

第 I 部門

電線共同溝における地下埋設物の 「見える化」に向けた取り組みについて

渡辺 朝晴¹¹大阪国道事務所 工務課 (〒536-0004大阪府大阪市城東区今福西2-12-35)

電線共同溝事業における課題の一つに、工事段階において台帳上で確認した位置と異なる箇所で既設埋設物が発見されることによる、手戻りがあげられる。そのため電線共同溝工事は試掘による現況確認と現況に合わせた修正設計前提の発注となっており、工事完了まで3年程度の工期を要している。

今回、これらの手戻りを解消するために、地下埋設物探査を活用し、設計段階の現況把握の精度向上を試みた。本稿では、既設埋設物情報のフロントローディングによる効果の検証、既設埋設物情報の3Dモデル化と活用検討についての所見を示す。

キーワード 地下埋設物探査、フロントローディング、3Dモデル、詳細設計、電線共同溝

1. はじめに

(1) 無電柱化事業の背景

無電柱化は、「防災性の向上、安全性・快適性の確保、良好な景観形成の観点」から実施されており、1995年の「電線共同溝の整備等に関する特別措置法」の成立により、道路の掘り返し防止や道路景観の整備の観点から、道路管理者が電線の収容空間として電線共同溝を整備するという仕組みが整った。

しかし、日本の無電柱化率は欧米やアジアの主要都市と比較して低く、東京都区部の無電柱化率は約8%、大阪市では約6%となっている。また全国には、約3,600万本もの電柱が存在しているが、毎年数万本単位で増加し続けている。これを受け、国土交通省は令和3年5月に無電柱化推進計画を策定し、令和3年度からの5年間で約4,000kmの新たな無電柱化に着手することが発表した。

計画の実施においては、無電柱化の完了までに平均7年かかる期間を事業のスピードアップを図り、特殊な現場条件を除き事業期間の半減に取り組むことが掲げられている。

無電柱化の事業手法のひとつに電線共同溝方式があり、電線共同溝は、二者以上の電線管理者の電線類を収容するために道路管理者が道路の地下に設ける施設である。

電線共同溝の整備においては、道路管理者、電線管理者、道路占用户、地域住民など利害関係者が多岐にわたり、計画や設計段階における合意形成に多大な時間を要している。



図-1 無電柱化の整備前と整備後

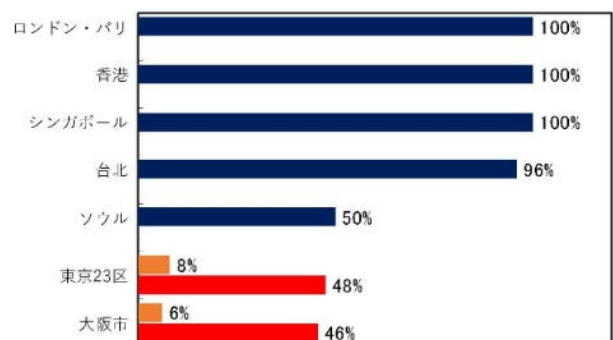


図-2 欧米やアジアの主要都市と日本の無電柱化の現状

(2) 電線共同溝の課題

電線共同溝の整備の課題のひとつが既設埋設物の位置についてである。

電線共同溝の詳細設計は、配線計画から得たケーブル収容条件を基に、管路断面および特殊部の断面を設定し、電線共同溝の敷設位置を検討するものであるが、交差・近接等による支障移設を減じるために既設埋設物との離隔を調整し、既設埋設物の維持管理も考慮した敷設位置を検討する必要がある。

しかし、検討の段階で用いる既設埋設物台帳の精度が低い場合、施工段階の試掘において設計通りの離隔が確保できず、特殊枠や管路が入らないことが確認され、修正設計などの手戻りが生じる。これには複数の要因が考えられるが、道路拡幅等の情報が図面に反映されず埋設位置確認の基準が現況と異なる場合や、管路移設・新設情報の反映が追いついていない、現場合わせの施工が図面に反映されない場合などが想定される。

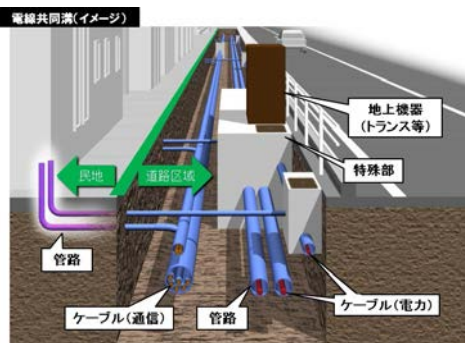


図-3 電線共同溝の標準的な構造

(3) 目的

大阪国道事務所管内の国道 25 号志紀南地区電線共同溝事業では、令和5年度に埋設物の位置を正確に把握し効率的に事業を進めるため、3Dレーダー探査、地上レーザー測量を行い、地上・地下統合3Dデータを作成する埋設物調査業務を実施した。また、同時並行で電線共同溝詳細設計業務が行われ、埋設物調査業務と業務間連携を図りながら、設計精度の向上に取り組んだ。

本稿では、業務での取り組みから確認した効果等を整理し、今後の課題等について考察する。

また、令和5年度より全ての公共工事および詳細設計業務について、BIM/CIM原則適用となったが、設計が頻繁に変更されることや高い精度が要求されることにより、電線共同溝事業においては、BIM/CIMモデル活用が十分に進んでいない状況である。しかし、安全性の向上や合意形成の迅速化などモデル活用によるメリットは多数想定される。

そこで本稿では、本事業において実践した活用内容を整理するとともに、今後の活用について検討した結果について報告する。

2. 志紀南電線共同溝事業における既設埋設物情報フロントローディング

(1) 志紀南地区電線共同溝事業の概要

大阪府八尾市の南東部に位置する国道25号志紀南地区では、「志紀南電線共同溝（事業延長1.36km）」の整備を進めている。本区間は、歩道幅員の狭い箇所が多いうえ、地下埋設物の占用物件も多いことから、歩道や交差点を中心に既設埋設物の輻輳している状況が想定された。さらに、車道舗装はコンポジット舗装となっており、コンクリート版が事業に影響することが想定された。



図-4 地下埋設物調査業務 位置図

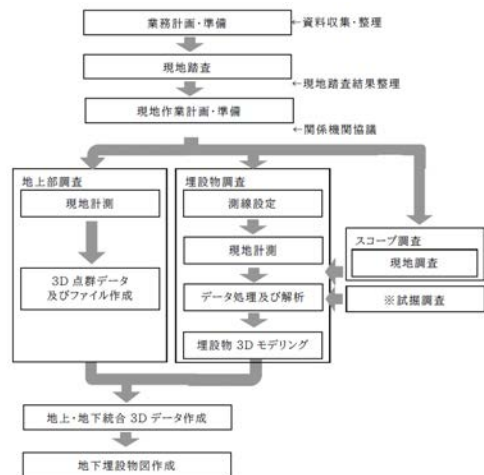


図-5 地下埋設物調査業務の業務フロー



図-6 現地調査状況

(2) 地下埋設物探査について

a) 3Dレーダー探査

地下埋設物探査は、地中レーダー法が広く活用されており、マイクロ波を地中に照射し、異なる物性の境界からの反射波を受信して埋設管等の埋設位置を調査する技術である。3Dレーダー探査は、多配列の地中レーダーを用いて対象範囲を面的にデータ取得・結合し、三断面（平面・縦断・横断）で解析を行う探査手法である。本事業では、地上・地下インフラ3Dマップ（NETIS登録番号:KT-180111-VE）を採用した。

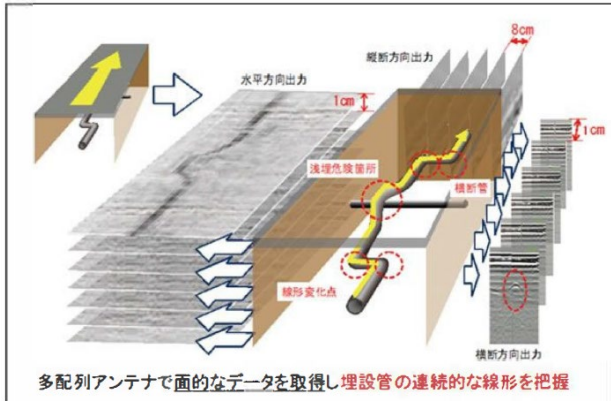


図-7 3Dレーダー探査の特徴

面的に地中のデータを取得し、既設埋設管の連続的な線形を捉えることで、埋設管の平面・深度・線形変化点や上越し、下越し、離隔等が把握可能となる（図-7）。また、台帳に記載のない不明管の検出や、台帳との線形の相違なども確認できる。調査精度は、8～9割程度の埋設物を検出可能で、平均誤差±10cm程度で位置を特定することができる（表-1）。現地調査は、歩道部においては移動規制で作業が可能で交通への影響は小さく、騒音振動も発生しない。

	スペック
深度限界	1.0～1.5m 諸条件により異なる
検知可能な材質	金属系、コンクリート系、プラスチック系、その他 φ50mm 以下の小口径の埋設物については土質条件等から検知できない場合あり
調査精度（誤差）	水平位置:平均±10cm 程度 埋設深さ:深度1m以浅:平均±10cm 程度 深度1m以深:平均±10%程度

表-1 3Dレーダ探査の主なスペック

机上調査で収集した台帳と地下埋設物探査結果を比較した結果、埋設位置や平面線形、線形の変化点が台帳と大きく相違した箇所が複数確認された（図-8）。また、台帳に記載のない埋設物や不特定管についても複数確認された。探査の結果、図面に記載のない横断水路が3箇所、台帳に記載のない不特定管が84本検出されている。

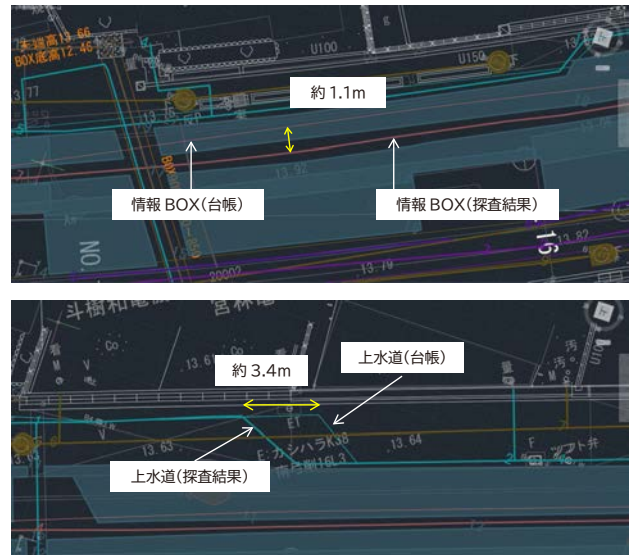


図-8 探査結果（既存埋設物台帳と現況の相違箇所）

b) スコープ調査

3Dレーダー探査でコンクリート版の分布範囲を解析したうえで、データ解析結果の整合性及びコンクリートの版厚確認を目的に、スコープ調査（簡易コア削孔と孔内カメラ撮影）を実施した。

スコープ調査により、3Dレーダー探査で解析したコンクリート版の分布範囲が適切であることが把握できた。また、3Dレーダー探査の結果と舗装台帳の照合を行ったところ、舗装台帳作成後に行われた埋設管敷設工事などによるコンクリート版の撤去が一部で確認できたほか、台帳に情報のない歩道部について、一部コンクリート版が存在していることが確認できた（図-9）。地中レーダー法と組み合わせてスコープ調査を活用したことで、得られる情報の精度が向上した。

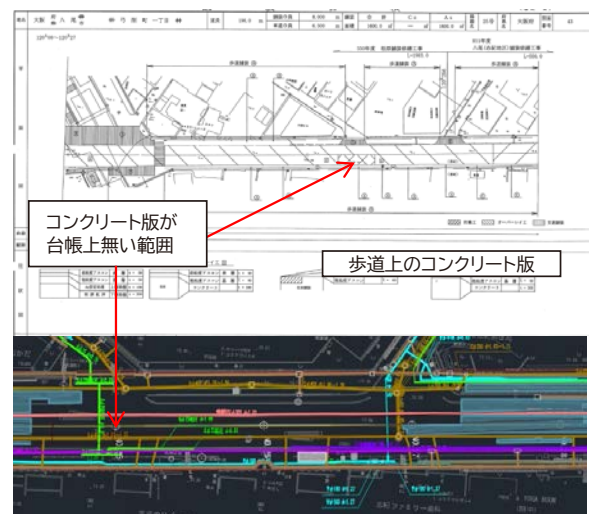


図-9 探査結果（舗装台帳と現況の相違箇所）

(3)活用効果の検証及び考察

a)活用効果の検証

3Dレーダー探査結果に基づいて詳細設計を行ったことで、施工時に回避できる手戻りを集計し、効果として試算を行った。「台帳に基づいた設計ルート」と探査結果を照合し、干渉する箇所を抽出して手戻り箇所と想定した(図-10)。予備設計のルートは、探査より前段階で作成しており、既設埋設物の位置は台帳情報を用いている。詳細設計図面ではないが、台帳記載の既設埋設物の位置を考慮してルートを設定していることを踏まえて、予備設計のルートを「台帳に基づいた設計」と仮定した。手戻り箇所に、工事中断などの手戻り所要日数を乗じて手戻り日数を算出(表-2)し、工事遅延日数および全体の工事に対する割合などを確認し、効果の検証を行った。

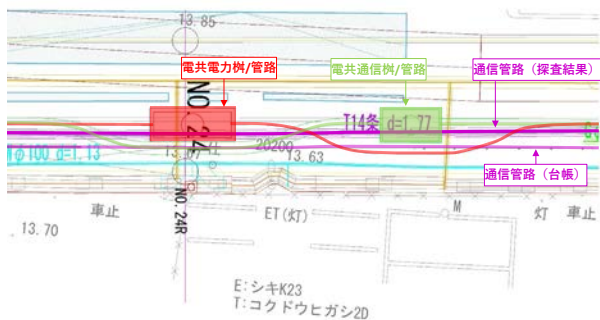


図-10 台帳に基づいた設計と探査結果の干渉事例

台帳に基づいた設計で生じると想定される施工時の手戻り箇所は、特殊部付近で28箇所、管路部で31箇所確認された。手戻り所要日数はヒアリング等より設定し試算を行い、施工時の延べ手戻り日数は113日であった。従来通りの台帳に基づいた設計を行った場合、1日の当りの施工進捗を10mと仮定した場合の施工日数が135日、延べ手戻り日数113日を合算した248日程度要することになる。3Dレーダー探査を活用して詳細設計事前に、既設埋設物情報の精度向上を図ることで、延べ手戻り日数113日を回避できるため、従来手法による工事日数を46%削減できるという結果となった。

表-2 手戻り日数の試算

予備設計	特殊部	特殊部	管路部	管路部
探査結果	既設管	残置管	既設管	残置管
干渉箇所数	25箇所	3箇所	20箇所※	11箇所
修正作業所要日数	5日/箇所	1日/箇所	3日/箇所	1日/箇所
平均施工数	1.5箇所/日	2.5箇所/日	2.5箇所/日	2.5箇所/日
手戻り所要日数	84日	2日	24日	4.4日
延べ手戻り日数	113日			

※干渉区間長が10m以上の箇所は、特殊部間を1箇所換算。
修正作業所要日数、平均施工数は既往文献「電線共同溝の詳細設計段階における既設埋設物位置の精度向上と3D設計ソフトを活用した設計精度向上に向けた取り組みについて、澤井・高田・小林、第68回土木計画学研究発表会、2023」を参考に設定。

b)考察

試算では従来手法と比較して、大きく工事日数を削減できることが示されたが、以下のような課題もある。

- ①試算方法の課題：エビデンスとなる手戻り所要日数が、手戻りの発生時期や場所によって異なると考えられる。
- ②非破壊調査以外の手法の検討：上記検証では地下埋設物探査のみを用いており、試掘を効果的に活用する方法についても検証は必要である。
- ③非破壊調査の精度を踏まえた検討：3Dレーダー探査は非破壊調査であり、環境条件によって探査の精度の限界がある。

取り組むべき課題はあるが、地下埋設物の「見える化」に貢献する手法であり、電線共同溝事業の円滑な推進に資する取り組みであり、継続して試行や活用効果の検証を実施していくことが重要である。

3. 既設埋設物情報の3Dモデル化と活用検討

(1)既設埋設物3Dモデルの作成

3Dレーダー探査で解析した埋設管の線形を解析ソフトから出力し、点群データから抽出した絶対座標を有する道路面のサーフェスデータを用いて、地盤高基準のデータに変換した。このデータに、各占有企業の埋設管台帳や現地確認情報をもとに管径や条数・段数を与えて3Dモデルを作成した。深度が深いなどの理由で解析未検知の管については、視覚的に違いが分かるようにモデルの透過度を変更した。また、3Dモデルの各オブジェクトに対して、企業者情報や口径、条段数、施工年度、情報源の信頼性などの属性情報を付与した。既設埋設物3Dモデルと3Dレーザースキャナで取得した地上点群データを統合し、現地状況を再現したデジタルツインを作成した(図-11)。

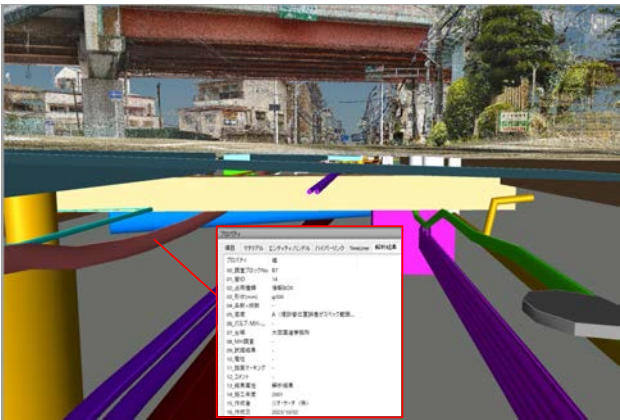


図-11 地下埋設物探査に基づく既設埋設物3Dモデル

(2)設計業務への活用

a)干渉チェック

詳細設計業務では、特殊部などの配置検討を円滑に進めるために、既設埋設物3Dモデルを活用している。埋

設物が輻輳する交差点付近について、2次元設計図面から3Dモデルの作成を行ったうえで、地下埋設物探査結果から作成した既設埋設物3Dモデルへ統合し、離隔や干渉のチェックを実施した。従来の2D図面においては一元的な干渉チェックを行うことが難しく、平面図・縦断面図・横断面図それぞれの確認が必要であったが、3Dモデルを活用することで視覚的に容易となった（図-12）。

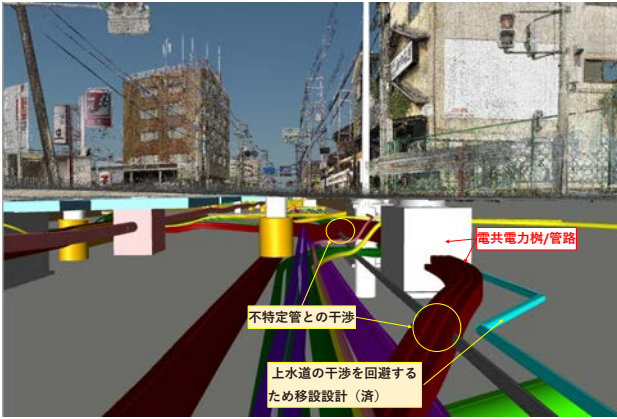


図-12 3Dモデルを活用した干渉チェック

b) 既設埋設物情報の任意断面での切出し

3Dモデルを活用して、平面図・横断面図・縦断面図に使用する既設埋設物情報の切出しを行った（図-13）。1つの3Dモデルから図面を機械的に切り出すため、図面間の不整合は起こらず、これまで人が情報を転記しながら行うことで生じるヒューマンエラーも防ぐことができる。その他の利点として、測点以外の任意の位置、任意の角度で切り出すことができる。道路を斜めに横断する水路の土盛り情報を連続的に得るために、切り出す断面を任意に定められる利点を活用し、横断水路の線形で断面図を作成し、連続的な土盛り情報を抽出した。

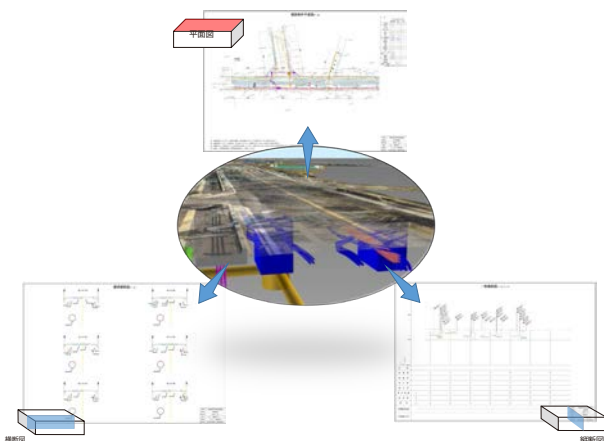


図-13 3Dモデルからの図面切出し

c) 現地確認におけるAR可視化

事業関係者との特殊部設置位置等の現地確認時に、AR技術を活用した現地説明会を実施し、特殊部設置位置の

確認や、連系設備立上周りの埋設物位置情報、横断水路の埋設状況等を確認した（図-14）。電線共同溝設計や既設埋設物の3Dモデルの状況が現地で可視化されたことにより、占用企業者との協議を円滑に進めることができた。地上機器設置により歩道幅員が懸念される箇所について、地上機器と特殊柵、移設後の縁石をAR投影し、仮想状況を現地で確認した際、自転車や歩行者の動線との関係が見える化でき、地上機器設置位置の修正につなげることができた。



図-14 AR技術を用いた現地説明会

(3) 地下埋設物管理への活用検討

a) 活用イメージと現状の課題

電線共同溝事業の詳細設計前段階で作成した3Dモデルは、詳細設計や施工段階で情報の更新を行うことで、精度が高く最新の情報を反映したデータとして、維持管理段階においても活用できる（図-15）。ただし、現状は、3Dモデルの更新は大きな労力を要することから、当分野の技術開発の進展が待たれる。一方で、情報の更新方法として、試掘や新設管路布設時に埋設管が露出したタイミングで点群データを取得する方法がある。

b) 掘削箇所の3Dデータ取得方法検討

掘削箇所の点群データ取得技術として、据置式、ハンドヘルド型3Dスキャナ、iPad LiDAR、写真測量についてメリット、デメリットを比較し、適用性を考察した。据置式は点群取得精度は高いが、掘削箇所の点群データ取得には作業性が低く、機材も高価なため、導入の障壁となる。LiDARSLAM式のハンドヘルド型3Dスキャナは、据置式より価格は下がるが機材は高価である。ただし、作業性の観点から掘削箇所においてもデータ取得が可能なおから適用性はあると考える。iPadLiDARを用いた点群取得は作業性が高く、専用端末は必要であるが、前者と比較して安価である。座標および位置の補正などを含めた精度面の検証は継続的に必要であるが適用性はあると考える。写真測量はスマートフォン等で撮影した画像や動画から点群データを生成する技術で、現場での作業性は高い。特別な測量機器や専用端末を用意する必要がなく導入障壁は低く、適用性はあると考える（図-16）。

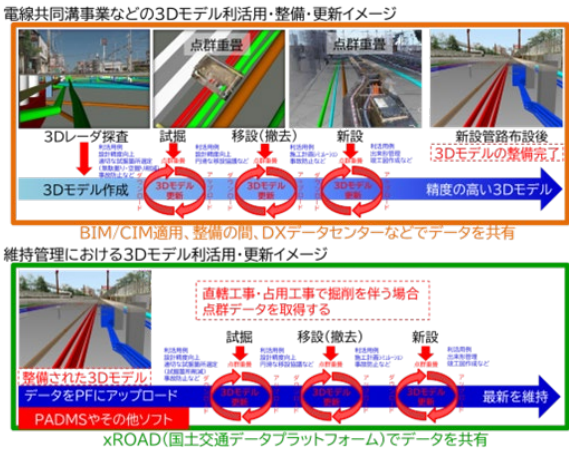


図-15 3Dモデル活用・更新イメージ

	据置式	ポッド型 3Dスキャナ	iPadLiDAR	写真測量
作業性	△	○	◎	◎
データ取得時の 作業性	△	○	◎	◎
点群精度	◎	○	○	◎
入手コスト	△	△	◎	◎
機材の購入費用	△	△	◎	◎
メリット	◎	◎	◎	◎
デメリット	◎	◎	◎	◎
総合評価	△	○	◎	◎
適用性	△	○	◎	◎

図-16 掘削箇所の3Dデータ取得方法検討

c) 民間の利活用方法検討

取得したデータは、将来的には道路データプラットフォーム（xROAD）上に格納する方法が想定されるが、現時点でxROADと紐付けされた適切なデータ格納場所は存在しない。そこで、現状考えられる格納場所を検討した。

① DXデータセンター

電線共同溝事業の施工段階までは、DXデータセンター（図-17）に地上・地下インフラ3Dデータを格納し、そのデータ上で掘削箇所の点群データの重畳や3Dモデルのインポートを行うことが可能である。ただし、閲覧や更新は、設計者、施工者、発注者に限定されるため、例えば、占有企業者が行う移設時に取得した点群データなどは直接登録ができない。発注者に提出を求め、発注者が登録を行うなど臨機の対応が必要となる。

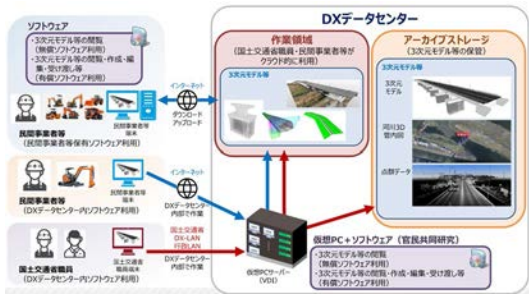


図-17 DXデータセンター

② PADMS

xROADにおいてMMSデータは基盤データとして位置付けられている。そのMMSデータを閲覧するビューワーソフトであるPADMS（図-18）を活用して点群データを登録する方法を検討する。PADMSはMMSで取得した点群データと同時に取得しているカメラ画像を閲覧できるビューワーソフトで、大阪国道事務所でも保有しているソフトである。納品されたMMSデータの閲覧以外にも点群データの重畳が可能なほか、オプションを利用すれば、3Dモデルの登録が可能である。

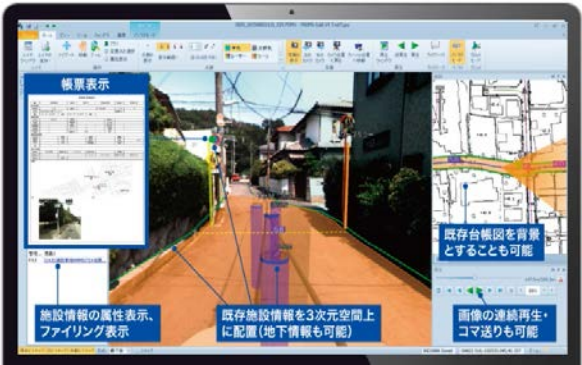


図-18 PADMS活用イメージ

<https://www.pasco.co.jp/cim/road/>

4. まとめ

本事業において実践したフロントローディングの取り組み、BIM/CIM活用内容とともに、今後の3Dモデルの活用について検討した事例を紹介した。紹介した取り組みはいずれも課題は残されており、継続的な試行や検証を行っていく必要がある。今後も、活用効果を適切に確認しながら、生産性向上に資する技術の積極的な活用を推進していく。

謝辞：本稿の執筆にあたり、参考資料の提供及び助言等を頂きました関係者の皆様に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 国土交通省：無電柱化推進計画について、2021
- 国土技術政策総合研究所：無電柱化事業における合意形成の進め方ガイド（案）、2023
- 金原紀雄：電線共同溝事業のスピードアップに向けた考察について、令和5年度近畿地方整備局研究発表会について、2023
- 澤井・高田・小林：電線共同溝の詳細設計段階における既設埋設物位置の精度向上と3D設計ソフトを活用した設計精度向上に向けた取り組みについて、第68回土木計画学研