

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 —円滑な事業推進とコスト縮減に向けて—

小樽開発建設部 岩内道路事務所 計画課 ○田中 絢斗
荒川 王治
小尾 稔

北海道倶知安町の市街地に位置する国道5号は、近隣に国際的リゾート「ニセコ」や日本百名山「羊蹄山」などを有し、北海道景観計画において「景観重要道路」に指定されているなど景観形成上重要な路線に位置付けられている。今年度より安全で良好な都市景観の形成に向け、倶知安市街の電線共同溝の設計を実施しており、円滑な事業推進とコスト縮減に向けた手法として地下埋設物のCIM化を活用した事例について紹介する。

キーワード：3次元データ、CIM、コスト縮減、マネジメント

1. はじめに

日本国内における無電柱化は、昭和61年度から3期にわたる「電柱類地中化計画」、平成11～15年度の「新電線類地中化計画」、平成16～20年度の「無電柱化推進計画」に基づいて整備を行ってきた。現在は、「無電柱化に係るガイドライン」に沿って無電柱化を進めている¹⁾。

小樽開発建設部では、北海道景観計画²⁾において羊蹄山麓広域景観形成推進地域の景観重要道路である国道5号倶知安市街地の電線共同溝事業を鋭意推進中である。

倶知安電線共同溝事業は、平成23～25年度に「倶知安第一電線共同溝 L=0.54 km」、平成26～平成29年度に「倶知安第二電線共同溝 L=0.58 km」を整備済みであり、令和元年度より「倶知安地区電線共同溝（整備総延長L=4.2 km、道路総延長L=2.1 km）」を整備を進めている。（図-1）

本報告は、国道5号倶知安電線共同溝事業においてCIMを活用することにより、円滑な事業推進やコスト縮減について検証した結果を報告するとともに、将来的な展望について考察を述べる。

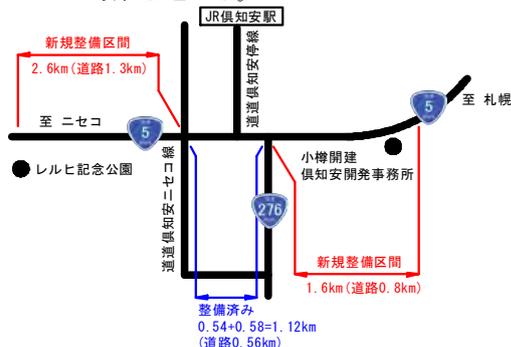


図-1 倶知安市街地電線共同溝整備

2. 調査・設計・施工の現状と課題

(1) 調査段階

測量調査において基準点測量、現地測量（平板測量）、路線測量などを実施するが、上下水道、NTT施設などの地下埋設物においては占有者提供の台帳図を基にして測量図面を作成している。調査時に現地で確認可能な、仕切り弁・マンホール類の位置特定は容易であるが、特に地下埋設物の埋設深については、占有者からの聞き取り情報で作図しており、実際の埋設深と差異があることが多く、現状の測量調査における埋設物の把握については一定の限界が認められる。

(2) 設計段階

電線共同溝設計は、測量調査図を基に実施しており、特殊部設計（地上機器柵など）や管路部設計においては、地下埋設物の移設が最小限となるよう配慮し計画している。やむを得ず、支障となる埋設物においては、各占有者と協議を実施して移設先の検討などを行っているが、測量調査時に作成した図面情報と現況の埋設位置が一致していない状況が施工時に多く確認されている。

現状の解決策として、主要な構造物となる地上機器柵の位置などで試掘調査を実施して地下埋設物の状況を確認している。しかし、設計段階で費用面の問題などから複数箇所の試掘調査を実施できないのが現状である。

こうした状況から設計段階において特殊部（地上機器柵）や管路部と現況埋設物との干渉を避けた設計が出来ていない。

(3) 施工段階

設計時に並行して試掘調査を実施している箇所においては、施工時に問題が生じることは無いが、未調査となる箇所・区間においては、想定していない地下埋設物が確認されることが多く、その都度対応している状況である。測量調査段階において占有者の資料により確認した埋設物であれば、位置・深度が異なる場合であっても協議先が明確であるため協議も容易であるが、占有者が不明な埋設物と遭遇した時には相当な時間を要し、施工を一時中断せざるを得ない場合も有り得る。そのため施工と並行して設計業務を発注し、対応方法の検討や移設協議を行っているのが現状である。

これらのことから、全体的な事業のマネジメントを適切に実施するには調査、設計、施工それぞれの課題を解決することが必須となる。

3. CIM導入により期待される効果

平成24年度から国土交通省直轄事業においてCIMの試行がスタートしており、導入の効果が認められた項目³⁾は「手戻りの防止(フロントローディングの実施)」「合意形成の迅速化」「安全性の向上」であった。

(1) 手戻りの防止

調査段階において、これまで不可能であった地下空間の「見える化」が可能となれば、これまで実施していた試掘調査の実施箇所が限定されることや開削時の危険性、舗装路盤復旧が不要になるなどメリットが多い。また、地下空間を把握できることにより、調査段階の次工程となる設計段階で地下埋設物の移設検討が早期に実施できることや施工段階における工程遅延の解消にも寄与できると考えられる。

(2) 合意形成の迅速化

地下埋設物が正確に把握できれば、電線共同溝の地上機器架および管路設置により支障となる場合の移設協議が円滑になると考えられる。これまで試掘調査などの結果を基に実施していた移設協議よりも迅速化が期待できる。その他、電線共同溝事業においては、少なくとも施工の前年度までに地上機器架の設置位置などについて地元住民と協議し、了解を得る必要がある。これまでは、設計図などを利用して説明していたが、CIM活用による3Dモデルなどで視覚的に表現することで合意形成の迅速化が期待できる。

(3) 安全性の向上

掘削が伴う施工においては、再三の注意喚起にも限らず、地下埋設物の損傷によるライフライン事故が後を絶たない。ライフライン事故は一度発生してしまうと社会的影響が大きいことから、安全対策を講じる必要がある。地下空間の埋設物情報を得ることが可能になれば、安全性の向上に期待できる。

4. 倶知安地区電線共同溝における取組み

Ayato Tanaka, Kimiharu Arakawa, Minoru Obi

(1) 地下埋設物 3Dレーダー探査

a) 概要

近年、非破壊による最新マイクロ波センサーで地下埋設物の正確な位置が取得可能となる3Dレーダー探査技術が向上している。

倶知安地区においては、L側・R側の歩道部150m(歩道幅W=4.5m)を地下埋設物3Dレーダー探査により調査を実施した。主なスペックを以下に示す(表-1)。

表-1 地下埋設物 3Dレーダーの主要スペック

| 使用機材 | 多配列アンテナ地中レーダー | |
|------|---------------|-----------------------------|
| 探査能力 | 限界深度 | 1.5m程度 |
| | 探査精度(誤差) | 水平位置±10cm程度 埋設深さ±10%程度 |
| 施工能力 | 現地調査 | 500~1000m ² /日程度 |
| | データ処理解析 | 200~400m ² /日程度 |
| 費用 | 概算単価 | 3,000円/m ² |
| 適応条件 | 有効幅員 | 1.2m以上 |
| | 気象条件 | 降雨時、路面滞水不可 |

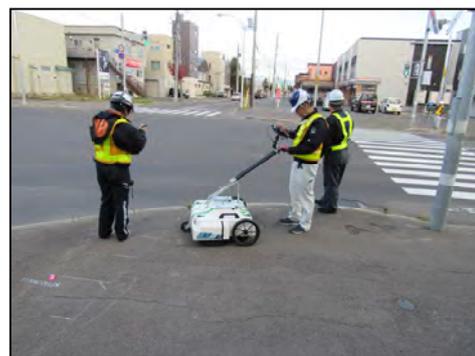


写真-1 地下埋設物 3Dレーダーを用いた調査状況

b) 探査により得られるデータ

3Dレーダーは、「面的」にスキャナーをするイメージで探査を行い、それにより得られる波形データ(図-2)を専門エンジニアが埋設物の位置・深度を解析し、3Dモデルを作成する。したがって、探査段階では埋設物の位置情報を特定することを目的としている。

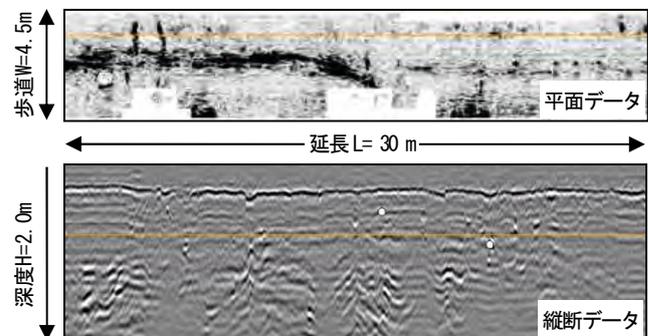


図-2 3Dレーダーで取得した波形データ

c) 地下埋設物 3Dレーダー探査のメリット

現行では破壊調査となる試掘調査を実施しているが、ここでは、歩道調査時における地下埋設物3Dレーダー探査との比較検証を行う(表-2)。

下表に示す通り、地下埋設物 3Dレーダー探査の優位性は多くの項目で高いが、試掘調査では実測できることから調査精度のみ試掘調査に劣る。

表-2 地下埋設物調査の比較 (歩道調査時)

| | 部分破壊調査 | 非破壊調査 |
|------|------------------------|-----------------------|
| 調査名称 | 試掘調査 | 地下埋設物 3Dレーダー探査 |
| 調査時間 | 6m ² /日 | 750m ² /日 |
| 調査費用 | 50,000円/m ² | 3,000円/m ² |
| 騒音振動 | 有り | 無し |
| 舗装復旧 | 有り | 無し |
| 安全性 | 掘削時、埋設物の 損傷に留意が必要 | 問題なし |
| 通行規制 | 有り (歩行者) | 無し |

(2) 地上レーザー 3D測量

a) 概要

地上物を 3Dモデル化する目的で地上レーザーによる 3D測量を実施した。これは、対象物(家屋、地上物など)にレーザー光を1秒間に約 100 万点を自動照射し、非接触で3次元座標を「点群データ」として取得するものである。主なスペックを以下に示す。(表-3)

表-3 3Dレーザースキャナーの主要スペック

| 使用機材 | 3Dレーザースキャナー | |
|------|-------------|-----------------------|
| 探査能力 | 最大計測距離 | 半径 330 m程度 |
| | 計測精度(誤差) | ±2 mm程度 |
| 施工能力 | 現地調査 | 100~150 m/日程度 |
| | データ処理編集 | 20 m/日程度 |
| 費用 | 概算単価 | 1,000円/m ² |
| 適応条件 | カラー表示 | 昼間時、明るい場所 |
| | 気象条件 | 降雨時不可 |

b) 調査により得られるデータ

地上レーザー 3D測量で取得した点群データ(図-3)は、精度が高く、写真と遜色ないレベルまで表現可能である。



図-3 地上レーザー3D測量で取得した点群データ

c) 地上レーザー 3D測量のメリット

当測量技術は、非接触方式と呼ばれ計測対象物に触れずに離れた場所からの計測が可能のため、危険箇所(災害現場など)に立ち入ることなく安全な場所から効率的に3次元データを取得することが可能である。さらに、地上物においては地上レーザー3D測量で実施し、地下埋設物においては地下埋設物3Dレーダー探査、これら2つの技術を組み合わせることにより現地状況を高度に表現することが可能となった(図-4)。

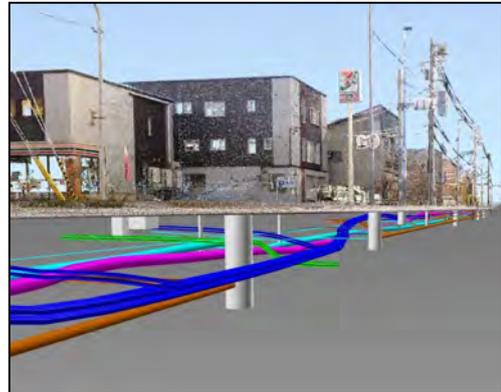


図-4 地上点群データと地下埋設物3Dモデル

5. CIMを活用した設計および効率化

(1) 3Dモデルによる配線計画の高度化

地下埋設物については「地下埋設物 3Dレーダー探査」、地上物は「地上レーザー 3D測量」で 3Dモデルを作成することにより、設計段階の配線計画において支障物の干渉チェックなど(図-5)の高度化が期待できる。

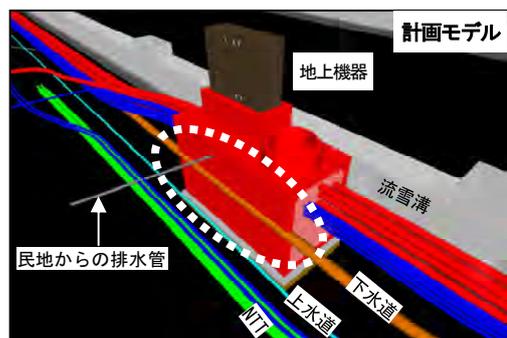
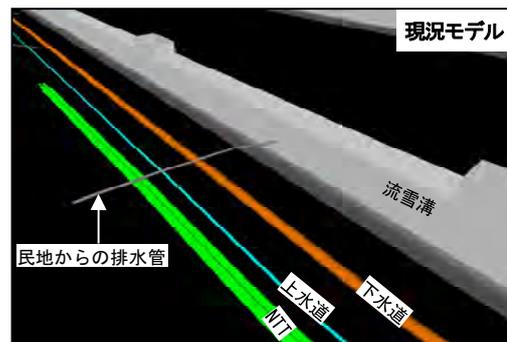


図-5 3Dモデルによる干渉チェック

(2) 3Dデータの現地表示

「HoloLens (ホロレンズ)」(写真-2) と称されるワイヤレスで頭につけるタイプのホログラフィックコンピューティングを用いることで現場に居ながら 3Dモデルを確認可能となる技術が、現在開発中である。



写真-2 ホロレンズ (マイクロソフト社製)

現地で基準となるARマーカー(QRコード)を読み込むことにより位置を特定させ、3Dモデルを再現する仕組みである。3Dデータを現地表示(写真-3) させることによる効果を以下に示す。

- 地下埋設物の可視化による誤掘削防止 (離隔確認)
- 掘削範囲の可視化による墨出し作業の効率化
- 設計図の可視化による施工の効率化
- 掘削作業の高度化



写真-3 ホロレンズ装着による現地確認 (イメージ)

(3) CIM活用による工期短縮

一般的に電線共同溝事業では、施工前年度および実施年度において試掘調査を実施し、移設協議・修正設計を実施している。倶知安地区電線共同溝事業においては今後の施工となるが、後志管内の電線共同溝の施工実績からL=1kmの整備を想定した場合、地下埋設物3Dレーダー探査による調査を採用することにより、約2年の短縮が可能と想定している(図-5)。これにより現行手順の2年次以降に実施されている試掘調査がほぼ不要になるため、工期短縮のほか施工段階の課題であった全体的な工程のマネジメントが可能になると期待できる。

倶知安地区電線共同溝事業においては、調査・設計段階であることから施工状況を確認した上、検証し、問題点や新たな課題を整理することが重要である。

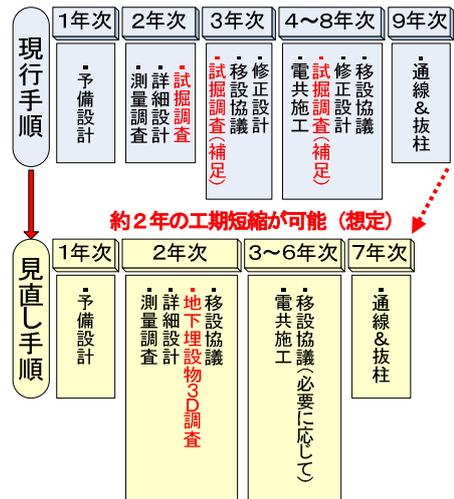


図-5 CIM活用の工期短縮イメージ (整備延長 1km当り)

(4) 合意形成の迅速化

電線共同溝事業においてCIMを活用した例として下図(図-6)は、電線共同溝整備前と整備後を比較した状況を示しており、これにより地権者などとイメージの共有を図ることが可能になり、合意形成の迅速化が期待できる。



図-6 整備前と整備後の比較イメージ

(5) 施設管理の効率化・高度化

電線共同溝などの設計施工においてCIMを活用することにより、施工年次、位置情報、施工業者、その他必要な属性情報を管理することが可能になる。このように施設管理を高度化することにより、情報をデータベースとして一元化することが可能となる。

6. CIM活用を推進する上での課題

(1) コスト縮減とリスク低減について

現段階では、試掘調査を局部的に実施していることから調査費用が比較的少額で済んでいるが、調査面積を同一とした場合、地下埋設物3Dレーダー探査の方が安価になる。今後は、両調査のそれぞれの特徴を生かし、地下埋設物3Dレーダー探査はマクロ的な地下空間の把握を主目的とし、目視計測などにより確認が必要な箇所については試掘調査を実施するといった「使い分け」をすることにより、トータルコストとしてコスト縮減及びリスクの低減になると考えられる。

また、地下埋設物 3Dレーダー探査の需要が高まれば、調査費用の低価格化も期待される場所である。

(2) 建設業界としての課題

地下埋設物レーダー機器が普及されていないこともあり、現在は特定の業者による委託調査が必要である。今後、CIM化が広く普及し、地下埋設物のレーダー機器の低価格化や調査業者の拡大などが期待される。また、調査技術が進歩している一方、設計フェーズとしても広く3D設計が活用されるような取組みが必要と考えられる。

設計分野としては、現行の2次元CADから3次元CADへの移行が急務であり、対応可能となるエンジニアの教育も含めて今後の検討が必要である。

施工分野においては、出来形管理の3次元自動計測などの技術が進歩していることもあり、広くICT技術を利用可能となる取組みが必要である。

(3) CIM活用による施設管理の問題点

現在、電線共同溝の施設管理は管理台帳図による図面データなどで保存されているが、属性情報などの検索・閲覧が容易ではない状況である。CIMを活用することにより、情報の一元化は図れるが、管理者の設定や更新頻度、セキュリティなどの課題整理が必要である。その他、CIMによる管理体制を構築するには、多額な費用を要するなどの問題点もあるが、将来的に管理の効率化・高度化されることのメリットが多いと考えられる。

7. まとめと考察

これまでの試掘調査に代わり、非破壊調査となる地下埋設物レーダー探査を行うことにより効率的な調査や移設協議などの迅速化が期待され、調査・設計段階においても様々なメリットがあることが確認された。一方、調査・設計技術が現在なお開発・普及段階であることから広く活用されていない一つの要因と考えられる。

本事業においては、調査・設計段階の報告となったが、今後は施工時におけるCIM活用を推進し、問題点や課題の整理が必要と考えられる。

今日、建設業界においても少子高齢化の加速に伴う生産労働者の不足、技術者不足と言われているが、CIMを活用することにより若年層に対して魅力的な生産システムを実現することが必要不可欠と考えられる。

今後、より一層 CIM に関する技術が推進されるとともに広く普及されることを期待する。

参考文献

- 1) 国土交通省：無電柱化の推進，国土交通省 HP，
https://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/chicyuka/chi_09.html (2019.12 取得)
- 2) 環境省：北海道景観計画，環境省 HP，
https://www.env.go.jp/nature/mega_solar_na/conf/h2601/mat05_2.pdf (2019.12 取得)
- 3) JACIC：国土交通省における CIM のこれまでと今後の取組み，一財) 日本建設情報総合センターHP，
http://www.jacic.or.jp/books/jacicjoho/jac114/p_2.pdf (2019.12 取得)