

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

西川 慎一郎¹・若狭 昇太²

¹近畿地方整備局 和歌山河川国道事務所 河川管理課 (〒640-8227和歌山県和歌山市西汀丁16番)

²大成ロテック(株) 大阪事業所 (〒540-8586大阪府大阪市中央区大手前1-5-44)

道路の地中には既設埋設管等が多く存在し、電線共同溝敷設工事の際には、それらを確認しながらの作業となるため施工効率を悪くさせている。埋設管の破損事故防止、作業効率向上が求められる中、3次元空間においてCIMとICT施工を有効活用出来ると考えた。本論では電線共同溝の従来技術とICT施工技術を比較し、実工事を通じて得られたICT施工技術の適用効果と今後の課題について報告する。

和歌山河川国道事務所発注の国道42号秋葉町管路敷設他工事にて実施。場所は和歌山市秋葉町、工事延長は185mである。

キーワード CIM, ICT施工, 電線共同溝工事

1. はじめに

近年の建設業を巡る情勢として、少子高齢化による労働力不足や建設現場での労働災害等が課題である。建設現場での省力化が求められるなかで、さらなる生産性向上や品質向上などを目的に建設生産現場へのCIM (Construction Information Modeling) 導入が推進されている¹⁾。CIMは、調査設計段階から3次元モデルを導入し、施工、維持管理の段階においてその3次元モデルを連携させるものであり、建築分野でのBIM (Building Information Modeling) を土木建設の分野へ拡大した日本独自のモデルである。国土交通省が2012年にCIMの導入を提唱して以来普及が進み、2017年度にはBIM/CIMを活用した設計業務および工事が、国内の橋梁およびダム等の分野で132件実施されるまでに至っている²⁾。現在はBIM/CIMとICT (Information and Communication Technology) を統合したi-Constructionの推進が提言されており、2018年には、「ICTの全面的な活用推進に関する実施方針」³⁾が公開されている。最近、国の直轄工事でICTを活用する機会が増えつつあるが、一般的に河道掘削工事や土地改良工事にICT施工が採用されており、電線共同溝工事におけるICTの活用は類をみない。

そこで本論では、電線共同溝工事に注目し、既存の地下埋設物破損防止及び作業効率向上を目的として、3次元空間におけるCIMとICT施工技術を電線共同溝工事に適用した際の効果について報告する。

2. 従来施工技術の課題

我が国は、昭和60年代初頭から電線類を地下に埋設するなど、無電柱化に取り組んできたが、欧米やアジアの主要都市と比較して無電柱化率は低く、全国には約3,600万本の電柱が存在し、更に毎年約7万本ずつ増加している⁴⁾。この現状に対し、国土交通省では、2016年12月に施行された無電柱化の推進に関する法律に基づき、「無電柱化推進計画」⁴⁾を2018年4月に策定し、2020年度までの3年間で約1,400kmの無電柱化の着手を目標に掲げている。

電線共同溝工事に着手する際、施工範囲内において事前に既設の地下埋設管を移設する必要がある。従来、既設埋設管の位置を把握するために、埋設管管理台帳を確認しながら試掘しているのだが、この手法の課題として、台帳と実際の埋設管の位置が異なる場合、施工開始後に計画埋設位置の変更せざるを得なくなり手戻りが発生することや、地下埋設物の破損事故が発生することが挙げられる。埋設管の正確な位置を把握することは困難であり、日施工量が少なく施工効率を悪くさせていることが大きな課題である。

3. CIM及びICT技術を活用した取組内容

国土交通省近畿地方整備局和歌山河川国道事務所発注の国道42号秋葉町管路敷設他工事において、3次元空間におけるCIM及びICT施工技術の適用を試みた。本工事

は延長185mの電線共同溝工事であり、i-Constructionに基づきICT技術の全面的活用を図る「ICT活用工事」の対象工事であった。施工概要およびICT施工技術の取組みを以下に示す。

表-1 施工概要

工事名	国道42号秋葉町管路敷設他工事
工事内容	工事延長：185m
	管路工：7,110m
	舗装工：3,700m ²
	工期：2017年9月1日～2019年2月28日

方向の位置が確認できる箇所では実測値との整合性を図ることで探査精度を向上させることができた。

表-2 地上型レーザースキャナの性能

項目	仕様
名称	FARO Focus3D X330
波長	0.8m
最大計測距離	半径330m
測点数	976,000点(秒速)
ビーム間隔	0.19mrad
誤差範囲	±2mm
緯度経度	GPS

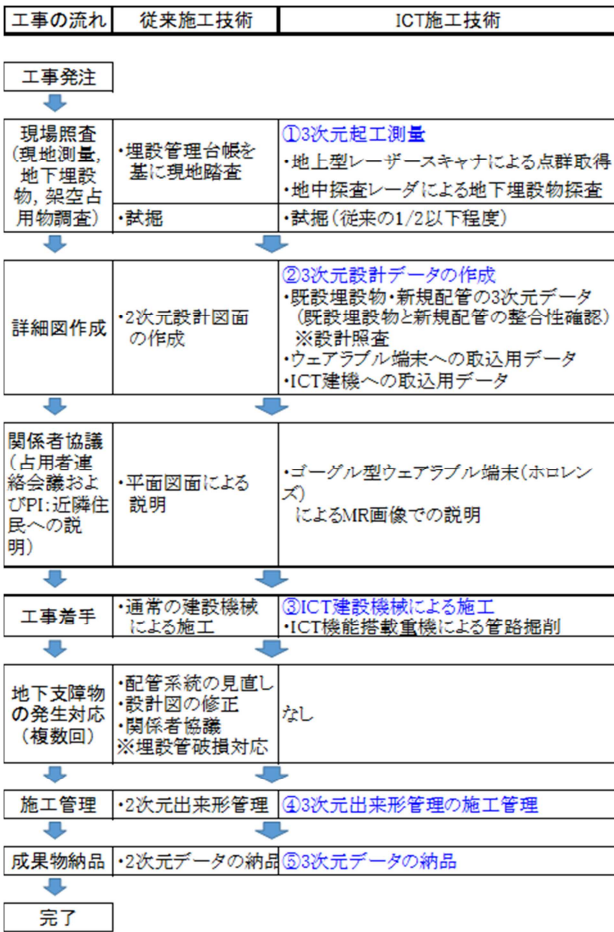


図-1 ICT施工技術と従来施工技術の比較

まず、地上型レーザースキャナ(FARO社製：FARO Focus3D X330)により地上部の点群データを取得し、手押し型アンテナレーダ(ジオサーチ社製：スケルカート)により地下埋設物探査を行った。測定器の性能を表-2、表-3に、測定状況を図-2に示す。地上型レーザースキャナによる点群データと、手押し型アンテナレーダによる地下埋設物探査結果を組み合わせる事で、埋設物の位置関係を容易に把握する事ができた。なお、手押し型アンテナレーダの測定精度は水平および深度方向での探査誤差が±10cm程度あるが、マンホールなど目視により管の深さや水平

表-3 手押し型アンテナレーダの性能

項目	仕様
名称	スケルカート
レーダ種類	3次元多配列レーダシステム
探査幅	0.8m
探査深度	1.5m程度
探査速度	5km/h
データ取得能力	1,000m ² 程度/日
探査能力	φ50mm以上
探査誤差	水平:±10cm程度
	深度:±10cm程度



図-2 地上型レーザースキャナ(左)、手押し型アンテナレーダ(右)

次に、地上型レーザースキャナにより取得した地上部の点群データに加え、既設埋設物、設計埋設管データをAuto desk社のAutoCADを用いて3次元化し、管路の属性情報を付与したCIMを作成した。従来であれば図-3の平面図・縦横断面図のように複雑で配管の位置を把握するのに熟練を要するのだが、図-4のCIMのように3次元マップとして可視化することで、既設埋設管と新設管路の敷設位置関係を明確化することができた。その結果、掘削開始前に両者が干渉する箇所について設計照査を行い、容易に計画を修正することができた。

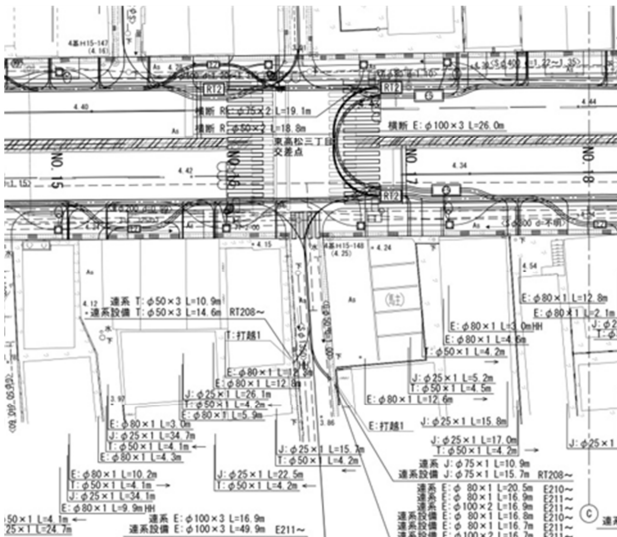


図-3 計画平面図の一部

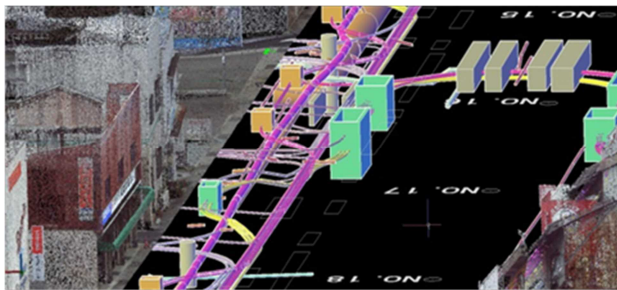


図-4 CIM画像 (3次元マップ)



図-5 ホロレンズの装着状況

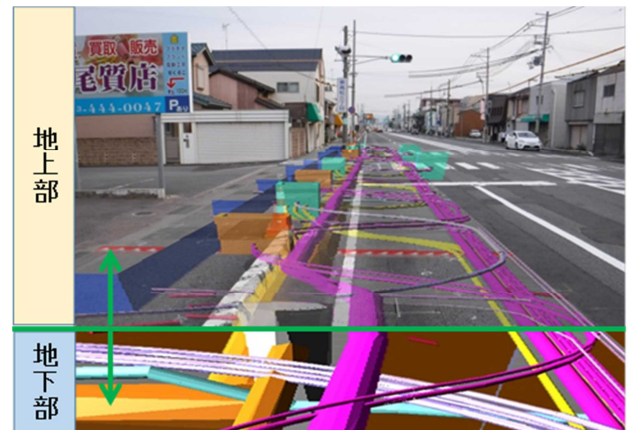


図-6 ホロレンズをかけた際のMR画像イメージ

また、3次元データをさらに活用し、Google型ウェアラブル端末（マイクロソフト社製：ホロレンズ）による埋設管の見える化を実施した。端末にパソコンが内蔵されており、環境認識カメラ、Depthカメラ、ジャイロから得た情報により空間を認識することができる。このホロレンズにCIMのデータを取り込み、現場内に設置した基準点とホロレンズ上に見えるマーカー位置を合わせることで、地下埋設管路が舗装面を透過しているかのよう可視化できる。ホロレンズの装着状況を図-5に、MR画像のイメージを図-6に示す。測定精度はマーカーの合わせ方に左右され、最小でも数cm単位の誤差は出ると考えられるが、装着した作業者が、ハンズフリーの状態で見場の実像と埋設管路の3次元画像が重なったMR (Mixed Reality：複合現実) 画像を見ることで掘削時の既設埋設物の破損事故防止に役立つ。さらには、従来施工技術では埋設管の占有者や地域住民に対する説明の際に、図-6に示すようなMR画像で確認できるため、工事説明や合意形成がスムーズに行えるというメリットもある。

最後に、ICT建設機械による管路掘削を実施した。当該機は、衛星からの位置情報と複数センサーを組み合わせることで、バケットの刃先位置を検出し、オペレータの操作補助を行い、CIMデータの目標面に沿った掘削が可能となる。当該機へCIMデータを取り込むことによって掘削位置および深さのデータがインプットされるため、短時間で計画深さ通りの掘削を行う事ができ、検測作業を大幅に削減する事ができた。ICTバックホウによる掘削状況を図-7に示す。



図-7 ICTバックホウによる掘削状況

4. 本工事における3次元データ適用効果

3次元設計データを活用することで、施工着手してから不明管や、既設埋設物と新規埋設管の干渉箇所などは

見られなかった。また、本現場において従来施工技術による現場照査では発見できなかったと考えられる不具合箇所が46箇所（既設埋設物と新規埋設管の干渉33箇所、既設埋設物と新設特殊部・分岐管等との干渉13箇所）確認できており、埋設管の見える化が破損事故防止に効果を発揮したと考えられる。本現場において本管と連携管の不具合箇所を3次元画像により修正した3次元設計図を図-8に示す。

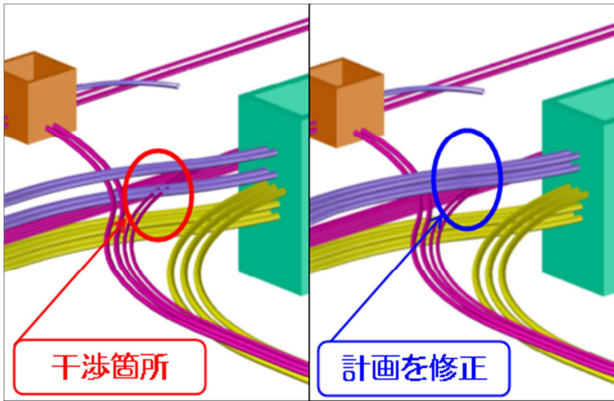


図-8 3次元設計図(修正前(左)と修正後(右))

もし、従来施工技術にて施工を行った場合、上記不具合箇所46箇所について施工途中で設計の修正および施工の手直しが発生したと考えた場合の余分に要する施工日数を試算した。試算根拠を表-4に示す。試算根拠は社内実績によるものとする。

表-4 不具合箇所の修正作業所要日数

項目	単位	既設埋設物と新規埋設管の干渉箇所	既設埋設物と新設特殊部・分岐管等との干渉箇所	
修正作業	掘削	(日)	0.5	0.5
	埋め戻し	(日)	0.5	0.5
	修正設計	(日)	1	3
	材料手配(R管など)	(日)	1	1
	所要日数	(日/箇所)	3	5
平均施工数	(箇所/日)	2.5	1.5	
干渉箇所数	(箇所)	33	13	
所要合計日数	(日)	39.6	43.3	

その結果、既設埋設物と新規埋設管の干渉33箇所に対し約40日、既設埋設物と新設特殊部・分岐管等との干渉13箇所に対し約44日、従来技術では合計84日のロスが発生することになる。本工事では3次元起工測量からCIMの作成および使用機器へのデータ取り込みまでおおよそ45日間要したことから、約50日間3次元データ適用に時間を費やしたと仮定すると、34日間の工期短縮につなが

り施工の効率化が図れたと考える。

また、管路掘削作業においてもICT建設機械を用いることで、短時間で設定した深さ通りの掘削が可能となり検測作業の省力化、作業の効率化に大きく役立った。さらに、重機周りでの検測作業が軽減されたため安全性の向上にも寄与したものと考える。

5. 今後の課題

本工事区間よりもさらに過密な配管箇所である場合、3次元起工測量の中で地下埋設物の非破壊検査がより高精度となることが望まれる。また、ICT建設機械による管路掘削においても、機械動作の制約が増えるため、作業効率が落ちてしまう。

3次元データ作成においては、地上の点群データや既存地下埋設物の探査データ、2次元設計図面を3次元データへ変換するには、専門ソフトおよび作業の習熟が必要となる。

今回使用したホロレンズにおいて、視野角が横50°、縦35°と狭い上、炎天下ではMR（複合現実）画像が見づらくなる。

6. まとめ

建設工事に伴う埋設管に関する事故件数の調査（2016年度）によると、全国107社からの回答で134件の事故報告があり⁹⁾、施工方法の検討が求められる深刻な問題である。

今回、電線共同溝工事において、埋設管の破損事故防止、作業効率の向上を目的に3次元データの活用を試みたが、結果として、不明管の発生などによる手戻りや管路の破損事故もなく、作業効率の向上も確認できた。また、事前の関係者間協議および地元住民に対する説明がスムーズとなった。

一方で、3次元起工測量の取得や3次元データの作成にかなりの時間を要することや、ウェアラブル端末自体の操作が難しい、視野角が狭いなどの課題を明確にすることができた。これらの課題については、ソフト製作者や機器の製作者などとの協力、今後の技術革新とともに解消されていき、本技術の実用性が高まっていくものと考えられる。

また、今回作成したような3次元データ（CIM）が今後蓄積されていくことで、将来的に作成の手間が省け、電線共同溝工事にかかわらず、さらなる効率的が期待される。

技術者や熟練作業員の不足、高齢化など、建設産業の抱える課題を解決するために、ICT技術やAI技術などが普及する時代は間近である。本論文が無電柱化工事の推進、建設産業のICT化の推進などにおける次世代技術開発の一助となれば幸いである。

謝辞：本論文の作成にあたり，数々のご指導を頂いた皆様，また日常の議論を通じて多くの知識や示唆を頂いた関係者の皆様に，深く感謝いたします。

参考文献

1)第1回 BIM/CIM 推進委員会議事録
<http://www.mlit.go.jp/common/001252256.pdf>

2)これまでの BIM/CIM 事業の実施状況

<http://www.mlit.go.jp/common/001252262.pdf>

3)ICT の全面的な活用推進に関する実施方針，

<http://www.mlit.go.jp/common/001180229.pdf>

4)無電柱化推進計画，無電柱化推進計画について

<http://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/chicyuka/pdf/21-01.pdf>

5)竹田裕二：電線共同溝設置工事におけるライフライン事故防止対策