

電線共同溝業務における三次元レーダ探査を活用した地下埋設物把握と三次元データ作成

3D data creation utilizing 3D radar exploration related to "C・C・BOX" design

交通事業本部 交通第1部 星川 慎吾
交通事業本部 交通第1部 加藤 和明

電線共同溝工事では工事実施前に試掘調査を行ない、設計と現地の不整合があれば修正設計を実施しているが、工事スケジュールが過密となり工事遅延が発生する事がある。そのため、工事遅延の発生等を防止することを目的に、三次元レーダ探査を実施し解析結果を基に三次元データの作成を行なうことで、設計段階における地下の支障物把握精度の向上を試みた。また、従来から実施している試掘調査と比較を行ない、活用条件について検証を行った。

1 はじめに

電線共同溝整備においては、従来、管理台帳から地下埋設物情報を把握して設計を行っているが、現地で不整合なこともあり、設計精度が確保できていないケースが多い。そのため、施工前には施工上のコントロールポイントで試掘調査を実施し、計画との整合確認と、必要時は修正設計を実施している。しかし内容によっては、施工直前まで修正が長引くこともあり、工事着手が遅れるケースもある。

これを解消するため、施工前年度の設計時でも非開削により実施可能な、三次元レーダ探査および三次元データ作成を行ない、試掘調査との比較を実施した。また、両者の活用条件について検討した上で、レーダ探査実施による効果も示した。

2 三次元レーダ探査概要

2.1 三次元レーダ探査

三次元レーダ探査は、電磁波地中レーダ技術を用いた非破壊調査であり、地中に電磁波を照射し、異なる物性の層境界からの反射波を受信して埋設管等の位置を調査するものである。地中レーダは、舗装条件・路面条件等によりデータ解像度に影響を受け、探査精度の低下が懸念される。さらに、探査する埋設物が小さい（φ50mm）場合や急激な変化箇所、輻輳箇所等では、埋設物の検知精度が低下する等の課題がある。このため、本探査では、対象区間を面的かつ連続的にデータ取得を行なう事で、一部の区間の検知確度が低下しても周辺部のデータから管の連続性等を推定することで、探査精度が低下する課題を克服している。加えて、現地にて地表物の種類や位置、占用台帳

等の既存資料などから調査結果を補完することで、埋設位置の探査精度の向上を図っている。

以下に、性能、条件、調査の様子を示す。

表 2.1 埋設管マッピングシステム探査性能

使用機器等	車載型多配列地中レーダ、ハンディ型多配列地中レーダ、ハンディ型地中レーダ、専用解析ソフト	
探査能力	深度限界	1.0~1.5m
	検知可能な材質	金属系、コンクリート系、プラスチック系、その他
	探査精度(誤差)	水平位置：±10cm程度 深度1m以浅：±10cm程度 深度1m以深：±10%程度

表 2.2 探査不可条件

探査不可要件	項目	影響
舗装条件	鉄筋コンクリート舗装	探査不可
	スラグ路盤	
幅員条件	手押型：1.0m以下 車載型：3.0m以下	条件付
路面条件	未舗装	
気象条件	降雨	



写真 2.1 調査の様子

2.2 フローチャート

本調査および検証の流れを以下に示す。

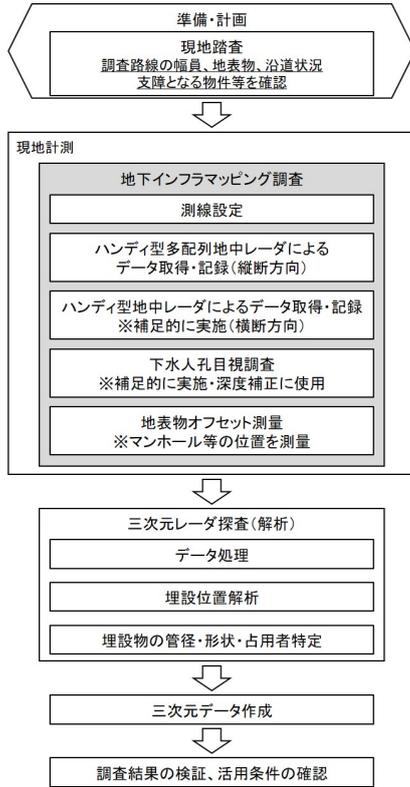


図 2.1 フローチャート

2.3 調査方法

①測線設定

調査対象区間を、現地状況(連続性、交通状況等)を考慮して、複数のブロックに分割し、ブロック毎にデータを取得する測線位置を設定する。

②現地調査(縦断方向)

設定した測線に沿って、ハンディ型多配列地中レーダを用いて探査し、縦断方向に面的なデータを取得・記録する。

③現地調査(横断方向)

設定した測線位置で、ハンディ型地中レーダを用いて道路横断方向にデータを取得・記録する。



写真 2.2 測点設定

④下水人孔目視調査

下水人孔の蓋を開け、内部より管路の土被り測定を行なう。測定結果は、地中レーダ解析結果の深度補正にも用いる。



写真 2.3 下水人孔目視調査例

⑤地表物オフセット測量

マンホールやバルブ等の占用埋設物の地表位置を調査ブロックの基準点からメジャーでオフセット測量し、解析データに反映させる。



写真 2.4 地表物オフセット測量状況

2.4 処理・解析方法

①データ処理

調査ブロック毎に、取得した複数データを結合し、三次元(平面・縦断・横断)解析を行なうためのレーダデータを作成する。

②埋設位置解析

専用の解析ソフトを用いて処理を行ったレーダデータより、埋設物の連続的な平面位置・深さ方向位置を解析する。地中レーダ解析は、地中に電磁波を照射し、異なる物性の層境界から受信した反射波の強度、波形、伝播速度などのデータを解析ソフトに表示させながら、埋設管の上越し・下越し・離隔等を明確にし、変化点を捉え、折り、曲がり、中断などの埋設状況を正確に把握できるよう行なう。

③埋設物の管径・形状・占有者の特定

地中レーダ解析で把握できるものは、埋設位置(平面・深度)であるため、埋設管の管径・形状や、占有企業者の特定については、現地でのマンホール蓋などの地表物情報や、既存の占用埋設管台帳等より別途確認を行なう。

3 三次元データ作成

解析した埋設管の線形を解析ソフトから出力し、CAD地形図に重ね、平面図および縦断図を作成する。また、平面図および縦断図をもとに、三次元CADより三次元データを作成する。

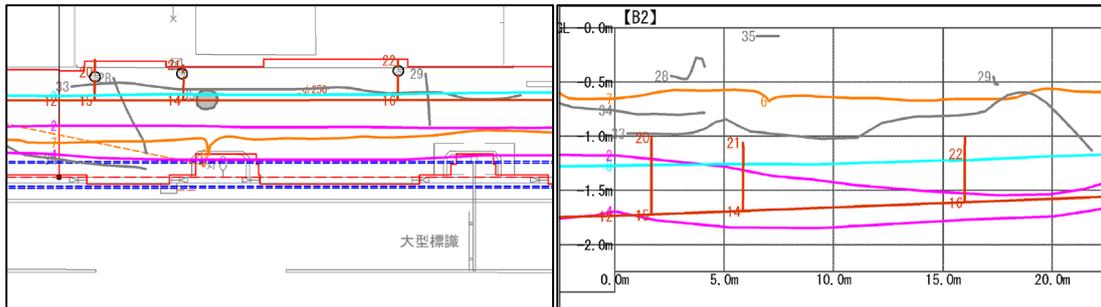


図 3.1 出力した平面図（左）および縦断図（右）例

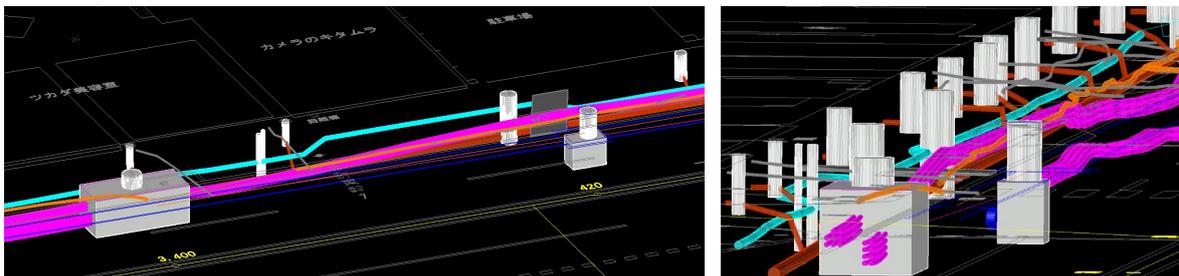


図 3.2 三次元データ作成結果例

4 調査結果の検証

4.1 試掘調査結果との比較

三次元レーダ探査結果を検証する目的で試掘調査を実施し、比較検証を行った。整合が取れなかった事象等について、想定される原因を以下に考察する。

表 4.1 三次元レーダ探査で発生した事象と想定される原因

事象	想定される原因
1 試掘箇所以外での推定線の誤差が顕著	試掘していない箇所の推定が困難なため
2 地中レーダ探査で 2.0m 以深が不明多い	探査機器の性能限界
3 縁石真下部の調査が困難	縁石基礎部分など障害の可能性あり
4 民地側での高さの差が大きい	三次元レーダ探査結果が歩道の横断勾配を考慮していないため、差が顕著となっている可能性あり
5 浅層埋設物の誤差が小さい	深度に応じた誤差発生の可能性あり

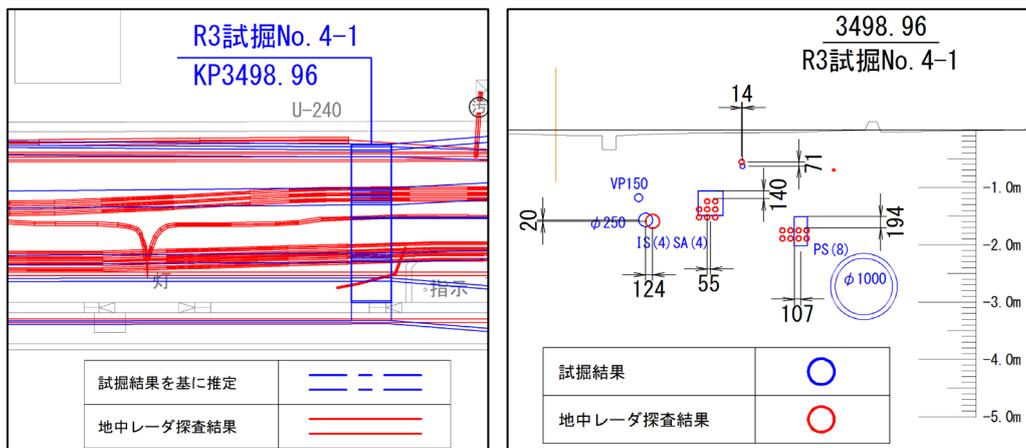


図 4.1 三次元レーダ探査結果と試掘調査結果の比較（左：平面図、右：断面図）

4.2 活用条件の確認

三次元レーダ探査と試掘調査の比較を以下に示す。試掘調査は局所的に計画精度が求められる現場の際に有効なことにに対し、三次元レーダ探査は、全体的に計画精度が求められる際に有効であることが確認できた。そのため、施工現場に応じて適用を判断する必要があるといえる。

表 4.2 地中レーダ探査と試掘調査の比較

	三次元レーダ探査		試掘調査	
調査面積	○	500～1,000m ² /日程度	△	10～15 m ² /日程度 (2～3箇所)
探査深度	△	0.0～1.5m程度	○	0.0m～ (仮設無しは1.5mまで)
精 度	△	水平・深さ±10cm程度	○	調査方法による
解析処理	—	200～400m ² /日程度 (※1)	—	調査面積に同じ (試掘翌日)
調査方法	○	非開削、交通規制不要	△	開削、交通規制必要
費 用	○	3,000 円/ m ² ～ (※2)	△	22,500 円/ m ² ～ (※3)
選定用途	<ul style="list-style-type: none"> ・ 広域調査に有効。 ・ 埋設物密度が高いなど、全体的に計画精度が求められる際に有効。 ・ 長期的な維持管理を考慮する際に有効。 ・ 騒音が少ないため、市街地などに有効。 		<ul style="list-style-type: none"> ・ 局所的調査に有効。 ・ 埋設物密度が低い状況など、局所的に計画精度が求められる際に有効。 ・ 深度が1.5m以上の埋設物調査に有効。 ・ レーダに反応し難い埋設物、土質条件時に有効。 	

※1：三次元モデル作成含む (3D スキャンによる現地点群データ化による補正含まない)
 ※2：調査範囲で価格変動。なお、本調査 2,600,000 円/600m² (150m) 程度。
 ※3：調査箇所数で価格変動。なお、本調査 900,000 円/8箇所 (≒40m²) 程度。

4.3 三次元レーダ探査実施による効果

三次元レーダ探査および三次元データ作成による効果を以下に示す。

- ①施工着手前に埋設物位置の詳細把握が可能。
(事前把握による手戻り防止効果)
- ②施工年度における試掘調査期間が短縮。
(調査、修正、協議で計 50 日)
- ③非開削のため、環境への影響軽減。
- ④三次元データ活用による、関係機関協議等で情報共有の円滑化。
- ⑤埋設状況を三次元で把握できるため、施工性向上に寄与。



図 4.2 レーダ探査における設計・施工工程例

5 おわりに

今回の調査では、三次元レーダ探査を用いることで、従来方法と比較して、事前に比較的精度の高い埋設物状況把握が行えるようになったといえる。

従って、三次元レーダ探査の活用条件に合致する電線共同溝整備区間においては、積極的に取り入れていくことで、試掘調査箇所の削減や、事前の関係機関との調整、および施工業者への引継ぎ等活用が期待できる。

引継ぎ例としては、得られた地下埋設物の三次元データに、三次元設計データを重ね、AR (拡張現実) 等支援ツールを用いて、現地で再現する方法が考えられる。これにより、現地立会での調整や施工時の作業効率化が図れ、整備後の維持管理への活用にも期待ができる。

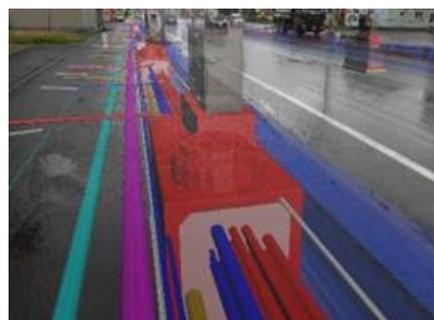


写真 5.1 AR 活用イメージ (提供: ジオ・サーチ (株))