

VI-143

小口径推進機用水中超音波信号伝送技術について

NTTアクセス網研究所	正会員	松永 広
同 上		西本和弘
NTT境界領域研究所		星谷邦夫
同 上		中野貞彦

1. はじめに

通信用地下管路の建設用において開発された非開削推進機械（エースモール）は、曲線推進が可能であり、計画線形に沿って推進する必要があるため、先端装置の推進位置、姿勢の情報を逐次検知する必要がある。現用システムでは、電磁法による位置検知を採用しているが、測定者が先端装置真上の路上で測定するため水路、軌道越し等での測定が不可能であった。そこでこれらの姿勢情報を立坑側にワイヤレスで伝送する技術が望まれていた。そこでエースモールDC15システムに対して適用することのできる、内管内を流れる水を利用した超音波信号伝送技術を開発したので、その報告を行う。

2. エースモールDC15システムの概要

(1)装置の構成（図1）

(2)工法の概要

水平ボーリングによる2工程掘削排土システムであり、礫混じり地盤を含む広範囲の土質において適用可能であり、曲線推進ができる小口径管推進工法である。

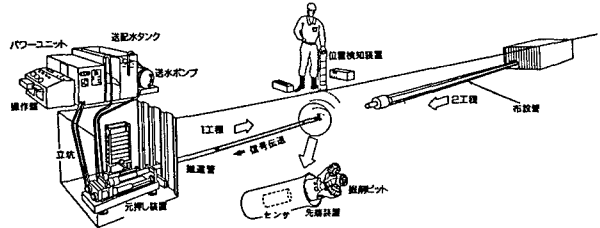


図1 システム構成図

図2に先端装置の構造を示す。推進管（パイロット管）は内管と外管の2重構造になっており、内管は送水管として先端の掘削ビットに水を供給しながら土砂を掘削し、外管は排水管として掘削後の土砂を泥水として排土する。

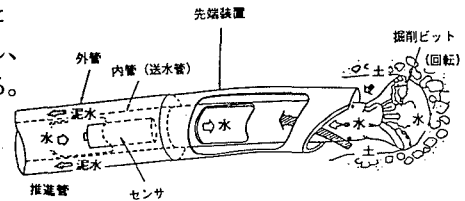


図2 先端装置の構造

(3)従来の位置検知システム

電磁法による位置検知装置用のセンサが先端装置に搭載されており、先端装置の位置および姿勢情報を電磁信号を通して地上の作業者が検知する。しかし、電磁法では道路横断や軌道越しの際は作業者の測定は大変危険であり、また、先端装置が地下深い場合や水路越しの際は、信号の検知が不可能である。

3. 適用技術の検討

路上への電磁法に代わる立坑への伝送方式としては、表1に示す3方式が検討の対象となったが、

技術	項目	精度・信頼性				
		精度・信頼性	実現性	作業性	コスト	総合評価
ワイヤレス伝送	超音波	△-○	○	○	○	△-○
	光	×	△	○	○	×
	電磁波	×	△	○	○	×

①光伝送に関しては、推進管が曲線推進する場合、あるいは内管内の水が泥等によって濁る場合は減衰が著しく伝送精度がかなり低い。

②電磁波伝送に関しては、水中の減衰が著しく大きく、管内の凹凸によって伝播ロスが大きくなる。また、誘導により適用場所によって支障をきたす場合があるため、伝送精度および信頼性が低い。

③超音波伝送に関しては、送水による水中の気泡によって減衰するが、送水管内に水が充填されていることを考慮すれば、数十m程度の伝送は技術的に実現性が高い。

と判断されたことから、水を媒体とし超音波を用いた伝送技術を採用し検討することとした。

4. 水中超音波信号伝送装置及び機能確認結果

図3に、試作したピッチング情報伝送の水中超音波送受信器を示す。送信器は、350kHz正弦波を2ms発振、8ms休止のバースト発振にて、16ビットのデータを繰り返し送信する。データの先頭に4msのヘッドを付ける。受信センサ内のプリアンプ利得は20dB、受信器は最大110dBの利得がある。

送信器を先端装置に、受信センサを元押装置に取り付け、送水による超音波信号伝送実験を行った結果、現在まで以下の結果を得ている。

- ①信号伝送は、実験した最大距離40mまで十分可能である。
- ②超音波法により伝送されたピッチングの値は、電磁法により伝送された値と極めて近似している。（図4）

- ③信号伝送距離を制約する主な要因は泥水による信号減衰とパイロット管による信号減衰である。

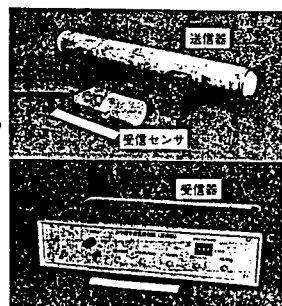


図3 水中超音波送受信器

5. 信号伝送限界距離に関する考察

図5に、本システムにおける推定の信号伝送最長距離と泥水濃度との関係を示す。この結果より、信号伝送最長距離を伸ばすには以下に挙げる対策が効率的である。

- ①泥水の濃度を低くする。
- ②パイロット管による減衰を小さくするため、管壁が完全反射壁になるように滑らかでかつ完全剛体壁に近づける。

①に関しては、タンク内部をいくつかの隔壁で区切って土粒子の沈殿を促進する、汚水処理剤を利用して土粒子を除去するなどの対策が考えられる。泥水濃度は0.1%程度以下に維持することにより、50m以上の伝送距離を確保できる。

②に関しては、現在パイロット管の信号減衰定数 α_t は1.58dB/mであるが、それを1.0dB/m程度まで改善できる見通しがある。 α_t を1.0dB/mにできれば、清浄な水では信号伝送距離Lは118mになる。泥水濃度が0.06%, 0.1%では泥水の減衰定数 $\alpha_p = 0.39, 0.63$ dB/mとなり、Lはそれぞれ85m, 72mになる。さらに α_t を0.5dB/mとすることができれば、清浄な水でL=233m、泥水濃度0.06, 0.1%に対してL=132m, 103mになる。以上の検討より、管形状の改善及び泥水濃度の管理により100m以上の信号伝送が可能、との見通しを得た。

6. おわりに

今後、さらに水中超音波信号伝送距離を伸ばし、かつピッチングとともにローリング角度等も含め測定、伝送することにより、現場での使用価値が極めて大きくなると考えられる。

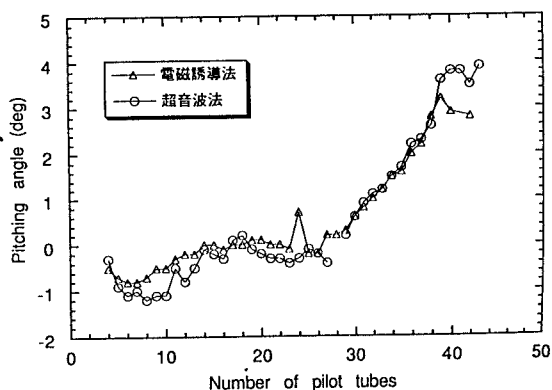


図4 電磁法と超音波法とのピッチングの比較

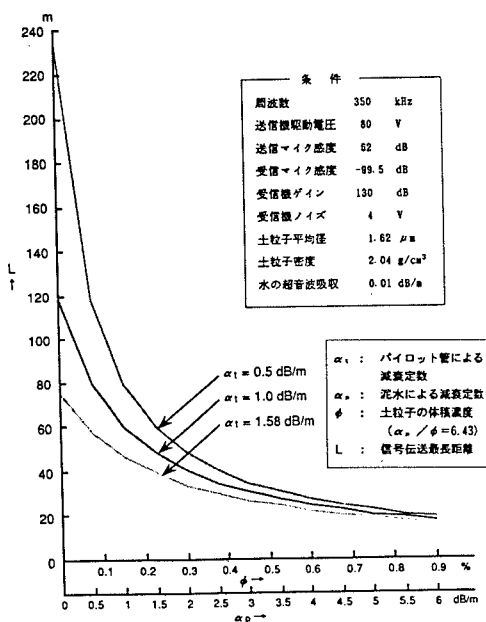


図5 信号伝送最長距離と泥水濃度の関係