

## 地中レーダによる3次元埋設管モデルの構築

応用地質 正会員 ○青池 邦夫  
 応用地質 小河原 敬徳  
 応用地質 高橋 一徳

### 1. 目的

埋設管敷設工事の掘削中に、事前に把握できなかった不明管が出現した場合、施工が中断するだけでなく管路の設計から見直しを強いられる場合がある。また、既設の管路は、道路管理者や埋設管を管理する公益事業者がもつデータベースや施工時の資料により管種や管径、経路が把握されているが、正確な位置が反映されていない場合もある。このため、事前調査は重要であり、正確な位置を把握することが要求される。効率的な建設を実現していくためには、設計・施工・維持管理の過程でより正確な地下三次元モデルを共有することが不可欠である。この三次元モデルに属性情報をあわせもった BIM/CIM (Building / Construction Information Modeling, Management) による管理手法が、現在、国土交通省の i-Construction 政策の下で推進されており、導入することによる建設現場の生産性向上に期待が高まっている。

著者らは、埋設管の三次元モデルを構築するため、稠密配置した地中レーダ測線のデータを活用した解析方法を開発した。BIM/CIM の導入を念頭に事前計画段階で三次元モデルを構築し提供することを目的としている。手法の検証のため、当社が建設した埋設物検知のための実験サイトを利用し、都市地盤を想定した埋設物区間に開発手法を適用した結果について報告する。

### 2. データ取得

実験施設は約 400m の道路になっており、埋設物を3区間に設置している。図1に示す区間において開発手法を適用した。なお、埋設物の位置・形状は、覆土する前にレーザスキャナや空撮によって3次元測量した。測定機材は、中心周波数 350MHz のインパルスレーダ (GSSI 社 350HS) を使い、GNSS と連動させた。GNSS の水平方向の位置精度は、RTK 観測により FIX 時に±1cm 以内である。測線間隔 25cm で道路縦断方向および横断方向に地中レーダの稠密探査を実施した。



図1 実験施設の解析対象区間（建設中）と使用機器（左上）

### 3. 解析方法

地中レーダで埋設管を横断する方向に測定すると、受信される反射波は連続的かつ左右対称な走時曲線を描くことが多い。調査では複数の平行測線でこの特徴の出現を確認し、埋設管を識別している。理論的には、地中レーダの伝搬速度を一定とすれば、地中のある一点からの反射波による走時曲線は、双曲線で表すことができる。このため、記録に現れる山型の反射波に対して点反射を仮定すると、想定される走時曲線に沿ったセンブランスを計算することで埋設管からの反射波を検出することができる。著者らは、稠密に配置した2方向の測線データに対して、センブランスの空間分布を求めた。B スキャン画像に適用した例を図2に示す。この際にセンブランスの空間分布の極大点について、その点の x, y, z 座標とセンブランス、伝搬速度をデータベース

キーワード 地中レーダ, 稠密探査, 三次元モデル, BIM/CIM, 埋設管

連絡先 〒331-0812 埼玉県さいたま市北区宮原町 1-66-2 応用地質株式会社 TEL 048-663-8614

化した。

#### 4. 解析結果

図 3 (a) にセンブランスの極大点の空間分布を示した。埋設管以外にも多くの反射点が地中に分布しているが、埋設管による反射点は他の散乱点に比べてセンブランスが相対的に高い傾向が見られた。そこでセンブランスが高い点を中心に直線を回転させ、反射点の数が最も多くその直線上に分布するときの点群を抽出するフィルタを開発した。他の散乱点はその分布に直線性がないため、図 3 (b) に示すようにフィルタを適用した結果、埋設管上面による反射点群を効率良く抽出することができている。図 3 (c) はグループ化した

結果である。フィルタリングする際、同じ直線上に並んだ点群を初期のグループとし、回帰直線の傾きと近接点間の距離を使った階層型クラスリングによって同じ埋設管に属するグループを自動で統合した。なお、偶然に直線状に並びグループ化された散乱点は、抽出先の B スキャン画像に戻って埋設管かどうかチェックする機能をソフトウェアに実装し、手動削除した。埋設管の管径は既知として、円筒型のオブジェクトを上面が回帰直線に合うように与えた結果が図 4 (左) である。図 4 (右) は埋設前にレーザスキャンした結果であるが、マンホールや空洞模型などの埋設物を除き、円筒型の埋設物について概ね良く分布状況を反映したモデルとなっていることがわかる。

#### 5. 今後の課題

埋設管の深度情報については、測線と埋設管の交差角を考慮することによって、伝播速度の推定精度が改善され、より正確になると考えており、今後、自動解析に組み込む予定である。

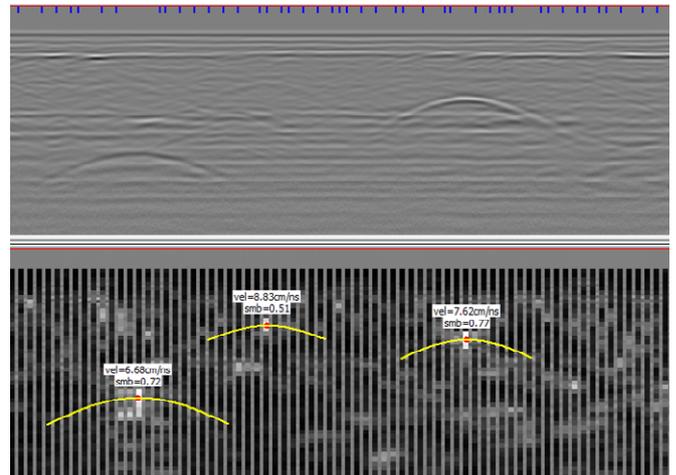


図 2 B スキャン画像(上)とセンブランス分布(下)

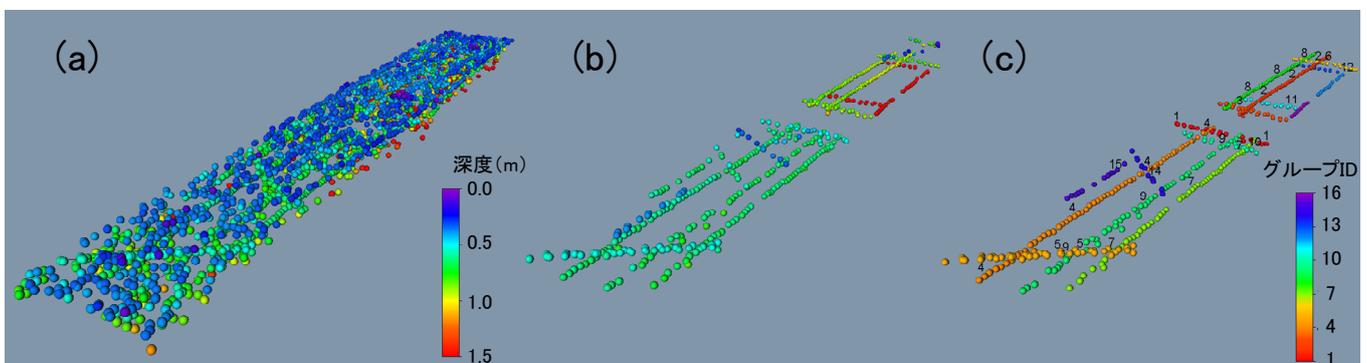


図 3 センブランス分布から抽出した極大点, (a) 自動抽出, (b) フィルタリング後, (c) グループ化後

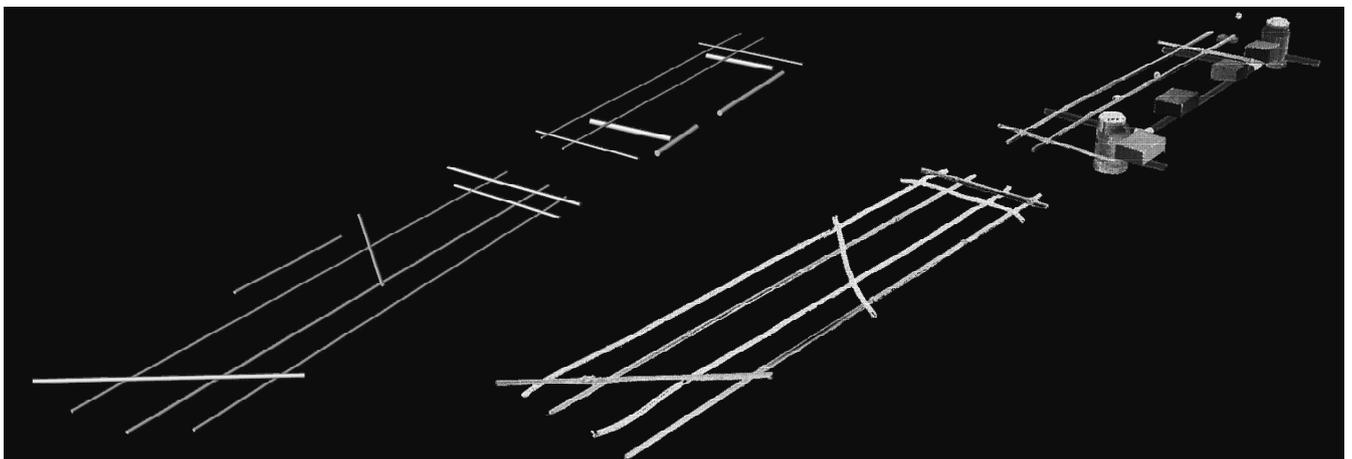


図 4 円筒型オブジェクトをはめ込んだ埋設管モデル (左) と埋設前のレーザスキャンデータ (右) の比較