

無電柱化事業における 3 次元地中レーダ調査の活用効果と今後の展望

奥田 みのり¹・澤井 崇²・阿部 匡彦³・神代 晃治⁴

¹ 非会員 ジオ・サーチ株式会社 (〒060-0002 北海道札幌市中央区北 2 条西 2 丁目 29 番 1 号)
E-mail: m-okuda@geosearch.co.jp

² 正会員 ジオ・サーチ株式会社 (〒564-0053 大阪府吹田市江の木町 6 番 24 号)
E-mail: t-sawai@geosearch.co.jp

³ 非会員 ジオ・サーチ株式会社 (〒144-0051 東京都大田区西蒲田 7 丁目 37 番 10 号)
E-mail: m-abe@geosearch.co.jp

⁴ 非会員 ジオ・サーチ株式会社 (〒144-0051 東京都大田区西蒲田 7 丁目 37 番 10 号)
E-mail: k-kamiyo@geosearch.co.jp

無電柱化事業は、「防災性の向上、安全性・快適性の確保、良好な景観形成の観点」から実施してきたが、近年の災害激甚化・頻発化等により、必要性が高まり早期の実現が求められている。

しかし、実現場と相違のある埋設物台帳をもとに設計、施工が行われることにより、施工時の手戻りや埋設管破損事故のリスクが高くなり、「工期の長期化」や「高コスト化」等が課題となっている。

本稿では、無電柱化事業のフロントローディングとして事業初期の計画段階で三次元での高精度の調査を導入することで、地下情報の精緻化を図り、事業全体のスピードアップ、コスト縮減に寄与する技術として 3 次元地中レーダ調査を取り上げ、活用効果について考察する。

Key Words: 3次元地中レーダ調査 フロントローディング スピードアップ

1.はじめに

無電柱化事業は、「防災性の向上、安全性・快適性の確保、良好な景観形成の観点」から実施されており、令和 3 年 5 月に策定された無電柱化推進計画¹⁾では、令和 3 年度からの 5 年間で約 4,000km の新たな無電柱化に着手することが発表されている。

計画の実施においては、無電柱化の完了までに平均 7 年かかる期間を事業のスピードアップを図り、特殊な現場条件を除き事業期間の半減に取り組むことが掲げられており、地下情報の三次元データベース化の推進は、この取り組みの一環となっている。

地下情報は、主に道路管理者や占有企業者から収集されるが、道路線形の変化や台帳図の年代により、現地状況と差異が生じる場合がある。

無電柱化事業のフロントローディングとして初期の計画段階で 3 次元地中レーダ調査を導入することで、地下情報の精緻化を図り、設計・施工段階での手戻りを縮減し、事業全体のスピードアップ、コスト縮減に寄与することが可能であると考えられる。

2. 3 次元地中レーダ調査

3 次元地中レーダ調査とは、マイクロ波センサーで地下のレーダ反射波を連続的に取得し、解析することで地下埋設物情報などを可視化する技術である。(図-1)

多配列地中レーダを用いて対象範囲を面的にデータ取得・結合し、三断面(平面・縦断・横断)で解析を行う。

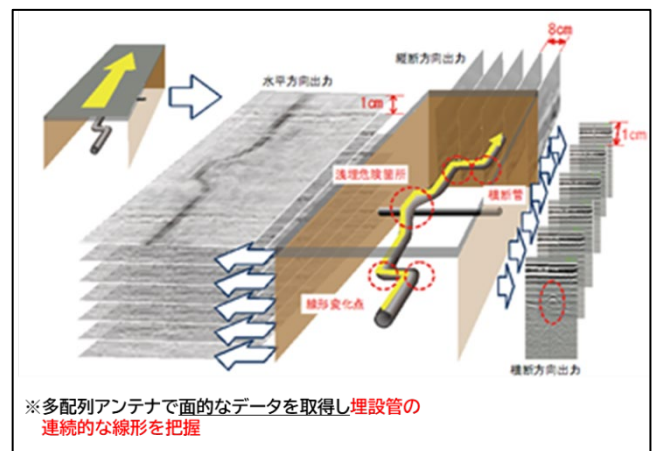


図-1 3次元地中レーダ調査の概要

埋設管の連続的な線形を三次元で捉えられるため、線形変化点（平面・深度）や上越し・下越し・離隔等を明確にし、不明管・残置管を含む埋設状況を把握することが可能となる。3次元地中レーダ調査の解析は、異なる物性の境界で発生する反射波の強度、波形、伝搬速度などを用いるため、材質を問わず埋設管の検出ができる。

調査能力として、深度 1.5m 程度までに埋設されたφ50 より大きな管路を検知することが可能である。（表-1）

表-1 3次元地中レーダ調査の主なスペック

項目		
調査能力	深度限界	1.0～1.5m 諸条件により異なる
	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 ※φ50mm 以下の小口径の埋設物については土質条件等から検知できない場合あり
	調査精度（誤差）	水平位置：±10cm 程度 埋設深さ： 深度 1m 以浅：±10cm 程度 深度 1m 以深：±10%程度 ※上記精度はテストフィールドでの結果
作業能力	現地調査	500～1,000 m ² /日 程度

また、地上点群データと組み合わせることにより、地上部を含めた三次元モデルデータが作成可能で、現地再現性の高い地上・地下統合情報が得られる。（図-2）

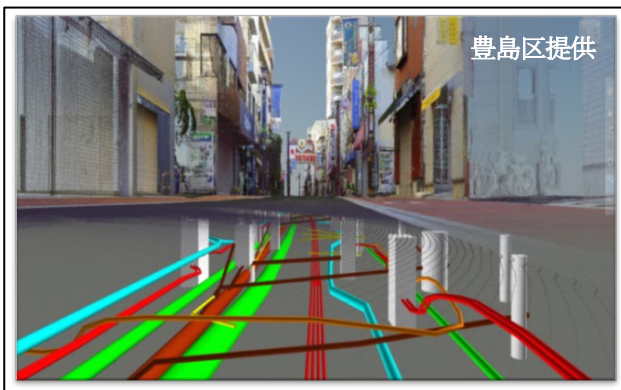


図-2 三次元モデル作成例

3. 3次元地中レーダ調査の精度

3次元地中レーダ調査は非破壊による調査であるため、調査手法などにより精度の差が生じやすい。そのため、高い精度が確保される調査手法を選定することが重要である。

本件の調査手法を選定した福山河川国道事務所が発表した既往文献²⁾では、実際に3次元地中レーダ調査を導入した際の、調査結果・埋設管台帳・現況（試掘）と

の精度検証結果がとりまとめられている。

3次元地中レーダ調査では、試掘で確認された埋設管の内 88%を検知している。また、平面・深度誤差については台帳の標準偏差が平面誤差 78.59 cm、深度誤差が 17.06 cm に対して、3次元地中レーダ調査の標準偏差は平面誤差 13.31 cm、深度誤差が 13.62 cmであったと報告されている。

3次元地中レーダ調査を実施することで、埋設管台帳に記載のない埋設物についても検知することができ、現況との平面・深度誤差を修正し、地下情報の精緻化を図ることが可能となる。

4.3 3次元地中レーダ調査の活用効果

電線共同溝事業における3次元地中レーダ調査は、既に多くの自治体で導入されており、北海道開発局小樽開発建設部³⁾や近畿地方整備局和歌山河川国道事務所⁴⁾などでの事例が既往文献によってとりまとめられ、以下の3項目の活用効果が期待されている。

①手戻りの防止

- ・不明管発生による工事中断の抑制
- ・既設埋設管と新設管路の敷設位置関係を明確化し、施工時に既設埋設物と新設埋設管、新設特殊部・分岐柵等の干渉を削減

②合意形成の迅速化

- ・三次元モデルでの視覚的な表現により、新設工作物の支障となる場合の移設協議の円滑化
- ・受注者と協力業者との情報共有や意見協議などの円滑化
- ・既設埋設管の位置を三次元で捉えることで、既設埋設管との立体に離隔を確保した設計が可能となり、既設埋設管の移設回数を削減

③安全性の向上

- ・地下埋設物の損傷によるライフライン事故の防止

5.3 3次元地中レーダ調査の活用効果における評価について

建設工事における工事進捗の遅延やコスト増加は、「不確実性を伴って発生する事象であるため、阻害要因の発生頻度やそれによる遅延、コストに及ぼす影響を定量的に評価することは難しい」⁵⁾とされ、「工程が遅延した場合にどの程度の負担を受注者側が強いられるかについて、工程が「1日遅延した場合の増加コスト」という指標を用いて定量的な考察」⁵⁾を試みている。

この考え方を踏まえて、既設埋設管台帳との相違や不特定管の出現などの阻害要因が発生した場合の工事遅延日数を試算し、工事遅延日数からその影響を定量的に評価する方法について検討を行った。

6. 具体的事例を用いた評価

都市部での具体的事例を用いて評価を実施した。探査を実施した 30m 区間において、台帳との相違や台帳に記載のない埋設管を確認した箇所を「施工時に不具合が想定される箇所」とし、調査結果と台帳を照合し、この条件に該当する箇所の抽出を行った。

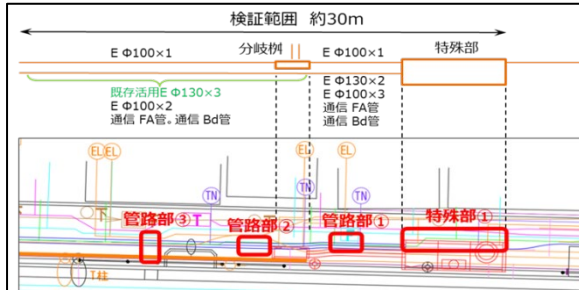


図3 想定される不具合箇所

照合の結果、4 箇所で大不具合が生じる結果となった。想定される不具合の内容を下記に記す。

- ・特殊部①

水道管に 13 cmのずれが生じることにより特殊部施工位置を 21 cm変更

- ・管路部①

消火栓サイズの差異により通信管の位置を 50 cm変更

- ・管路部②

電力既存ストックに 56 cmのずれが生じることにより施工の設計変更、道路管理者との調整が発生

- ・管路部③

把握していない雨水横断管路が発見され、本体管路部の位置を変更

この 4 箇所について、施工時に不具合が発生した場合の工事日数を試算した結果 19 日であった。当初計画は 9 日であり、その差分 10 日が遅延回避（スピードアップ）の効果と考えられる。

この事例では、事前調査を実施しない場合に対して 52%工期短縮が期待できると試算した。

7. 今後の活用方法について

国土交通省の取り組みの一環⁶⁾として、小規模を除く全ての公共工事（詳細設計・工事）において BIM/CIM の適用が令和 5 年度から開始される予定であり、三次元モデルの作成・管理はより重要性が高まってくる。

3次元地中レーダ調査の結果を用いて、CIM の基本データの正確性を高めることは設計精度の向上や施工でのスピードアップ、安全性の向上に寄与することが出来る。

設計精度の向上においては、①3次元地中レーダ調査を用いることで現況に即した設計が可能となる②地下情報を三次元モデル化することにより、干渉回避・省スペ

ースでの設計が可能となるなどの効果が期待される。（図4）

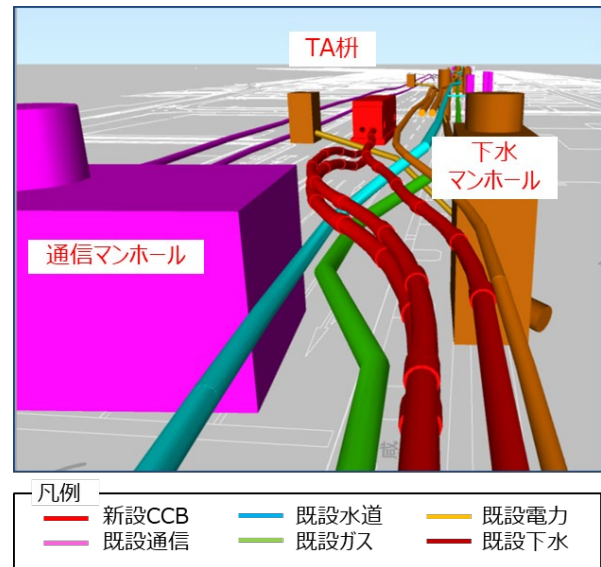


図4 三次元設計における設計例

施工段階においては、3次元地中レーダ調査の結果と ICT バックホウを連携させたことで、従来施工時間と比較して 45%程度の時間縮減および、埋設管の保護も確認された⁷⁾。

この結果は、テストフィールドにおける検証結果であるが、今後実道での実用化により施工現場の生産性向上、省人化および安全施工への効果が期待される。

8. まとめ

本稿では、無電柱化事業のフロントローディングとして事業初期段階に 3次元地中レーダ調査を導入し見えない地下埋設情報を精緻化することで、設計・施工段階におけるさまざまな活用効果のとりまとめ及び評価方法について検討を行った。

無電柱化事業において 3次元地中レーダ調査で得られる情報は、安全で円滑な設計・施工に対し効果的である。しかしながら、3次元地中レーダ調査の導入や BIM/CIM 対応については一般的な無電柱化事業と比較し費用の増加となるため、今後は事業全体を通しての工期短縮、コスト削減と費用対効果に関する検討が必要となる。

参考文献

- 1) 国土交通省：無電柱化推進計画について，令和 3 年.
- 2) 米田研一，藤田新治：電線共同溝における 3D レーダ探査と埋設物台帳との照合結果について，第 73 回中国地方技術研究会，2022
- 3) 田中絢斗，荒川王治，小尾稔：倶知安電線共同溝における地下埋設物の CIM 化の活用について，北海道開発技術研究発表会，2019
- 4) 西川慎一郎，若狭昇太：電線共同溝工事におけるホロレンズを活用した 3 次元データ適用効果について，近畿地方整備局研究発表会，2017
- 5) 財団法人 建設経済研究所：建設設計レポート，成長のための社会資本整備と変化への対応が求められる建設産業，pp.179-180，大成出版社，2008
- 6) 国土交通省 BIM/CIM 推進委員会：令和 5 年度の BIM/CIM 原則適用に向けた進め方，2021，3，2
- 7) 八木橋宏和，関口伸吾，神代 晃治：地中探査結果を搭載した ICT 建設機械の活用による地下埋設物の保護，建設施工と建設機械シンポジウム論文集，2021