

令和3年度 都市整備局・住宅政策本部業務体験発表会

概 要 書

所属	
発表テーマ	道路整備における地上・地下3D化の試行について
発表者氏名	
発表の概要	<p>【背景】 働き方改革やコロナ禍によりリモートワークの導入促進やDX推進の社会的要請が求められており、工事分野においてもICT化等による業務の効率化が求められている。</p> <p>【取組内容】 当事務所の工事現場を実験フィールドとして今後の設計業務や工事監督業務の効率化を図る目的で、地上・地下3D化の試行を行った業務体験について発表する。</p>

道路整備における地上・地下 3D 化の試行について

1 はじめに

本報告では、現在の東京都の業務の課題に対して、DX 推進を図り職場での業務効率化を目的として試行した業務体験について報告する。

2 3D 化への背景

2-1 国の動向

国土交通省では、平成 29 年度から建設現場の生産性向上を図る i-Construction の取組において、これまでの 3 次元モデルを活用し社会資本の整備、管理を行う CIM を導入することで受発注者双方の業務効率化・高度化を推進している。

また、土木分野での国際標準化の流れを踏まえ、Society5.0 における新たな社会資本整備を見据えた 3 次元データを基軸とする建設生産・管理システムを実現するための BIM/CIM という概念において再構築するとともに、産学官一体となった推進委員会を設置し議論している。

CIM (Construction Information Modeling/Management) とは、建設業務の効率化を目的とする取組のことである。平成 24 年に国土交通省が提言したもので、既に建築分野で進行していた BIM を手本に開始された。取組の内容は、3 次元モデルを主体とする情報を関係者間で共有し、一連の建設生産システムを高度で効率的なものである。現行の CIM では、ライフサイクル全体を見据えた情報マネジメントと共に 3 次元モデルの活用による情報の可視化に重点が置かれている。現在の取組に至る理由になったのは、平成 28 年 3 月までに行われた約 70 件に及ぶ試行過程で、モデル情報の集約、建設ライフサイクルを見通したアセットマネジメント、工事全体のプロジェクトマネジメントの必要性が重視されるようになったためである。開始された当初、CIM の M 部分は Modeling のみであった。しかし、試行過程のデータに基づき、マネジメントが重要であるとの見方が広がった。その気付きと定義の変化に合わせて、現在は Management も加えられている。

また、令和元年 9 月に建設工事公衆災害防止対策要綱を「土木工事を施工しようとするときは（中略）試掘等を行い、その埋設物の種類、位置（平面・深さ）、規格、構造等を原則として目視により確認しなければならない。ただし、（中略）学会その他で技術的に認められた方法及び基準に基づく探査によって確認できた場合はこの限りではない。」と改正した。これにより、一定基準を満たす探査方法（3D 探査）により地下埋設物を確認した場合

は、試掘等による確認の代替になることが認められた。

2-2 都の動向

令和2年11月に「都政の構造改革レポート ver.0～都政のQOS向上のために～」が示され、当該レポートの中で、構造改革全体を先導する七つのコア・プロジェクトを掲げ、その中でDX推進体制の構築を行うなどICT人材の確保に努め、職員のICT能力の向上を図っていくこととした。

また建設局では、令和2年7月に「東京都建設局 ICT 活用工事等推進連絡会」を設置した。同局では、①建設局発注の工事や調査等において、ウイズコロナ社会における生産性の向上や業務改善（DX）、工事の品質確保の実現に有効であるICTが、着実に活用普及されるよう環境整備を図る。②建設局や国土交通省、建設業の各種団体等との意見交換及び情報共有を通じ、東京の特性を踏まえICTの活用に向けた課題等を整理し、対応する施策を展開する。③技術革新等に合わせ、ICTに関係する職員等の知識取得や対応能力の向上を図ることを設置目的とし、ICT技術を調査・測量、設計、施工、検査、維持管理に活用することを目指している。この取組の一環として、令和2年11月に発注者向け講習会を開催し、講習内容としてICT活用工事基礎、衛星観測、2次元計測、ICT機械施工、実地検査解説、3次元設計データと点群処理を行い職員の知識取得や対応能力の向上を図っている。さらに、ICT施工を促進するための課題を把握するため、発注者・施工業者等に対しアンケートやヒアリング調査を実施し、課題の把握促進に努め促進策を検討し、ICT技術の活用に向け取り組んでいる。

2-3 職場の課題

都市整備局では設計業務や工事監督業務を少数精鋭の職員により行っている。

設計担当者は、関係部署との調整、コンサル等への指導・監督、設計・積算業務などを行っているが、図面は二次元のため現場での完成イメージが湧きにくく、経験不足な技術者などは、十分に現場や状況を把握できないまま業務を進める場合がある。また、地下埋設物の設計においては、既存の埋設物台帳や過去のしゅん功図等を踏まえて設計することが多く、設計内容と現場とのかい離から現場での設計変更は必須となっている。

一方、工事担当者は、関係部署との調整、工事業者への指導・監督、現場での立会い、設計変更業務などを行っているが、前述したように地下の既設構造物の位置が設計図面と異なることが多いため、施工前に試掘を繰り返し、現場着手までに時間と経費を費やすことになる。さらに、埋設位置が異なることによる工法変更や工程の見直し、関係者との再調整などが必要とされ、担当者の事務負担も大きい。

また、試掘による埋設物の位置の把握は点でのデータのため、工事区間全ての埋設管の位置や台帳に記載のない埋設物の存在を十分に把握できず、現場作業中に既存の埋設管を切断するなどの事故を起こす場合もある。

このことから、道路整備及び管理者、工事業者の負担軽減、業務効率化、費用削減、安全性の向上を想定して、地下探査調査企業と覚書を締結し、共同研究による地上・地下 3D 化の試行を行った。

3 道路空間（地上・地下）3D 化の試行目的

前項で述べたとおり、道路空間の 3D 化により、道路の調査、設計、工事、管理などに関わる機関や沿道宅地利用者が正確な情報を共有化することで、業務遂行の安全かつ効率化が推進される。さらに、しゅん功後、水道や下水道などの引込工事などの計画が立てやすくなるなど、沿道住民の埋設物利用の利便性向上を図ることにつながる。

今回の試行を通じて、イメージしにくい施工中と完成時の地上・地下構造物の位置関係を可視化し、3D 化技術利用の問題点を把握し、解決策を考察する。

4 実験フィールド

当事務所が現在整備中である補助第 83 号線を実験フィールドとして用いた（図 1）。

事業名：東京都市計画道路事業補助街路第 83 号線

場所：十条地区 北区中十条一丁目地内から同区中十条三丁目地内

延長：I 期 640m

II 期 410m 計 1,050m

計画幅員：20m～30m（現道：約 7m）

調査区間：I 期 640mのうち **100m区間**

既存埋設：水道管、下水道管、ガス管、NTT



図 1 実験フィールド

5 試行内容

現地計測

【地下インフラマッピング調査】

①測線設定

調査対象区間を、現地の状況（連続性、交通状況等）により、複数のブロックに分割し、ブロックごとにデータを取得する測線の位置を設定する。

・縦断方向データの測線位置

縦断方向データの測線位置は、面的にレーダデータを取得できるように、ハンディ型多配列地中レーダの探査幅 60cm と道路幅員を勘案して設定する。

・横断方向データの測線位置

縦断方向のレーダデータを補足するために取得する。

横断方向の測線位置は、縦断方向に 5m 間隔を基本に設定する。あらかじめ埋設物が多いことが分かっており詳細な解析を要する区間や、幅員が狭いため縦断多配列データが取得できない区間等での間隔は密に設定する。

②データ取得

(ハンディ型多配列地中レーダ・縦断方向)

設定した測線に沿って、ハンディ型多配列地中レーダを用いて、縦断方向に面的なデータを取得し、記録する。

ハンディ型多配列地中レーダの概要を示す（表 1）。




①測線設定状況



②データ取得状況

表 1 ハンディ型多配列地中レーダの概要

項目	仕様
使用機材 及び 探査性能	<ul style="list-style-type: none"> 機材名：スケルカート U450 中心周波数：450MHz 探査幅：0.6m（1度に8測線データを取得） 探査深度：1.5m程度（舗装・土質条件による） 探査速度：5km/h（最大） データ取得間隔：縦断 10mm ピッチ～・横断 80mm ピッチ 

【地上三次元レーザー計測】

①移動計測

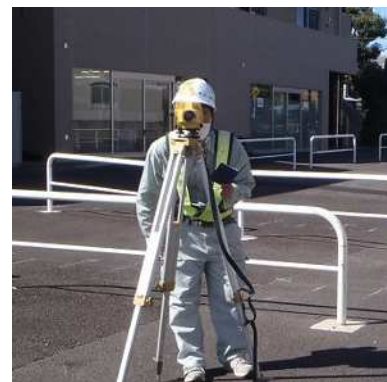
移動取得計画に基づき、道路周辺の対象物にレーザーを照射して、距離と角度情報を取得し、三次元座標（XYZ）を取得する（表2）。

表2 MMS（地上三次元レーザー計測）の概要

項目	仕様
使用機材 及び 探査性能	<ul style="list-style-type: none"> モデル名：MMS-G220ZL 計測速度：40km/h程度 レーザークラス：レーザークラス1  <ul style="list-style-type: none"> GNSSアンテナ 3台 カメラ 前方2台 全方位カメラ 1台 レーザスキャナ 3台 


②調整点測量

計測により取得した各種データと現地との整合を図るため、路面表示や構造物の位置座標を近傍に設置した基準点等から位置及び標高を求める。また、高い標高精度を必要とする場合には、別途水準測量を実施する（表3）。



②調整点測量状況

表3 TS（地上三次元レーザー計測）の概要

項目	仕様
使用機材 及び 探査性能	<ul style="list-style-type: none"> モデル名：TOPCON GT-503 (国土地理院 測量機種登録 2級Aトータルステーション) 測距可能範囲：0.3～6,000m(気象条件良好時) 測距精度：(1+2ppm×D) mm 測距最小表示：0.0001/0.001m (トラッキング測定) 測角精度：3" 測角最小表示：1" / 5" レーザークラス：レーザークラス1 

6 システムの概要

地下インフラマッピング調査で使用する埋設管マッピングシステムは、電磁波による多配列地中レーダを用いて対象範囲を面的にデータ取得・結合し、管種を問わず地下埋設物位置を3次元で捉えられるものである。

システムの概要を示す（図2）。

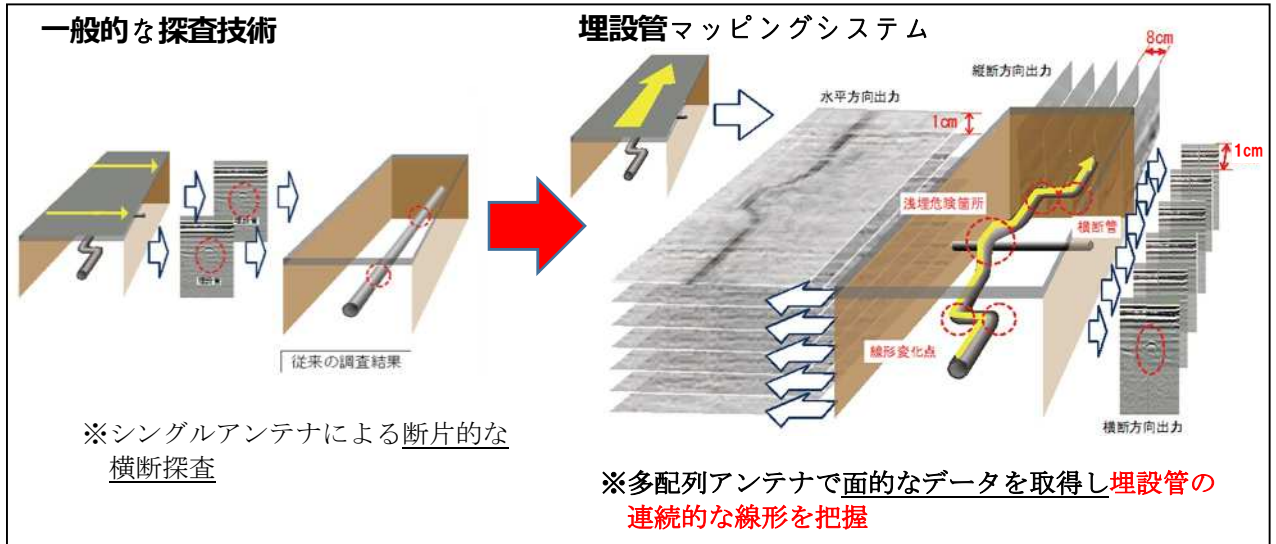


図2 システム概要

解析専用ソフトを用いて、取得した複数のデータを結合し、3次元（平面・縦断・横断）で解析を行うことで、3次元で埋設管の連続的な線形を捉えられるため、埋設管の線形変化点（平面・深度）や上越し・下越し・離隔等を明確にし、埋設状況を把握することが可能である（図3）。

また、地中レーダの解析は、異なる物性の境界から受信した反射波の強度、波形、伝播速度などのデータを解析ソフトに表示させるため、埋設管の材質を問わず検知でき、台帳に未記載の残置管や不明管等の検出も可能である。

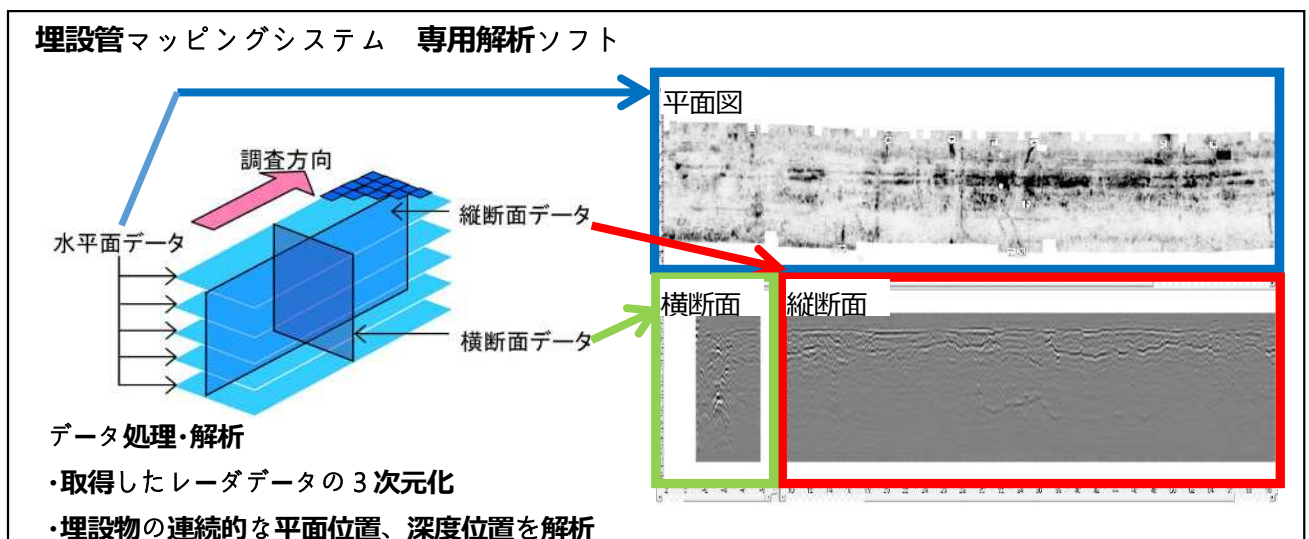


図3 システムの専用解析ソフト

埋設管マッピングシステムは、電磁波地中レーダ技術を用いた非破壊調査で、地中に電磁波を照射し、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ものである。

地中レーダは、舗装条件・路面条件等によりデータ解像度に影響を受け、探査精度が低下する場合がある。

また、小口径（φ50mm以下）の埋設物や急激な落込み部（引込管等）、輻輳箇所下部等などの原因で埋設管の検知が困難な場合がある。

本システムは、対象区間を面的にかつ連続的にデータの取得を行なうため、一部の区間の検知確度が低下しても周辺部のデータから管の連続性等を推定することが可能となる。さらに、現地にて地表物の種類や位置、占用台帳等の既存資料などから調査結果を補完することで、埋設位置を精度よく探査するシステムである。

探査性能をとりまとめた（表4）。

表4 埋設管マッピングシステム探査性能

項目	主なスペック	
使用機器等	ハンディ型多配列地中レーダ、ハンディ型地中レーダ、解析専用ソフト	
探査能力	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
	探査精度（誤差）	水平位置：±10cm程度 埋設深さ：深度1m以浅：±10cm程度 深度1m以深：±10%程度 ※上記精度はテストフィールドでの結果
	※埋設管の管径、形状、占用者等の特定は、試掘結果及び既存資料から行う ※目視にて実際に確認可能な下水において、「下水人孔目視調査」を行い、埋設位置（深さ）を確認し、キャリブレーションすることで、精度向上に努める。 ※探査精度については、113箇所の試掘箇所を確認された208物件の埋設物の精度検証結果による（平均誤差 水平8.9cm, 深度8.2cm）。 （平成20年度近畿地方整備局研究発表会 論文集「電線共同溝事業における埋設物非破壊探査の試行と使用効果の検証について」）	
作業能力	現地調査	500～1,000 m ² /日 程度
	データ処理・解析	100～200 m ² /日 程度

7 地上・地下 3D マップイメージ

7-1 地上・地下 3D マップイメージ

地上三次元レーザーを用いて取得したデータを3次元化したもの（図4）。

地中レーダを用いて取得したデータを解析して地下埋設物等を3次元化したもの（図5）。



図4 地上 3D マップイメージ



図5 地下 3D マップイメージ

7-3 地上・地下 3D の活用イメージ

地下埋設物 3D マップを用いた 3D 設計、3D 設計を用いた現場作業支援、3D 計測による施工管理を目標としている（図6）。



図6 地上・地下 3D の活用イメージ

7-4 地上・地下 3D を活用した安全性・生産性向上のイメージ

地上・地下 3D マップによるデータを用いることで、地上では架線類、地下では既設管類にバリアデータをかけ ICT 施工を行うことで、現場の安全性の向上を図り、生産性の向上を目指している（図7）。



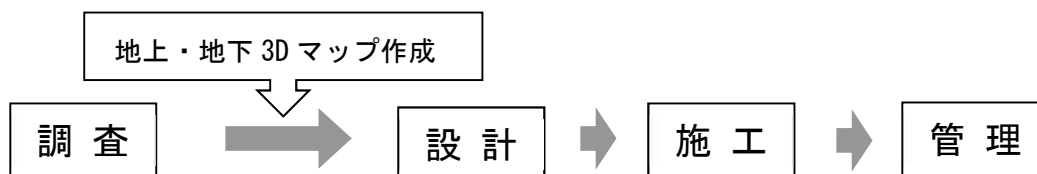
図7 地上・地下 3D を活用した安全性・生産性向上のイメージ

8 道路整備における地上・地下 3D 化技術活用に向けた考察

(1) 地上・地下 3D の技術の活用の想定

道路整備、管理における業務の各段階での 3D 技術の活用を想定

(道路整備から管理への手順)



①調査段階・・・現状の地下構造物と道路等の地上構造物の 3D マップの作成

地上部は、車輛や地上機器を利用して、三次元レーザー計測を行うとともに、地下部は電磁波による地中レーダを用いて埋設管等の位置を把握して地上・地下 3D マップを作成

②設計段階・・・調査段階で作成した 3D マップを活用した設計

新たに布設する埋設物の占用位置の検討、横断管占用位置の検討、施工方法の検討、3D 図面による設計図書の作成 など

③施工段階・・・3D 設計図を活用した現場作業支援及び 3D 計測による施工管理

ウェアブルカメラを活用して、工事の現況画像上に 3D 設計図を AR 表示して新設する埋設管の施工状況を確認。現場と事務所で 3D 設計図を共用して設計変更等の調整、工事しゅん功後に 3D での台帳作成 など

④管理段階・・・地上・地下 3D 台帳による維持管理

3D データによる補修工事の計画、新たな埋設管の占用位置検討、宅内へのインフラ引込工事への活用 など

(2) 課題

①調査費用

約 4,500 円/m² (※現地計測、解析、3D データ作成まで) ※メーカーヒアリング
十条地区電線共同溝設置工事で概算比較 (施工延長約 640m)

・ 試掘の場合 (実績)

140 万円 (25 箇所)

・ 3D マップ作成の場合 (想定される掘削幅で想定)

1,152 万円 (640m×幅 1.8m×4,500 円)

②調査期間

1,000 m²あたり 1 か月程度（※データ処理・解析には地下探査の熟練技術者の判断が必要） ※メーカーヒアリング

十条地区電線共同溝設置工事で概算比較（施工延長約 640m）

・試掘の場合（実績）

25 箇所（9 日間）

・3D マップ作成の場合（想定される掘削幅で想定）

2 日間（640m×幅 1.8m÷1,000 m²/日）

※現場調査にかかる日数は 2 日

③調査精度

水平位置±10 cm、深度 1 m以浅±10 cm、1 m以深±10%の誤差が生じる

④探査範囲

調査深度は、深さ 1.0～1.5 程度（諸条件により異なる）であるとともに、φ 50mm 以下の埋設物については検知出来ない可能性がある

⑤その他の課題

発注者、受注者、管理者共に、設計や工事、管理において 3D マップを活用するための知識やスキルを持った人材の育成や 3D マップを活用するための環境整備

9 まとめ

道路行政への地上・地下 3D 技術の採用には、各段階において事務の効率化や施工の安全性向上など大いに期待される場所である。しかし、8 の②で記載したとおり、費用や精度など、解決すべき大きな課題がある。関係者へのヒアリングの結果、道路の整備、管理においてこの技術が普通に採用されるためには、調査精度や探査範囲など今後、さらなる技術革新が進むとともに、調査価格の低減、人材育成等を図る必要があると思われる。そのためにも、実際に現場で試験的に採用し、実務における課題を抽出し、関係者に働きかけていくことは必用不可欠である。

今回、第二市街地整備事務所で行う、道路整備における地上・地下 3D 化の試行については、非破壊検査による地下埋設物と地上の 3D マップの作成である。試行は現在、10 月に現地計測したデータを処理・解析し 3D 図面及び画像の作成を行っている。この成果を基に、今後、現場で着手予定の電線共同溝の施工時に試行として活用していく事を予定している。当事務所では今後予定している試行を踏まえて、来年度、道路の計画、設計、工事、維持管理等への DX 導入の優位性や問題点等を検証し今後の活用方法を検討していくこととしている。

最後に、今回の成果を行政機関や関係企業等に対し広く働きかけることが、将来的に都民の利益に繋がることと信じ、試行を進めていく。

※ 一部資料提供：地下探査調査企業