

小型地中音波位置計測システムの再開発

大成建設(株) 技術センター 正会員 ○木下 勇人

フェロー会員 宮崎 裕道

フェロー会員 森田 泰司

1. 背景

近年、シールドトンネルなど地下構造物の構築では大深度化・長距離化のニーズが多くなっている。従来、トンネル工事では坑内測量により切羽の位置を測定するが、この方法では坑口からの距離が長くなるに応じて測量誤差も累積するため、トンネル直上と思われる地表からチェックボーリングにより位置を確認しているのが現状である。しかし、直上に道路や鉄道がある場合にはチェックボーリングができず、またガス管・水道管などの埋設物がある場合、および海底トンネルなどの場合にもチェックボーリングは困難となるため、新たな位置管理技術が要請されている。そこで、これらの課題に 대응べく、音波を利用した地中位置探査技術の開発を行ってきた(2008年開発)。昨今の技術発展に伴い、既開発の小型地中音波位置計測システム「もぐらのナビ」は技術の陳腐化が見受けられるため、システム全体のバージョンアップを図るに至った。

2. 計測原理

本システムは発信器位置を未知数とし、座標が既知の複数の受信器での音波到達時間から発信器位置を解析するものである(図-1)。発信器座標(X, Y, Z)および地中音速(V)の4つを求める必要があるため、受信器は最低4ヶ所、実際には予備データ用として6箇所程度設置する。

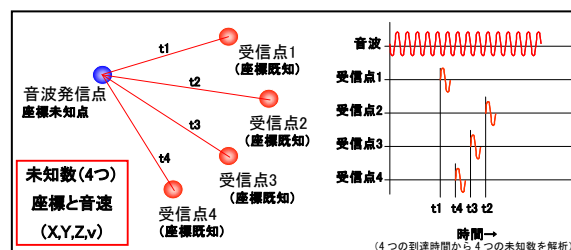


図-1 計測原理

3. システム再構築

図-2に再構築前後のシステムブロック図を示す。旧システムでは発信側と受信側とのデータ送受に公共電話回線を利用していたが、トンネル延長が長距離になる場合はケーブル遅延が懸念されるため、光ケーブルへの変換と、WANルーターを利用した無線回線にすることで長距離区間でも対応可能とした。また、旧システムの同期装置は24時間で $1\mu\text{s}$ の誤差が生じており1回/日の同調作業を要していたが、同調不要で24時間誤差 $0.2\mu\text{s}$ なGPSを利用した同期装置を導入した。その他、発信器に耐圧性能の改善を、受信器にノイズ対策の改良をそれぞれ施した。

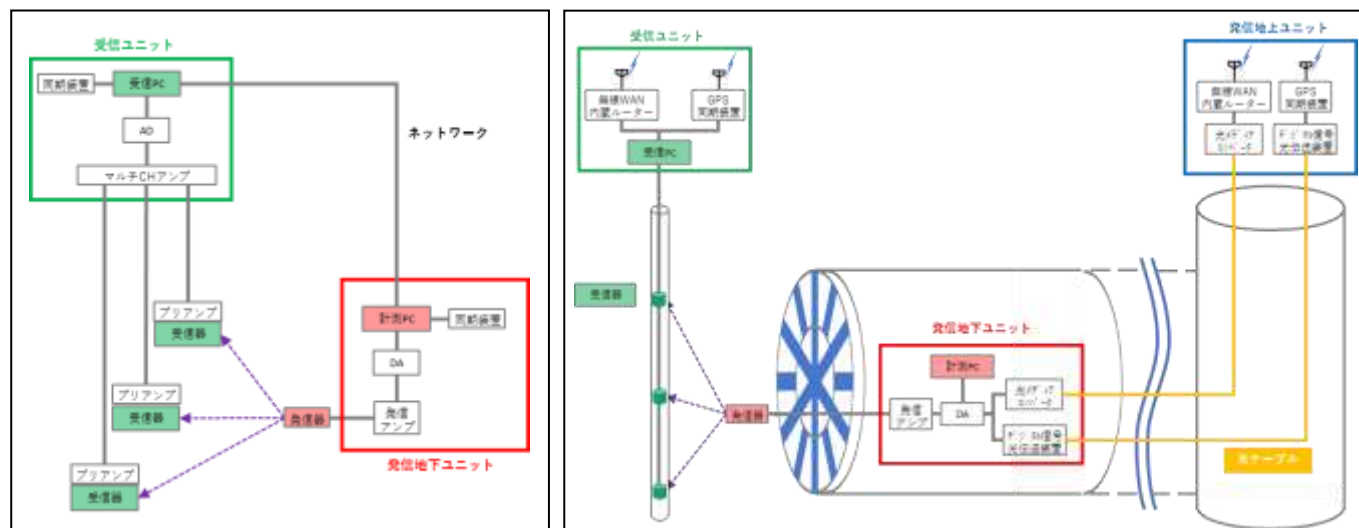


図-2 システムブロック図(左:旧, 右:新)

キーワード シールドトンネル, 地下構築技術, 位置計測, 音波

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設株式会社 技術センター生産技術開発部 TEL 045-814-7229

4. 開発機器

4-1. 新規発信器の開発

地中での音波位置計測では低周波で大出力、かつ高耐圧の音波発信器が必要とされるが、駆動力として超磁歪素子を用いることで、大出力を期待できる新規発信器を開発した。また大深度の高水压下での使用に備え、筐体内外の圧力を均一に調整する圧力調整機能を搭載している。

4-2. 新規受信器の開発

小型化した新規受信器を開発した。受信素子にハイドロホンを使用し、筐体内にアンプ内蔵制御基板を有している。従来の受信器は受信した信号をアナログ信号のまま地上まで伝送していたため、ノイズの影響を非常に受けやすかった。新規受信器はこの問題点に着目し、受信したアナログ信号を制御基板で即座にデジタル信号に変換し、さらに基盤で増幅してから地上の計測 PC へと伝送することで、ノイズを大きく低減することが可能となっている。また小型化により、地質調査ボーリング等で使用する内径φ65の孔に対しても使用可能となっている。

4-3. 同期装置

計測原理上、発信側と受信側の時刻を正確に同期させる必要がある。旧システムの同期装置は、24時間で1μsの誤差が生じることから1回/日の同調作業を要していたため、手間の不要となるGPSを利用した同期装置に変更した。



図-3 開発機器

5. 性能検証実験

本システムの性能を検証するため、各機器単体実験・気中室内実験を行った。各機器単体実験では、開発した新規発信器・新規受信器の水中での性能検証を実施し、発信器からの音波の発信、受信器での音波の受信、発受信 PC 間の時刻同期を確認することができた。また耐圧容器を使用し高水压下を模擬した加圧実験においても同様に動作可能であることを確認している。気中室内実験では、システムの基本的な動作確認を実施し、発信・受信ユニット間のデータ通信が良好であること、及び新システムでの音波位置計測が可能であることを示した。



図-3 性能検証実験

6. まとめ

本開発の性能検証実験を通じて、新規システム・機器を用いても音波の送受信が可能であること、およびそのデータから位置解析が可能であることが示された。今後は土質の差異による検証しつつ実績を重ね、応用展開を図っていく所存である。

参考文献

- ・ 蜂屋弘之, 山口匡, 「音波を用いた広域海洋計測」 Journal of Signal Processing, Vol.10, No.2
- ・ 蜂屋弘之, 大槻茂雄, 奥島基良, 「中浅海域音波伝搬観測のための M 系列変調法」 第 3 回デジタル信号処理シンポジウム