

プロジェクト・研究成果の概要(1/2)

プロジェクト:「道路地下埋設物の三次元データ取得方法の検討およびその施工・維持管理における利活用に関する研究」
プロジェクトリーダー ・氏名(ふりがな): 小山 倫史 (こやま ともふみ) ・所属、役職: 関西大学社会安全学部, 教授
研究期間: 令和6年4月～令和8年3月
プロジェクト参加メンバー(所属団体名のみ) 関西大学, 京都大学, 国際航業(株), (株)アース・アナライザー, iシステムリサーチ(株), ジェイアール西日本コンサルタンツ(株), (株)第一土木, (株)ミライト・ワン, 国土交通省近畿地方整備局
プロジェクトの背景・目的(研究開始当初の背景、目標等) 2023 年に上下水道行政が国道交通省に一元化され, 上下水道の維持管理においてもデジタル台帳の活用が求められている。従来の二次元の道路台帳において, 地下埋設物の位置情報は, 施工後に計測した施工の出来形を元に, 一定間隔ごとの断面での把握となっている。そのため, 断面間には施工誤差などがあり, 正確な情報とはなっていない。地下埋設物が台帳通りの位置に入っていない場合, 施工時に既設管やケーブルを損傷させる事故が後を絶たない。また, 電線共同溝事業など地下埋設物の施工では, 試掘後の設計見直しに時間を要している現状がある。 近年の BIM/CIM の取り組みや ICT の普及により, さまざまなセンシング技術による三次元データの取得が進められている。しかし, 施工現場において, 地下埋設物の三次元データを取得するための時間を十分に確保することは難しく, 現場で手軽に容易にかつ短時間でデータ取得できる技術が求められている。また, データ取得の容易さと取得した三次元データの精度の関係については十分な検証はなされていない。さらに, 近年, 施工の現場に ICT 建機を導入するケースが増えているが, ICT 建機が使用する位置情報システム(GNSS)と, 通常, 工事に使用する 1～4 級基準点とでは, 使用する座標系が異なるため, 正確な地下埋設物の位置を把握することができない。そのため, 現場では, 建機による掘削をある深さまでにとどめておき, あとは, 多くの人手をかけて地下埋設物の設置深度付近まで手掘りが行われている現状があり, BIM/CIM で要求される±5cm 程度の精度で施工できる ICT 建機をうまく活用できていない。したがって, 今後, 地下埋設物の一元管理においては, 座標系の統一が必要不可欠であるとともに, 道路面からの深さの情報ではない, 高精度 GPS 測位などの絶対座標を使用する必要がある。 そこで, 本プロジェクトでは, 地下埋設物に関する BIM/CIM(三次元データと維持管理データなどが紐づいたもの)を構築し, データの蓄積を行い, 施工や維持管理の現場への利活用について検討する。この技術を現場に適用することで効率的かつ効果的な地下埋設物の維持管理方法を確立する。特に, 現場で簡易かつ短時間で三次元データの取得方法に関しては, 手引き・要領を作成し, 施工・更新および道路の維持管理の現場への実装・水平展開を図る。

プロジェクトの研究内容(研究の方法・項目等)

本プロジェクトでは、現場における施工および道路の維持管理の2つの観点から大きく分けて以下の3つの項目についての取り組み。すなわち、①地下埋設物の新設や更新の施工時における効率的かつ効果的な三次元形状および位置情報の取得方法についての研究、②取得した地下埋設物の三次元形状および位置情報と地下埋設物の維持管理情報との統合・一元管理する手法についての研究、③三次元データを活用した効率的かつ効果的な道路管理手法の普及に向けた手引や要領の作成を行う。以下に個々の項目について具体的な内容および進め方について述べる。

① 地下埋設物の新設や更新の施工時における効率的かつ効果的な埋設物の三次元形状(点群データ他)および位置情報の取得・活用する手法についての研究【現場における施工の観点】

- 三次元形状データ(点群データ他)を取得するためのセンシング技術の精度比較および検証(ただし、取得のタイミング・計測時間および費用もあわせて検討する)
- 三次元位置情報の付与方法の精度比較および検討
- 三次元形状データ(点群データ他)および三次元位置情報の計測・構築の汎用化の検討
- 三次元形状データ(点群データ他)の図面化(例えば、出来形の図面など)の検討
- 地形・地盤条件および施工条件に応じた三次元形状データ(点群データ他)取得方法の検討

なお、上記の検討項目については、国土交通省近畿地方整備局管内の国道事務所などから提供される現場を用いて検証する。

② 取得した地下埋設物の三次元形状および位置情報と地下埋設物の維持管理情報との統合・一元管理する手法についての研究【道路の維持管理の観点】

- 既存の地下埋設物の維持管理情報(属性、材料物性、周辺工事の情報(例えば、舗装など))の収集および整理
- 維持管理情報を記録するための三次元形状データとパラメトリックモデルによる三次元モデルの構築
- 三次元データおよび維持管理情報の統合方法の検討
- 地下埋設物の BIM/CIM(三次元データと維持管理情報などが紐づいたもの)の構築
- 構築した BIM/CIM の AR/VR 技術を活用した可視化手法の検討(例えば、Vision pro など)

なお、構築した地下埋設物の BIM/CIM は、国土交通省近畿地方整備局管内の国道事務所などから提供される現場において実装し、現場からのフィードバックをもとに手法の改善・改良を図る。

③ 三次元データを活用した効率的かつ効果的な道路管理手法の普及に向けた手引や要領の作成

- 三次元データ取得に関する手引き・要領の作成

以下の項目については、②の結果、本プロジェクトの実施期間内の、手引き・要領の作成のための基礎資料の整理および提案にとどめる可能性もある。その場合は、将来的に手引き・要領の作成を目指す。

- 三次元モデル構築に関する手引き・要領の作成
- 三次元データを活用した道路管理者視点からの道路維持管理手法に関する手引き・要領の作成

※ 本様式は中間評価・事後評価を公表する際に、評価コメントと併せてホームページで公開します。

※ 本様式は成果報告書とともに、中間・事後評価の重要な判断材料となりますので、ポイントを整理し簡潔な表現とし、ポンチ絵などを用いてわかりやすく記述してください。

プロジェクト・研究成果の概要(2/2)

プロジェクトの研究成果の概要(図表・写真等を活用しわかりやすく記述)

本プロジェクトの令和6年度の研究成果について述べる。まず、新たに作成した地中埋設物(電線共同溝)の施工現場を模擬した試験フィールド(写真-1 参照)を用いて、三次元点群データなどの三次元形状データを取得するための各種センシング技術について、計測精度、計測時間、コストなどの観点から比較検証を実施した。検証に用いたセンシング技術は、TLS、スマートフォン(モバイル Lidar)、ハンディ(レーザ)スキャナ、バックパック型レーザスキャナ、カメラ(SfM)と多岐にわたった。これらの中から、より精度の高い三次元形状および位置情報を比較的短時間で取得できる技術について検討し、実際の施工現場への適用性を考慮して、スマートフォンを用いたもの1種、ハンディスキャナ1種、バックパック型レーザスキャナ1種を選定した(表-1 参照)。今後、これらの機器を実際の地下埋設物の施工現場において、地下埋設物の三次元形状データ取得に適用することを次年度(令和7年度)に検討する予定である。なお、今後、新たなセンシング技術の出現あるいは既存の技術であっても精度や操作性の向上などが見込まれ、そ

の都度、試験フィールドにて検証を行うことが望ましいと考える。三次元位置情報の取得技術については、RTK-GNSS が最もよく使用されていたが、機種によって測定時間や深さ方向の精度が異なっていた。今後は、地下埋設物の施工現場において、求められる性能を規定する必要がある、その要求される性能に応じた機種選定プロセスの確立が求められる。

本試験フィールドでは、さまざまな地形・地質条件、施工条件(施工環境)を考慮した施工現場を再現することができ、今後、さまざまな条件(環境)を変えて計測を実施する予定である。また、取得した三次元点群データの図面化については、今年度、十分に検討できなかったが、取得した三次元点群を点群のまま取り扱うことは、維持管理の上で困難であると考えられ、将来のBIM/CIM構築にむけてどのようにモデル化していくかについても検討しておく必要がある。これについては次年度以降の検討課題としたい。

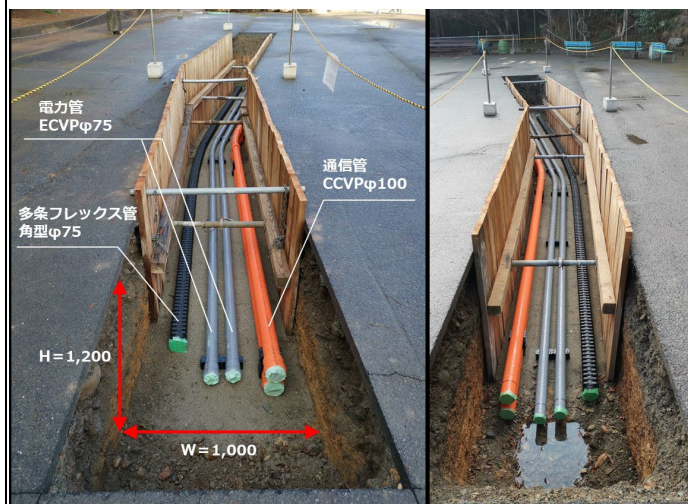


写真-1 地下埋設物を模擬した試験フィールド

表-1 検討した三次元形状・位置情報取得手法の一覧およびそれらの計測精度・時間・コストの比較

名称	FOCUS S360	Sept-501	RG10	Obis Premium	Livell L2Pro	SEAMS ME	viDoc RTK Rover	マブリー RTK	LRTK Phone
形状									
メーカー	FARO	isystem research	CHCNAV	FARO	XGRIDS	MAPIV	PIX4D	マブリー	レフィクシア
カテゴリ	地上型 レーザスキャナ	RTK-GNSS	ハンディスキャナ	ハンディスキャナ	ハンディスキャナ	バックパック	モバイル計測器	モバイルライダー	モバイルライダー
準備(時間) +人員	3人 10分25秒	2人 15分	1人 (RTK) 2分 (GCP) 9分	2人 7分50秒	1人 2分59秒	1人 5分14秒	1人 1分27秒	1人 1分17秒	1人 1分19秒
計測(時間) +人員	3人 1時間15分	2人 5分	1人 (RTK) 2分 (GCP) 5分	1人 2分52秒	1人 2分59秒	1人 2分32秒	1人 1分55秒	1人 2分42秒	1人 2分58秒
後処理(時間) +人員	1人 1時間20分	1人 5分	1人 (RTK) 2分 (GCP) 11分	1人 29分31秒	1人 9分00秒	1人 (ARマーカー)7分05秒 (GNSS補正) 3分56秒	1人 —	1人 —	1人 —
精度	—	—	(RTK)水平方向: 31mm 高さ方向: 22mm (GCP)水平方向: 23mm 高さ方向: 16mm	水平方向: 33mm 高さ方向: 12mm	水平方向: 30mm 高さ方向: 8mm	(ARマーカー補正)水平方向: 44mm 高さ方向: 40mm (GNSS補正)水平方向: 28mm 高さ方向: 9mm	今回は相互関係の確認に留まった		
データ形式	E57	CSV	Las	Las	Las	Las	—	—	—
機器の運用費	本体: 860万 税別 ソフト: 180万 税別	本体: 150万 税別	398万 税別 (本体+ソフト込み)	本体: 814万 税別 ソフト: 73万 税別	本体: 450万 税別 ソフト: 無料	本体: 850万 (参考価格) ソフト: 150万 (参考価格)	—	—	—

次に、地下埋設物の施工時における三次元データの取得には、地形・地質条件や施工条件による影響が考えられることから、これらの条件を整理するとともにそれぞれにおける課題と対応策について検討した。表-2a-c に地形条件、地質条件、施工条件別に課題とその対応策についてまとめたものを示す。

表-2 三次元データ取得に関する地形、地質、施工条件別の課題およびその対応策、
a) 地形条件、b) 地質条件、c) 施工条件

a)

地形条件	課題	解決策
都市部・平坦地	GNSS 誤差、障害物による視界制限	RTK-GNSS、TS を活用
傾斜地・山間部	測量誤差、地盤崩壊リスク	LiDAR、地盤調査を強化

b)

地質条件	課題	解決策
軟弱地盤	沈下・変位が大きい	施工前後の 3 次元比較、地下水位測定
岩盤・硬質地盤	掘削振動の影響	振動センサー設置、3 次元計測で変化を確認

c)

施工条件	課題	解決策
開削工法	埋め戻し後のデータ活用が困難	埋設直前に 3 次元計測、台帳化
推進・シールド工法	掘削機内部の測定が困難	AR/MR 技術で計画と実測を統合

最後に、既存の地下埋設物の維持管理情報の収集・整理を行い、地下埋設物の BIM/CIM 構築に向けた現状の課題について整理した。現在の電線共同溝台帳は、全て紙ベースとなっており、デジタルで一元化された資料は無かった。今後は、民間事業者へのヒアリングを実施し、現在の管理状況について確認・資料収集を行う予定である。また、次年度(令和 7 年度)以降、三次元データおよび維持管理情報の統合方法や可視化手法について具体的な検討を行う予定である。以下には、本研究プロジェクトで提案する三次元データを活用した地下埋設物の維持管理の利点を整理した。

1) 正確な埋設位置の記録

- 地下埋設物(配管、ケーブル、マンホールなど)の正確な位置・深さ・角度を 3 次元データとして保存できるため、従来の紙図面や三次元 CAD よりも詳細な情報を保持することが可能である。
- 掘削時の位置誤差を最小限に抑えられるため、誤掘削事故のリスクを低減できる。

2) 維持管理・保守作業の効率化

- 三次元データを活用すれば、現場での試掘時に的確な埋設物の位置を把握でき、点検や補修作業の計画が容易になる。
- AR(拡張現実)や MR(複合現実)技術と組み合わせれば、作業員が現場で埋設物の位置を可視化できる。

3) 埋設物同士の干渉回避

- 施工後に新たなインフラを敷設する際、既存の埋設物との干渉リスクを三次元情報から事前に確認できるため、設計ミスや計画変更等のリスクを削減できる。

4) 施工履歴の明確化・トレーサビリティによる CIM 活用

- 施工時の状況を三次元データとして管理することで、将来的に「いつ・どこに・どのような形で」埋設されたかを正確に追跡することが可能となる。
- 将来の補修や移設計画の際に、古い図面との不整合を防ぐことができる。

5) 長期的なコスト削減

- 施工時の試掘や調査作業の軽減により、時間とコストを削減できる。
- 緊急対応時にも迅速な位置特定が可能になり、復旧作業の効率化につながる。

6) デジタルデータの活用によるインフラ DX の推進

- 地下埋設物の三次元データを道路台帳と連携させることで、施工計画・維持管理・災害対応等において効率化が期待できる。更に、GIS(地理情報システム)を活用し、CIM(Construction Information Modeling)と連携させることで、データの一元管理と見える化が可能となり、インフラ DX の推進が可能となる。

7) 道路台帳との連携による効率化のポイント

① 掘削・補修工事の計画最適化

- 道路台帳には路面の構造、管理者情報が記録されており、これを地下埋設物の情報と統合することで、掘削が必要な際に道路への影響を最小限に抑える計画が可能となる。
- 埋設物のメンテナンスと道路補修を同時に行うなど、二重工事を防ぎ、コスト削減に繋がる。

② 施工時の誤掘削リスクの低減

- 道路台帳に埋設物の三次元データを統合することで、工事計画時に正確な掘削位置が把握可能となる。
- 過去の道路工事履歴と照合することで、古い図面の不整合を解消し、誤掘削・事故のリスクを軽減できる。

③ 維持管理・点検の効率化

- 道路の点検データと埋設物の劣化情報を一元管理することで、補修の優先順位を決定し易くなる。
- 一元化管理されたデータベースは、AI などを活用して、地盤沈下や舗装の損傷と地下埋設物の劣化の複合的な解析・分析が可能となり、異常発生前に予防措置を講じることが可能となる。

④ 災害時の迅速な対応

- 道路台帳と埋設物データをリアルタイムに把握できることで、地震・水害などの災害時に被害を受けやすい埋設インフラの特定が迅速に行える。
- 道路の寸断や陥没リスクを予測し、最適な復旧ルートを選定に活用できる。

※ 本様式は中間評価・事後評価を公表する際に、評価コメントと併せてホームページで公開します。

※ 本様式は成果報告書とともに、中間・事後評価の重要な判断材料となりますので、ポイントを整理し簡潔な表現とし、ポンチ絵などを用いてわかりやすく記述してください。