

水平ボーリング用前方探査レーダシステム

A small GPR for horizontal directional drilling system

中内 啓雅 [1]

Takaharu Nakauchi[1]

[1] 大阪ガス

[1] Osaka Gas

1. はじめに

都市部において水平ボーリングを利用した非開削工事でガス配管を行う場合、輻射している地下埋設物の破損を防止することが重要である。

地下埋設物の管路を精度良く確認するため、調査時に試掘による露出確認を原則としているところが少なくない。それらにかかる費用と時間を削減するために、掘削を必要としない電磁誘導波、音波、レーダによる地上からの埋設物確認方法がとられているものの、舗装状況などにより探査できないケースも少なくない。

他方、直径数メートル以上のトンネルを掘削する大型のシールドマシンでは、マシンの先端に圧電素子から構成される音波送受信機を搭載し、埋設物から反射する音波を受信することによりマシン前方の障害物を検知する方法（いわゆる音波探査法）が採用されている。しかし、例えばポリエチレン管敷設用の誘導式水平ドリル（以下、HDD）のドリルヘッドは口径が70mm前後と小さいこともあり、音波送受信機を搭載することは困難である。また、音波の場合は土の不均一性に起因する不要な反射信号が強く、埋設物からの反射信号との識別が難しいといった問題もある。このような背景から、探査深度および分解能において実現の可能性が高く、かつボーリング装置先端に搭載するための小型化が可能な技術としてレーダ法に着目し、開発を進めてきた。

ここでは、ドリルヘッドに搭載できる近傍探査システムに要求される目標仕様、レーダシステムの基本設計、さらに製作したレーダシステムのフィールドテスト、および実際のガス配管工事における適用結果について述べる。

2. ドリルヘッド近傍探査システムに要求される目標仕様

HDD用ドリルヘッドは地中でその掘進方向を制御できる機能を有している。したがって、ドリルヘッドの先端に前方の埋設物の存在を検知できるセンサが搭載できれば、埋設物との衝突を回避しながら安全に地中を掘進することができる。

先端近傍探査システムに要求される目標仕様を表1に示す。

表1

| | |
|-------------|-----------|
| ・探査距離 | : 30cm |
| ・探査対象物の物性 | : 金属及び非金属 |
| ・探査対象管の最小口径 | : 25 mm |
| ・分解能 | : 8 cm |

3. レーダシステムの基本設計

地表から電磁波を地中に放射し、埋設管からの反射信号によりその位置を検知する、いわゆる地表走査型レーダでは、送信アンテナからパルス状の電磁波を放射し、受信波形をサンプリング回路により低周波数信号に変換して断面表示する方式（Bスコップ表示）が一般的である。しかし、従来のパルス方式では実効送信電力（単位時間当たりの送信電力量に相当）が低く、かつサンプリング回路の寸法が大きいため、ドリルヘッドに搭載することが困難であった。そこで、ここではこれらの問題を解決するために、新たに小型の高速サンプリングシステムを試作した。従来の地中レーダに採用されているサンプリング方式に比べ大幅に実効送信電力を増大させる高速サンプリング方式とした。

ここでは、送信パルスの繰り返し周波数を約400倍大きくすることにより、積分効果の向上を図った。その結果、別の実験を通して9.9dBランダムノイズを低減できることが分かった。

4. 微小アンテナ

口径200mmまでの小口径ガス導管敷設用のHDDに用いられるドリルヘッドは、掘削工用ボーリングマシンなどの中でも、直径が約7cmであり極めて小さい。そこで、アンテナ取付スペースを少しでも広く確保するため、先端の傾斜部分にアンテナを取り付けることにした。この場合、掘進方向のみならず側方も同時に探査できると考えられる。ドリルヘッドにアンテナを搭載する前に、このような微小な寸法のアンテナで前方の埋設管を検知するために、微小アンテナ（縦5cm×横7.5cm×高さ1.5cm）を製作した。

5. 実機搭載実験

実際のHDD工事現場（大阪府箕面市稲）において、口径150mmの水道用鋼管を検知できた事例があった。アクシデント的に水道用鋼管近傍を通過した事例では、引き込みされたPE管に対して約40cmの離隔で平行に敷設された水道用鋼管を良好に検知できていた。

6. おわりに

都市部において地中をボーリングする際に問題となる埋設物との衝突を回避するため、ドリルヘッドに探査用の小型レーダシステムを搭載し、前方および側方の埋設物を検知する技術について開発した。その結果以下のことが明らかとなった。

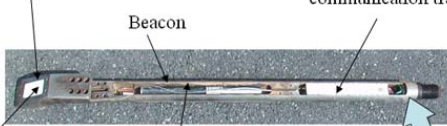
- (1) 超小型アンテナ，超小型レーダ回路を製作しドリルヘッドに搭載可能となった。
- (2) サンプル方式の高速化などにより，従来の探査システムに比べS / N比を改善した。
- (3) 実際の施工現場において離隔距離 40cm 程度の埋設物を検知できた。



c) Antenna protect board



a) Radar electronics module including communication transmitter circuit



Beacon



b) Radar antenna



e) Transmitting antenna for communication

