

## 土中音波による位置探査実証実験

大成建設株式会社 正会員 ○須田 健  
 大成建設株式会社 正会員 赤坂 茂  
 大成建設株式会社 非会員 山上 順民

### 1. はじめに

東京湾レインボーブリッジ直下の海面下 50mに構築する上水道トンネル工事（東京都水道局）で土中音波位置探査システムの実証実験をおこなった。このトンネルでは2か所の急曲線部があるが、海底下のためチェックボーリングが不可能であり、坑内測量を確認するための他の方法が望まれていた。実証実験は立坑への到達 26m手前にておこなった。

### 2. 実験概要

土中音波位置探査の実証実験を以下の工事にておこなった。

工事名：東南幹線（作）送水管用トンネル及び立坑築造工事

発注者：東京都水道局

工期：2006.1.11～2008.5.2

場所：江東区豊洲 6 丁目地先～港区港南 5 丁目地先間

全長：2,325m 外形：2.708m 内径：2.450m

実証実験期間：2008.1～2008.2

掘削するルートは、海面下 50mの海底で砂混じりの土丹層からなっている。掘削工事は進行中であり面板への発振器の取り付けが後付けでは困難であったため、発振器を到達立坑側に設置し受信器はシールドセグメントの注入孔を利用して放射状に 6 本張り出す形で設置した。受信器の設置にあたっては注入孔より約 3mのボーリングを行い、ボーリングロッドを引抜いた後に先端にセンサーを仕込んだロッドを挿入する方法で施工した。

この時、挿入したロッドに撓みや捻れが生じる恐れがあったため、センサー設置位置を確認する目的で、先端のセンサー中心部にステンレスワイヤーを固定し、このワイヤーを挿入ロッドの口元中心を通るように引き出すことで、センサー中心方向のベクトルを求め、挿入長よりセンサー設置位置を求めた。また、発振点と受信点のパソコンは、受発振する音波の種類や周波数を制御する必要があるため、両坑口間で公衆回線による V P N (Virtual Private Network)を構築した。なお、到達前 50m地点にて音波の送受信をおこない、音波が受信できる事を確認。発振した音波の周波数は 1 kHz～8 kHz で PRBS コード (8 次～10 次) による位相変調波を使用した (図-2)。



図-1 実証実験場所

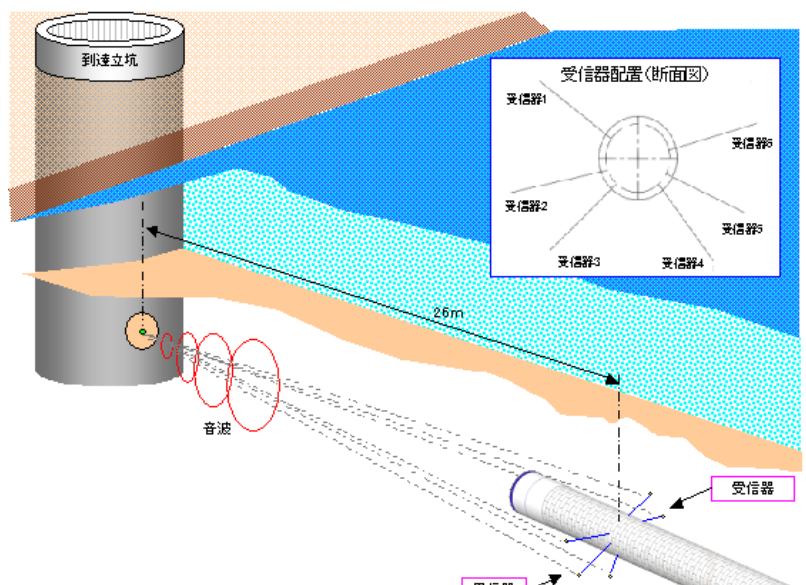


図-2 実証実験イメージ図

キーワード 測位システム, シールド工法, 音波探査, 位置解析

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設株式会社 技術センター土木技術開発部 TEL045-814-7219

### 3. 機器の設置

到達立坑のマシン到達位置の中心から左右に 450mm 離してセラミック型発振器とマグネチック型発振器の 2 台を設置した。写真-1 に到達立坑側での発振器材設置手順を示す。



ボーリング機械設置



発振器設置孔掘削



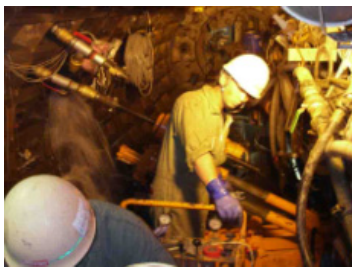
発振器挿入設置



発振装置設置

写真-1 発振器の設置

受信器の設置手順を写真-2 に示す。このような手順で設置し、音波送受信と発振器位置解析をおこなった。



ボーリング機械設置



注入孔を利用して掘削



受信装置設置

写真-2 受信器の設置

### 4. 実験結果

受信した音波は相関計算により概略の到達時間を求めた後、実際の波形と相関結果を対照し最終的な到達時間を決定した。次に、各到達時間から最小二乗法および幾何学的な収束計算を行なう事により、到達目標である発振器の座標 (X, Y, Z) および土中音速  $V$  を求めた。そして、実際にシールドマシンが到達した後、到達目標からのズレを実測した結果、音波計測結果との違いは約 3.5mm という結果であった (図-3)。

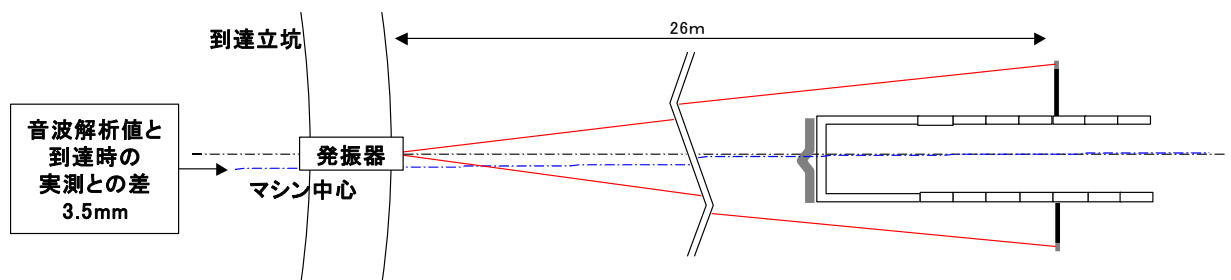


図-3 実験結果

### 5. まとめ

今回の実証実験により、海面下 50m の土中で音波の送受信が可能な事、および音波の到達時間から発振器の位置 (目標位置) を解析できる事が実証できた。今後は、他の土質 (礫層、シルト層など) に対する本方式の有効性、精度およびマシンへの設置方法等についてさらに検証を進める予定である。

### 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, pp. 75-82, March2006
- ・ 蜂屋弘之, 大槻茂雄, 奥島基良, 「M系列信号音波を用いた相模湾の多経路伝播音波の観測」 海洋音響学会誌 17 巻第 2 号, pp. 106-113, 1988. 10