

掘削機械を用いた管路敷設位置の高精度推定手法の検討

NTT アクセスサービスシステム研究所 正会員 ○石川 琢也
 非会員 吉村 勇祐
 正会員 板坂 浩二

1. はじめに

高度成長期に大量に構築された社会資本の老朽化や技術者の減少など、社会インフラ全体の維持管理課題に対し、国土交通省は「i-Construction」¹⁾を提唱し、対象とする構造物の形状を3次元で表現した「3次元モデル」と「属性情報」及び、「参照資料」を組合せたCIM（Construction Information Model/Management）を用いて効率的な維持管理を図っている。CIMは、導入ガイドライン²⁾が整備され、トンネル、ダム、河川などの社会資本の構築・維持管理において本格的に導入が進んでいる。

社会インフラの一つである通信分野においても、電柱やマンホール、管路などの設備をCIMで管理する必要がある。しかし、マンホールや管路などの埋設物は地上から目視確認ができないため、例えば全³⁾は、GNSSとGPR（Ground Penetrating Radar）などの電磁波を用いた地下埋設物の検出手法を提案しており、大橋ら⁴⁾は管路内に装置をけん引し、移動軌跡を基に管路形状を推定する手法を提案している。しかしながら、どちらの手法にしても形状/座標情報の取得のために道路上の規制や作業が必要であり、多くの手間と費用がかかる。

そこで本検討では、既往研究のような埋設後に情報取得する手法ではなく、新設工事で埋設物を埋戻前の目視可能な状態で情報取得する手法を検討した。

2. 現状の課題

埋設物の中でも通信マンホール鉄蓋は、道路上から目視確認可能であり本検討の対象外とし、目視できない通信管路を検討対象とする。

管路新設工事の大半を占める電線類地中化工事は、国土交通省の定める無電柱化推進計画⁵⁾に基づき2021年から2025年までに4,000kmの無電柱化に着手するという計画目標を立てている。そこで寒地土木研究所の大竹らは、無電柱化が進んでいる諸外国

で活用されているケーブル埋設用掘削機械（トレンチャ）の日本での活用を模索し、地中化工事の低コスト・高効率化を図っている。

このトレンチャを活用した掘削施工が増加すると想定すると、①掘削、②溝内で管路接続、③埋戻しという流れの②と③の間で管路の長手に対して、一定間隔毎に測量すると管路の座標が取得可能である。しかし、従来にない測量工程が増え、工期等への影響が考えられる。また、従来のトータルステーションでの測量では多くの時間がかかる。よって、GNSSと掘削機械を連携し、掘削と同時に高精度測量かつオフセットにより管路敷設位置を推定する手法を検討した。

3. 管路敷設位置の推定手法

3. 1. 構成物品

トレンチャは、図1に示す米国Vermeer社のRTX750SOCを用いた。GNSSは、U-blox社のチップを基にした装置を利用し、RTK補正情報はNTTDocomoが提供する補正情報配信サービスを利用した。

3. 2. 管路位置推定手法

トレンチャ屋根中央に取付けたGNSSアンテナを基に管路の敷設位置を推定するには、図2の通りサーバから受信した補正情報を基にGNSS設置位置の絶対



図1：RTX750SOC トレンチャ

キーワード 掘削機械, トレンチャ, RTK-GNSS, 管路敷設位置推定, オフセット

連絡先 〒305-0805 茨城県つくば市花畑1-7-1 NTTアクセスサービスシステム研究所 TEL:029-868-6220

座標を取得する。水平方向の緯度・経度からのオフセットはトレンチャの進行と逆方向の方位角及び、トレンチャ刃先までの水平距離から Vincenty 法などの回転楕円体上の 2 点間の距離を計算する測地方の反復計算アルゴリズムを活用し、算出する。鉛直方向の標高については、図 3 のとおり GNSS で得られた標高からのオフセットはトレンチャの地上高、掘削深、管路の規格外径や段数などを積上げ算出する。

4. 検証実験

4. 1. 実験方法

本手法が実行可能か検証するため、実際にトレンチャ施工されている電線類地中化工事の現場で精度と Fix 率を指標として実験を実施した。精度は管路直上の座標を GNSS 測位装置で計測した結果との 2 点間距離で定義する。目標値は、平面図の縮尺である 1/500 に対して、国土調査法施行令で規定されている $\pm 25\text{cm}$ とする。また、Fix 率は掘削作業時に測位した総エポック数に対して Fix 解が得られた割合である。Fix 解が得られないと掘削機械上の GNSS 装置の座標が得られないため、100%とする。

4. 2. 実験結果と考察

結果は表 1 の通りであり、精度は目標の 25cm に対し最大誤 20cm と良好な結果であった。この誤差が発生した理由として考えられるのは、管路敷設位置は掘削溝の中心に敷設するという前提でオフセット計算していたが、道路のカーブなどでやむを得ず敷設位置がずれたことが原因と想定される。また、Fix 率については、目標の 100%に対し 74%であった。現場環境は街路樹が多く、衛星からの電波が阻害されたと想定される。今後、Fix 解が得られない 26%については、直接伐採等で電波阻害を解消するアプローチでなくセンサでの補完など多角的なアプローチで検討を継続する。

表 1：実験結果

	実験値	目標値	結果
精度	max 20cm	25cm	○
Fix 率	74%	100%	×

5. まとめ

CIM を活用した社会インフラの効率的な維持管理に向け、管路新設時に掘削機械（トレンチャ）と GNSS を用いた手法を考案した。実現場で検証実験を実施

し、位置精度は現行基準で問題ないという知見を得た。今後、Fix 解が得られない地点の位置推定手法の確立に向け研究を継続し、社会課題の解決に向けた取組みを先駆的に進めていきたい。

参考文献

- 1) 常山修治, 竹下正一, 堤英彰, 城沢道正: i-Construction (建設現場の生産性革命) の推進と建設現場の安全性の向上に向けて 土木学会論文集 F6 Vol73, No2, 2017
- 2) 国土交通省: CIM 導入ガイドライン(案)第1編 共通編
- 3) 全邦釘: GPR による地下埋設物検出及びインフラデータプラットフォーム活用例, <http://www.i-con.t.u-tokyo.ac.jp/>
- 4) 大橋稔明, 糸永和彦, 増田順一, 高橋裕信: 管路位置計測システム (PPS: Pipe Positioning System), 非開削技術 No.112 2020
- 5) 国土交通省: 無電柱化推進計画(令和3年5月策定)
- 6) 大竹まどか, 中島淳一, 小林勇一, 澤口重夫: 電線類地中化に向けたトレンチャによる掘削・埋戻し試験について: 寒地土木研究所月報 No796 2019

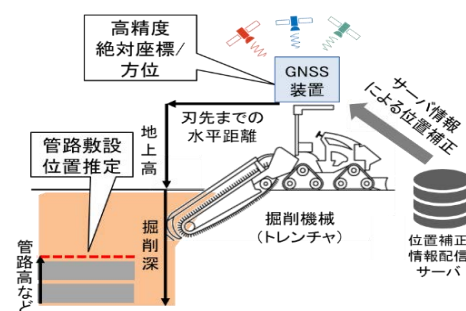


図 2：提案手法のイメージ図

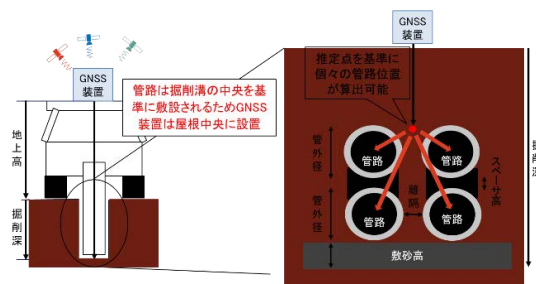


図 3：管路位置の推定