

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

(地中探査 + ICTバックホウ)

2023-09-14

コベルコ建機株式会社

新事業推進部

新事業企画グループ

関口伸吾





～背景～

- ① 埋設管の**老朽化**による埋設管入れ替え工事の増加
- ② 都市部における**無電柱化**による電線の地下埋設工事の増加



【目指していること】

- ◆「**地中探査技術**」と「**ICT建機**」を施工現場にて運用いただくことで、**人手不足対策（生産性向上）**と**事故対策（安全性向上）**として、**社会貢献を目指す。**

※コベルコ建機にて地中探査結果とICT建機を連携させるための技術を**特許申請中 複数**



地中探査



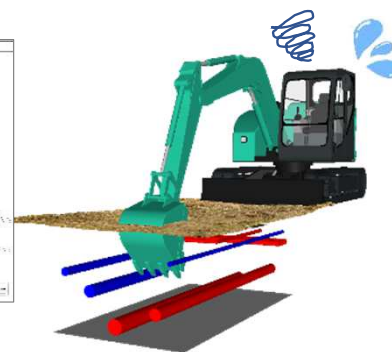
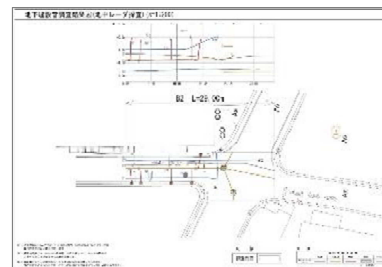
従来

概略の参考図はあるが、明確な位置は不明のため、試掘と盲掘の繰り返し。

- 種類（上水、下水、電気など）
- 材質（塩ビ、鉄、SGPなど）
- 管径、本数など

×正確な位置は示していない

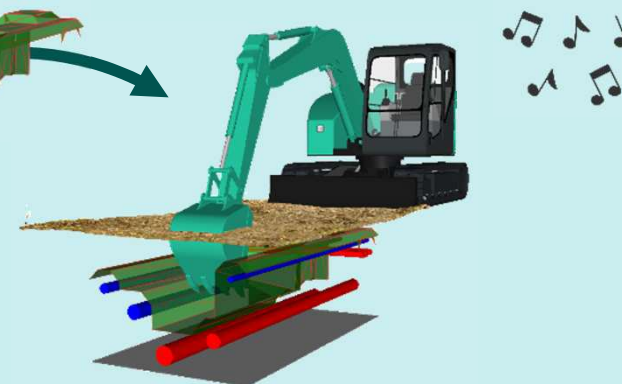
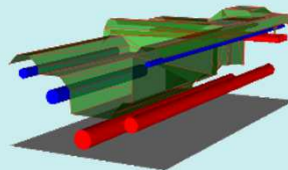
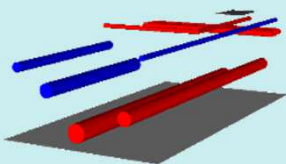
図面（台帳）



不慮の事故は無くない・・・

ICT施工連携

埋設管が見える化され、施工可能領域が設定されているため、安心安全の元で施工が可能となる。



コベルコ建機 特許申請中（複数）



confidential

従来の床掘り

人力併用の床掘り作業

地中探査 + ICTバックホウ

ICTバックホウを用いての床掘り作業



VS

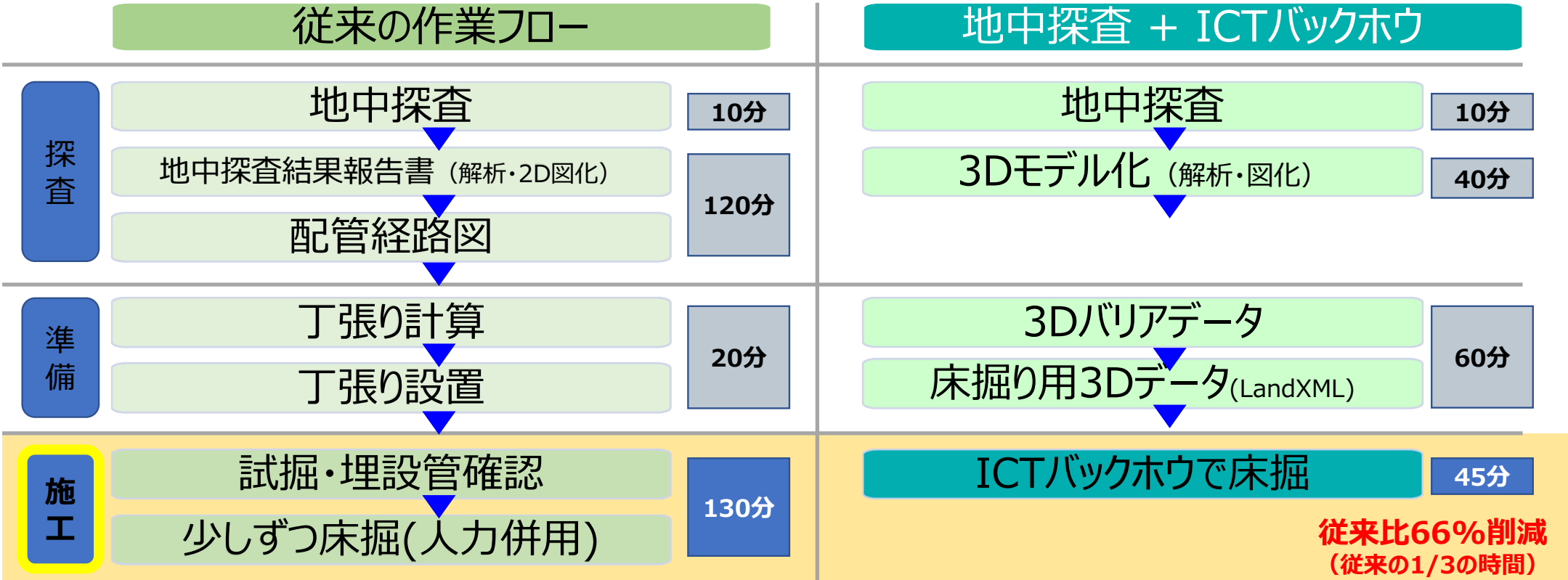


従来施工とICT施工の比較検証

※ 合同検証：施工技術総合研究所、ジオ・サーチ



confidential



従来施工とICT施工を比較すると、従来比66%削減効果



confidential

従来作業

損傷 2箇所、破損 1箇所



バケット接触による損傷
SGP150A



バケット接触による損傷
VU150A



バケット接触による破損
VU50A

地中探査 + ICTバックホウ

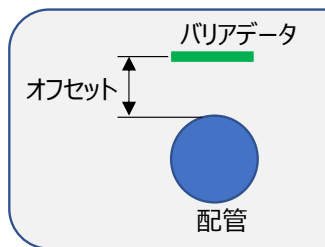
バリアデータオフセット確認 150mm確保



バリアデータ
オフセット確認
t=150mm



バリアデータ
オフセット確認
t=150mm



従来施工は配管を破損
ICT施工は安心安全

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

ronbun26.pdf (jcmnet.or.jp)

26. 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

(一社)日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 ○八木橋 安和
コベルコ建機 株式会社 樋口 伸吾
ジオ・サーチ 株式会社 神代 晃浩

1. はじめに

国土交通省が推進する「Construction」の取り組みのICTの全面的活用（ICT活用工場）では3次元設計データを施工現場へ利用し、正確な施工量の把握や、ICT建設機械に搭載される電子丁張としての活用など、従来施工より効率的な施工が行われている。しかし、ICTによる掘削作業は少なく、市街地での維持管理による掘削作業では、既存地中埋設物の位置を把握し、破壊させることなく保護することが急務である。市街地における従来施工の維持管理では、地中探査の実施後、配管経路図等を2次元の図面として図化を行い、埋設物設置位置を把握する。施工現場では丁張設置、試験を行いながら、人力と併用して慎重に作業をする必要がある。そこで筆者らは、上記作業にICTを活用し、地中埋設物の探査結果とICTバックホウを連携させ、施工現場の生産性向上および既存埋設物の保護を目的とした実験をおこなった。

2. 目的

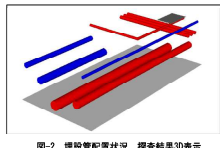
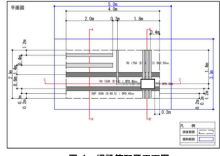
本稿は、市街地での維持管理による掘削作業において、施工現場の生産性向上および既存埋設物の保護の向上を目的としたマンガイダンスシステムについて、検証し、評価したものである。

3. 実験実施

地中埋設物の探査結果とICTバックホウを連携させ、施工現場の生産性向上を調査するために表1-1に示す現場条件にて検証を行った。

時期	2021年3月15日～18日
期間	4日間
場所	施工技術総合研究所 構内
実験範囲対象	W2m×L4m×(H)4m
管径	50A～200A
材質	VUL、SGP-W

市街地の維持管理を想定するため、50A～200Aの管および障害物を想定したアルミ板を埋設した。



埋設物の設置には、レーキによる巻き出し、タンバによる給油機を実施し、土の密度が一定になるように留意しながら、実験準備を行った。



写真-2 埋設管配置完了状況



写真-3 地中探査の実施状況

検証を行った手順について表-2に示す。

区分	実施内容	時間
1	地中探査の実施後、地中埋設物データを解析し3Dモデル化する	10分
2	3Dモデル化された埋設物の上部より、15cmオフセットした3次元設計データを、埋設物の保護データとして作成	40分
3	埋設物の保護データをLandXmi化し、ICTバックホウに搭載する	60分
4	ICTバックホウにて床掘り作業を行い、作業時間を計測する	45分
5	再度検証を行い、通常床掘り作業時間を計測する	15分
6	上記1と5の作業時間を比較する	

地下探査の実施

設置位置の把握を行うため、地下探査を行う地下部の非破壊探査技術として、電磁波地中法と電磁誘導法がある。電磁誘導法では磁界が磁界を形成する現象を利用するため、高の埋設物しか検知できない。しかし、実際の掘削作業には材質を問わず埋設物検知する必要があり、検出内の電磁波放射を利用する電磁波地中レーザ法を使用し、使用した多配列地中レーザシステムの仕様を示す。地中探査の実施状況については写真3-1。

実用能力	探査深度：1.5m程度
測定精度	水平位置：±10mm (GL-1m以内)
姿勢精度	測定位置：±10mm (GL-1m以内)
姿勢精度	傾斜位置：±10%程度 (GL-1m以内)
施工能力	500㎡～1,000㎡程度/日
適用条件	気象条件：雨天不可

多配列地中レーザシステムから取得された地中レーザ平面処理データを解析することにより、地中埋設物の位置を把握し、相対座標となる地下探査結果の3Dモデルの基準点をTS測量およびGNSS測量にて統合し現場座標に変換した。(図4) また、埋設物保護データを作成するために、精度が必要となるため、地上型レーザーキャナを用いて点群の計測を行った。また、デジタル処理中に周囲の状況を把握しやすくするため、取得した点群を用いて埋設物位置の可視化を行った。



図-3 地中レーザ平面処理データ

3.2 地中計測データのレジストレーション作業

地下探査結果の3Dモデルは、現場の座標系ではなくローカル座標となる。そのため、地中埋設物の現場基準点を計測し、相対座標となっている地下探査結果の3Dモデルの基準点をTS測量およびGNSS測量にて統合し現場座標に変換した。(図4) また、埋設物保護データを作成するために、精度が必要となるため、地上型レーザーキャナを用いて点群の計測を行った。また、デジタル処理中に周囲の状況を把握しやすくするため、取得した点群を用いて埋設物位置の可視化を行った。



図-4 地上の基準点配置状況

埋設物保護データの作成

地中の埋設物保護データに関しては、通常のICTにて利用されるデータ形式と変わらない。そのため、向き方向での次元設計データではなす方向(標高値)を利用して不整三角網(TIN)データを作成する必要がある。前述の地中計測データのレジストレーション作業にて取得した3Dモデルは現場座標に変換するとともに探査誤差を考慮するため、3Dモデルの15cm上部へとオフセットした高さの3次元座標を算出し、それらを接続した不整三角網データを作成した。利用したソフトウェアは一般的に広く利用されているシステムを用いて作成した。作成した埋設物保護データは図5、配置状況は図6に示す。

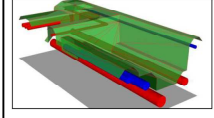


図-5 埋設物保護データの作成

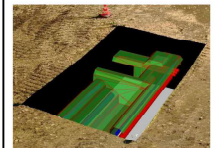


図-6 埋設物保護データの配置状況

ICT活用による掘削作業計測

本検証における4m×2m(深さ約1.2m)の従来施工による掘削作業および掘削作業を実施し、マンガイダンス機能を利用しないバックホウ0.25m³を用いた。検証作業においては写真5、作業時間については表5-1に示す。埋設物を保護する目的から、従来施工による床掘り作業においては以下の作業を頻繁に行っていた。



写真-4 ICT建機による掘削作業

区分	実施内容	時間
探査	地中探査	10分
	3Dモデル化(解析・図化)	40分
準備	埋設物保護データ作成	60分
	3D設計データ作成	
施工	ICTバックホウを床掘	45分
合計		155分

3.5 従来施工での掘削作業計測

本検証における4m×2m(深さ約1.2m)の従来施工による掘削作業および掘削作業を実施し、マンガイダンス機能を利用しないバックホウ0.25m³を用いた。検証作業においては写真5、作業時間については表5-1に示す。

埋設物を保護する目的から、従来施工による床掘り作業においては以下の作業を頻繁に行っていた。

- ・平面位置をコンベックス等に当て計測
- ・掘きをレベルにて計測
- ・埋設物の有無を手元作業員に確認及び指示
- ・確認のための手すり試験



写真-5 従来建機による掘削作業

区分	実施内容	時間
探査	地中探査	10分
	地中探査結果報告書	120分
準備	丁張計算	20分
	丁張設置	
施工	試験・埋設物確認	130分
	人力を併用した床掘	
合計		280分

区分	実施内容	時間
探査	地中探査	10分
	3Dモデル化(解析・図化)	40分
準備	埋設物保護データ作成	60分
	3D設計データ作成	
施工	ICTバックホウを床掘	45分
合計		155分

3.5 従来施工での掘削作業計測

本検証における4m×2m(深さ約1.2m)の従来施工による掘削作業および掘削作業を実施し、マンガイダンス機能を利用しないバックホウ0.25m³を用いた。検証作業においては写真5、作業時間については表5-1に示す。

埋設物を保護する目的から、従来施工による床掘り作業においては以下の作業を頻繁に行っていた。

- ・平面位置をコンベックス等に当て計測
- ・掘きをレベルにて計測
- ・埋設物の有無を手元作業員に確認及び指示
- ・確認のための手すり試験



写真-6 ICT建設機械の実施結果



写真-7 従来施工時のバックホウ接触による破損箇所

4. まとめ
従来施工時間とICT施工時間を比較すると、45%程度の削減効果が得られた。その要因として丁張設置に関する時間の削減、地中の状態を把握できる車によるオペレータの生産性の向上、埋設物破損のリスクが低減できたため、埋設物破損後の修復作業等が必要になるなどの効果が見られた。また、本検証現場では4m×2m(深さ約1.2m)の床掘りであったため、丁張計算、丁張設置の作業が20分と少ない。実施工ではより多くの丁張設置および埋設物確認作業も時間がかかると想定されるため、更なる時間の削減効果が期待できる。

安全面では、コンベックスによる平面位置の測定やバックホウ先を施工箇所付近にて目視しながら作業を進める必要があるが、ICTの活用により人員が施工箇所付近に立ち入る必要が無くなるため、安全面による効果も期待できる。

しかし、3次元設計データが不可欠ことや、ICT建設機械の導入が必要であるため、費用面では施工者の負担が大きくなってしまおうという課題や、細かな埋設物の保護や、集積場での施工では、バックホウのバックサイズに合わせて埋設物保護データを作成する必要がある等の課題がある。

小型建設機械に必要不可欠なICTシステムが市場に回り、中小規模の施工現場に導入されやすくなることを期待したい。

5. おわりに

本稿では、市街地での維持管理による掘削作業における施工現場の生産性向上および既存埋設物の保護の向上を目的とし、3次元設計データを用いたマンガイダンスの活用についての研究を行った。ICT建設機械を利用するためには、地中探査結果より3次元設計データを作成することが必要不可欠であるが、人工数の削減および作業時間の短縮効果が大きいと同時に、地下埋設物の保護に効果的である事が分かった。埋設物の保護においては、埋設物破損の復旧作業の短縮、オペレータによる作業の容易さなど、様々な効果が見られると考えられる。今後もICTを利用した活用方法や小規模施工におけるICTの現場適用性および効果に関する研究に取り組んで参りたい。