

## 弾性波を用いた埋設物探査手法に関する基礎的実験

三井住友建設	正会員	○程塚 保行
三井住友建設	正会員	松田 拓
三井住友建設	正会員	戸村 豪治
三井住友建設	正会員	長谷川 弘明
三井住友建設	正会員	矢野 安則
三井住友建設	正会員	井上 淳一

## 1. はじめに

地下埋設物や地下構造物の施工の際には、事前に既存埋設物を把握する必要がある。それらの既存埋設物は、一般に試掘によって目視で確認される。試掘確認が困難な深度 1~10m の埋設物は、ボーリング掘削による探針などが行われ、調査に多大な労力がかかり、この深度の効率的な探査手法の開発が求められている。

深度 1~10m の非掘削の探査手法として、数十mの深さの地層の分布を調べる目的で利用される反射法弾性波探査が挙げられる。この手法を埋設物探査に応用するためには地下の局所的な位置から反射する波を測定する方法やその反射位置を特定するデータ処理方法を確立する必要がある。

本研究では、深度 1~10m の埋設物を探査する手法の確立のための基礎的な検討として、既知の深度 2.5m の埋設物を対象に実施した実験結果について報告する。

## 2. 埋設物探査手法

地層と比較して埋設管のような小さな物体で散乱し反射した波を測定するためには埋設管の大きさより小さな波長の波を起振し埋設管から反射してきた波を高密度に測定する必要がある。Bachrach(2010)ら<sup>1)</sup>は高密度に展開した受振器を用いて深度 1.5m に埋設された埋設管から反射した波をマイグレーションなどのイメージング処理を適用することにより検出している。著者らは、Bachrach(2010)らの手法を応用し、埋設物の検出に加えて、図 1 に示す探査レイアウトのように高密度に受振して反射点を抽出し埋設物の位置を探査する手法を検討し、実験で適用した。

## 3. 埋設物探査実験

実験は高感度で高密度測定が可能なレーザードップラー振動計と高周波数帯域の起振ができるバイブレータ振源を使用し(表 1)、片側 2 車線の道路上の規制帯内で実施した(図 2)。実験エリアには深度 2.5m で 2.7m × 2.8m 程度の大きさの矩形函渠が敷設されており、これを探査対象とし

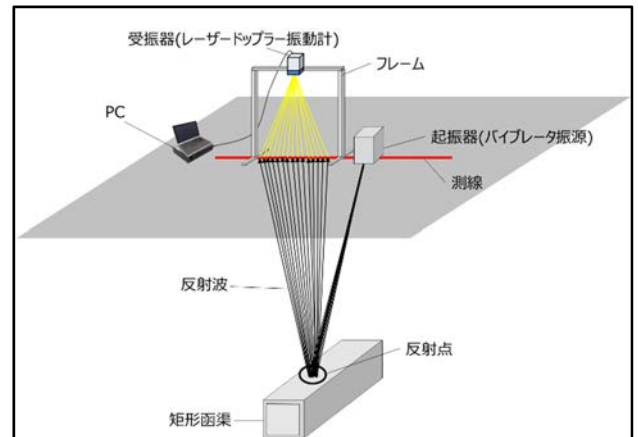


図 1 探査レイアウト

表 1 実験機器

機器名	規格・仕様		メーカー
レーザードップラー振動計 <PSV-500>	電源	100VAC	Polytec社
	測定距離	125mm~100m	
	測定物のサイズ範囲	数mm <sup>2</sup> ~最大数m <sup>2</sup>	
	スキャン角度	50° × 40°	
	測定周波数帯域	0~50kHz	
	分解能	0.005~0.05(μm/s)/√Hz	
可搬型バイブレータ振源<ELVIS III P8>	電源	12V DC	GeoSym社
	加振力	450N	
	周波数範囲	20~400Hz	
	起振部重量	35kg	
	全重量	130kg	

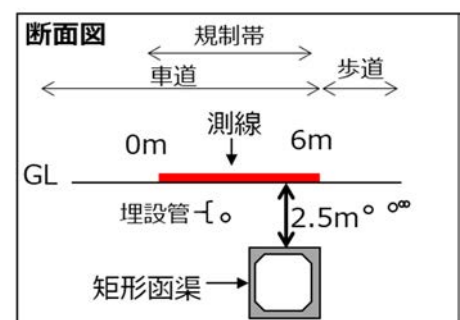


図 2 測線配置

キーワード 地下埋設物 反射法弾性波探査 矩形函渠

連絡先 〒270-0132 千葉県流山市駒木 518-1 三井住友建設(株) R&Dセンター TEL04-7140-5200

た。測線はこの矩形函渠を直交する方向に配置し、測線長は道路幅の 6m とした。受振点の間隔は 20cm の固定展開とし、起振点は 1m 間隔で 7 点配置した。実験エリアの隣の対向車線には車両が走行しその上部は鉄道が走行しており、その振動ノイズが 10~30Hz の周波数帯域で卓越していた。そのためバイブレータ振源の起振周波数は 50~400Hz とした。

#### 4. データ処理

データ処理フローを図3に示す。一般的な反射法弾性波探査の処理手法に反射点の抽出手順を加えた。まず、測定データと発振波形を用いて相互相関処理を適用した。適用後の探査波形を図4に示す。探査波形はバックグラウンドノイズの影響で波形が不明瞭なため S/N 比が高いとはいえないが、直接波とそのサイドローブの後に反射波がいくつか認められる。この探査波形に起振周波数帯域のバンドパスフィルタを適用し、直接波とそのサイドローブをミュートにより除去した。その後、反射波速度解析を実施して得られた弾性波速度データを用いて重合前時間マイグレーションを適用し深度変換を行った。その深度変換結果(図5)より深度 1m 付近と深度 2.5m 付近に比較的振幅の大きな反射波が認められる。これらの反射波は既存情報から深度 1m 付近は埋土境界からの反射波、深度 2.5m 付近は矩形函渠上面からの反射波と推定される。この矩形函渠上面からの反射波を抽出した反射点分布と重合処理を適用した重合断面をそれぞれ作成した。

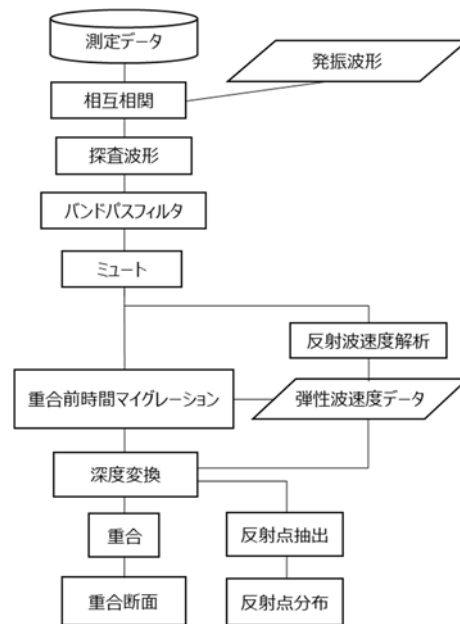


図3 データ処理フロー

5) より深度 1m 付近と深度 2.5m 付近に比較的振幅の大きな反射波が認められる。これらの反射波は既存情報から深度 1m 付近は埋土境界からの反射波、深度 2.5m 付近は矩形函渠上面からの反射波と推定される。この矩形函渠上面からの反射波を抽出した反射点分布と重合処理を適用した重合断面をそれぞれ作成した。

#### 5. 探査結果

図6に本実験の探査結果の重合断面と反射点分布を示す。重合断面から深度 1m 付近に埋土境界が測線の始点から終点まで連続して認められる。矩形函渠の上面は、反射点分布と既存情報との比較から 10~20cm の位置精度で検出することができた。

#### 6. まとめと今後の課題

深度 2.5m の矩形函渠を対象に反射法弾性波探査手法による埋設物探査実験を実施した。その結果、比較的精度よく矩形函渠上面の位置を特定することができた。今後の課題として既存情報がない埋設物を対象とした探査手法の検討と探査波形の S/N 比の向上が挙げられる。

#### 参考文献

- 1) Bachrach, R., et al.: 3D ultra shallow seismic imaging of buried pipe using dense receiver array: Practical and theoretical considerations, GEOPHYSICS, VOL. 75, NO. 6, G45-G51, 2010.

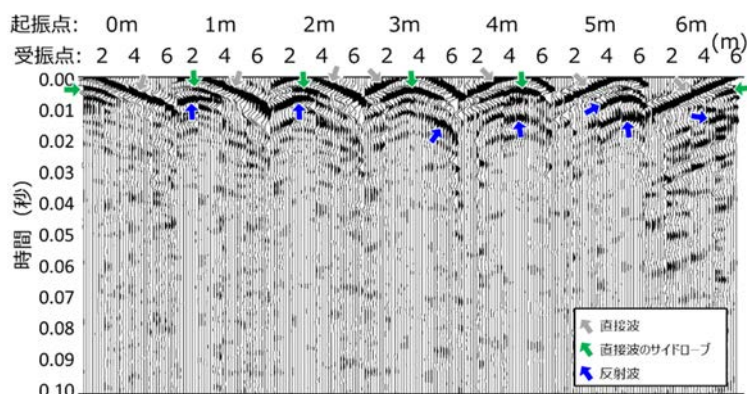


図4 探査波形

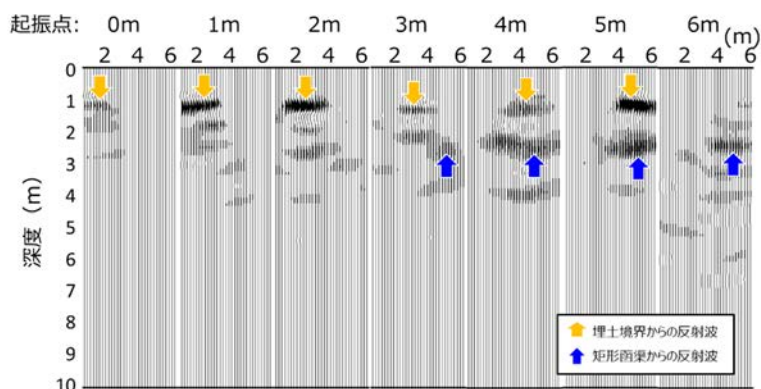


図5 深度変換結果

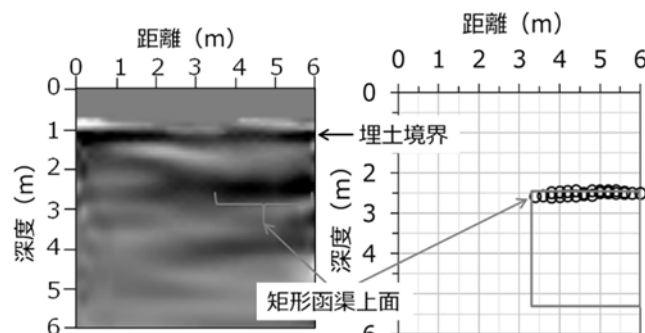


図6 探査結果  
(左図：重合断面、右図：反射点分布)