t2)より、距離の差(L1-L2)を求めると以下のようになる。ここで、比誘電率は東京第一砂質土層での実測値(εr=27)を用いた。

$$v = 2 \times \frac{(L1-L2)}{(t1-t2)} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r \mu_0}} = \frac{C}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad \text{ここに } C; \text{光速} = 30\text{cm/nsec}$$

$$(L1-L2) = \frac{C \times (t1-t2)}{2 \times \sqrt{\epsilon_r}} = \frac{30 \times (18.80 - 11.43)}{2 \times \sqrt{27}} = 21.3 \text{ cm}$$

一方、シールド機のピッチングの実測値(6.76°)より(L1-L2)を計算すると、

$$L = 1420 \times 2 \times \sin 45^\circ = 2008.2 \text{ mm}$$

$$(L1-L2) = L \times \sin 6.76^\circ = 2008.2 \times \sin 6.76^\circ = 236 \text{ mm} = 23.6 \text{ cm}$$

となり、双方の(L1-L2)の値が概ね等しいことから、残留管はほぼ鉛直に埋設されていたことが特定できる。

## 4. まとめ

本実験では、シールド機前方の障害物探査に関するシステムの実用性が実証でき、安全性に寄与することができた。今後は、障害物探査だけでなく切羽地山のゆるみ崩壊領域の変化や地質変化に関しても、実験で得られたデータを詳細に検討し、データ処理手法の研究を通じて誰でも判別可能な出力モニターを有する地中探査システムを目指す所存である。

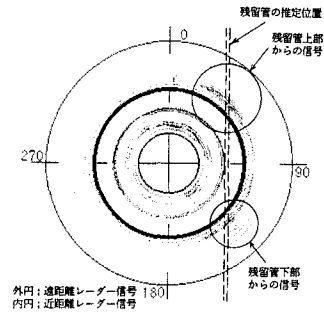


図4 遠距離・近距離レーダー 円表示

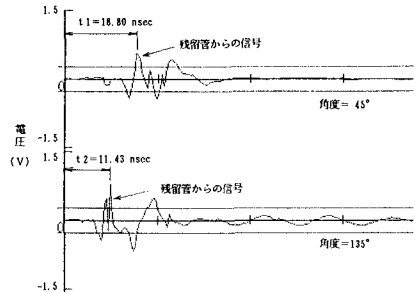


図6 遠距離レーダーの受信波形