

(66) 地下インフラにおける施設管理台帳の在り方と自動登録型クラウドデータ管理の提案

長谷川 充¹・矢吹 信喜²

¹ 正会員 有限会社水都環境 (〒355-0064 埼玉県東松山市毛塚 1073-1)

E-mail: hasegawa@mmt-kankyo.com

² フェロー会員 大阪大学教授 大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻

(〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1)

E-mail: yabuki@sec.eng.osaka-u.ac.jp

埋設構造物のうち、主に管路施設全般について明確化することを目的とし、拡散している情報の集約方法を考察する。サイバー空間のモデルとフィジカル空間の構造物形状に近いほど利活用の幅は広がり生産性も向上するが、現在の埋設物における設計や施工では、既往の 2 次元情報を集積した現況モデルで条件設定し、検討されるため、その差異が大きく施工段階で条件変更等の手戻りが多い。これは、埋設種別で管理手法が異なることも一因と考えられる。このため、今後実構造物と差異のないモデル化を行うために、すでに膨張し、拡散している埋設情報を統合することが求められている。ここでは、広域モデルとなる埋設管路の各管理者で異なる情報を自動的に判別し、ネットワークモデルの設計・施工に有益な情報をクラウド上に統合配置する手法の概念を提案する。

Key Words: *underground, lifeline, water supply, drainage, bim, cim*

1. 施設台帳の現状と研究の目的

国土交通省が推進する BIM/CIM¹⁾²⁾や日本政府が掲げている Society 5.0³⁾では、3 次元情報の利活用が前提とされている。ライフラインの一つである下水道においても、i-Gesuido と銘打ち、今年、新たに CIM ガイドライン (案) 第 8 編に追加された。i-Gesuido では、4 本の柱として① BIM/CIM、②ストックマネジメント、③水処理革命、④雨水管理を掲示しており、地下埋設に該当する管路は、②ストックマネジメントとして、「下水管渠の点検等維持管理技術の開発、効率的な維持管理データの活用」が挙げられている。

ここで、ストックマネジメントとして埋設管の情報を有効に利用しようとするとき、そのネットワーク形状が樹枝状であることから、GIS による管理が真っ先に思いつくと同時に施設管理台帳の主たる手法として採用されてきた経緯がある。

採用理由として、埋設管ネットワークの管理が始まった当時、管路のネットワークモデルを 2 次元で樹枝状に表現した方がイメージがしやすいこと、並びに 2 次元図面での管理が比較的容易であったことが挙げられる。

確かに図郭割された都市計画図や道路台帳は、紙媒体として検索が容易である。一方、特に下水道管路のバイパス管やサービス管などは、平面的に全く同じ占用位置を取ることも珍しくない。昨今の複雑化した地下空間利用状況を鑑みると、平面的に同じ占用位置を取っている場合は、当然のことながら、平面図上でそれぞれの情報を明確に分かりやすく表現することが困難であり、模式的に表示されることがあるが、しばしばこの独特な表示により、他事業者が資料調査を行う際に記載事項を正確に読み取ることができず、誤認識を誘発させることがある。

また、水道管や下水道管路網は、一つの自治体全域を網羅するなど、図郭をまたぐ広域なモデルになることが多いのに対し、2 次元モデルでは平面直角座標系を用いた平面図を利用しており、特に座標系が変わる付近や、標高が高い地域などで平面距離と実長の誤差が大きく出やすいことが分かっている。

これらを起因とする情報の誤認識は、後の工程に多大な影響を与えるばかりでなく、工事中の接触事故に直結するなど、インフラ整備を担う国、あるいは自治体に対し、時間的、経済的に与える影響が大きいことから、か

くなる原因を把握し、関係各所と情報を共有し、不要な事業損失を減らせるようカイゼンすることが BIM/CIM の利活用につながるものと考えます。したがって、本稿では、地下に埋設される主に管路線形施設を対象として、今後の埋設管の管理手法を研究するものである。

2. 現況調査の課題

(1) 座標系の差異

土木学会土木情報学委員会の3D Annotated Model 研究小委員会の研究によれば⁴⁾、埋設管路ネットワークのように広域なモデルになると、楕円球体である地球の曲率を無視できないことになる場合があるとの提案を行っている。これは、サイバー空間とフィジカル空間の差異の要因の1つであるジオイドの影響を考慮するためのラージモデルという概念であり、ラージモデルに基づいてジオイドの鉛直偏差の影響について検討した結果、標高100mでは1km先で約15cm以上の差異が生じることが確認できている。一つの自治体レベルで見るとき、従前の2次元モデルでは、この程度の差異は大勢に影響のあるものと認識する必要もなかったが、もしもデジタルツイン構想の実現や埋設管路の情報を適切に管理しようとしたときには、少なからず解決しておくべき課題と考える。

(2) 管理台帳の独自性

技術者自身が担当する埋設管路の設計、あるいは施工対象となる施設以外の埋設状況調査は、既存の2次元管理台帳等による資料調査が主であり、それらを閲覧して机上で行われることが多い。また閲覧する管理台帳は、各埋設種別でその必要とされる情報が異なるばかりか記載方法が様々ではないため、自身の業務に必要な情報を正確に読み取るために一定の知見を要する必要がある。

後工程に影響する誤認識の多くは、この時点で起こるが、この失敗を見抜くのは相応に時間がかかり、かつ熟練した技能が必要となる。これに反し、業務の効率化が叫ばれる昨今の事情から、ますます事実誤認による埋設物の接触事故が後を絶たない状況になっている。

(3) 施工時の損失負担

参考として、平成28年、施工会社107社に対して行われたアンケート⁵⁾（表-1）では、大小合わせて年間134件の接触事故が起きている現実が見られ、全国の建設業許可業者数467,635社⁶⁾を考慮すると、少なくとも134件を超える事故件数があると考えられる。

これらを少しでも未然に防ぐべく、従前より、新規工事を行うたびに不明瞭な既存の埋設管路位置を知るために、その工事のための試掘や非破壊探査が行なわれてい

表-1 地下埋設・架空線事故の発生状況(H28年度)

事故件数	134 件
回答社数	107 社
1社当たり事故件数/年度	1.25 件/社・年

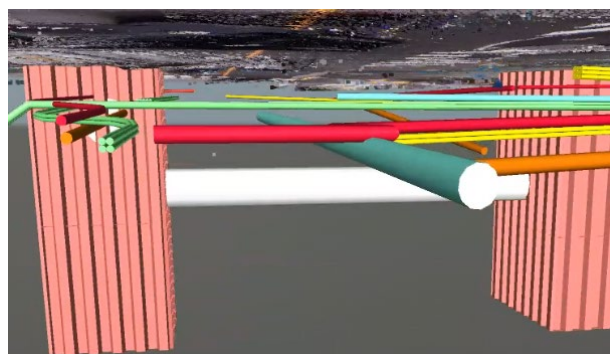


図-1 管理台帳復元モデルでの接触状況

るが、この個別調査にかかる費用の集計額はおよそ少ないことが推察できる。

(4) 平面位置基準の差異

前述の個別調査情報をデジタルデータ化することが出来れば、有益な利用ができることは想像に難くない。しかしながら、データ化しただけでは、その所在を他者が知ることはできず、有効利用が可能とはならない。

事実、二つ以上の埋設管理者がそれぞれの工事に必要な情報として作成したデータは、仮にその管理の仕組みにGIS等を利用したとしても、3次元モデル化した際に既設の管路施設が大抵どこかで干渉（接触）する結果（図-1）となる。これは、管理者が異なることによる基準点の違いや、施工時期の違いによる現況地物の改変が主な要因と考えられる。つまり、絶対的な基準を利用せず、現地の相対的な基準を用い続けてきたことによるところが大きいと推察される。この状況下ではどれだけデータを作成しても、将来のデジタルツインは愚か、アセットマネジメントや維持管理、リニューアル設計、施工段階における支障確認で有効に利用することはできない。

このように既存の埋設管路の情報は、その敷設時の位置情報の基準が絶対的なものでないことから、現在のところ統合後の位置が曖昧のままである。

(5) 深度位置基準の差異

深度方向では、埋設管理者毎に管理する構造物の基準位置が異なることも大きな要因であると考えられる。例えば、土被りで管理している埋設物もあれば、管中心で管理している埋設物、管底で管理している埋設物（図-2）などである。

特に、土被りで管理している埋設物は、GLからのオ

フセット値を管理値にしている圧力管であることが多く、この場合、道路表層のオーバーレイや、区画整理、道路拡幅などに伴う計画縦断線形の変更などがあった場合に管理値が大きく変化することが起こり得る。少なくとも改変後の情報を管理台帳に戻すルーティンが全うされれば被害は小さくできるかも知れないが、現実にはその改変情報が反映されることは比較的少ないように見受けられる。

3. 3D モデルによる検証

(1) 基準値の統一

前述の課題を避けるために、埋設管路については、その曲点や断面変更位置について、平面 XY 座標については、公共測量座標系（平面直角座標系）、標高 Z 座標については世界の海面の平均位置に最も近いジオイド面（図-3）からの Z 値を採用するべきと考える。また、管路断面の基点位置については、管底高（標高）を基準に X,Y,Z 座標で取得することを提案する。

実施工時における支障接触事故の一因は、管理台帳に記載されている一般部（標準断面部）における土被り管理値をすべての管路にあてはめて考え、地中で交差する管路同士の上越や下越しされている可能性を見過ごすことにより発生していると考えられるため、これを未然に防ぐためには、平面的な曲部のみならず、縦断的な曲部についてもその位置を XYZ 座標による表示に切り替えることが肝要と考える。

(2) 既存データからの 3D モデル再現

現状の台帳（GIS）データは、設計結果、あるいは施工の竣工記録を人の手により属性化し、CSV 等を利用してデータ化されたものである。そのため、単純な入力ミスや、読取の誤りによる不完全なデータが含まれている。また、指定されていない目的外のデータには関心が及ばず、入力時に情報が削除されることが多くなるが、それらのデータを実地で確認、検証する仕組みは存在しない。

これらは、現状の課題と認識しつつ、まずは bSJ（buildingSMART Japan）の下水道 WG で、GIS 登録されている管路情報を瞬時に 3 次元化できることを実証した。また、GIS 関連ソフトウェアでは、全ての GIS 情報をリアルに 3 次元表現できることを示している。これらは GIS の情報が正確であるという仮定条件のもとに実現しているものであるが、既存のデータを 3D モデル化することは容易であった。

(3) 情報の近似化概念

準拠すべきデータは一つではない、と仮定したときに、

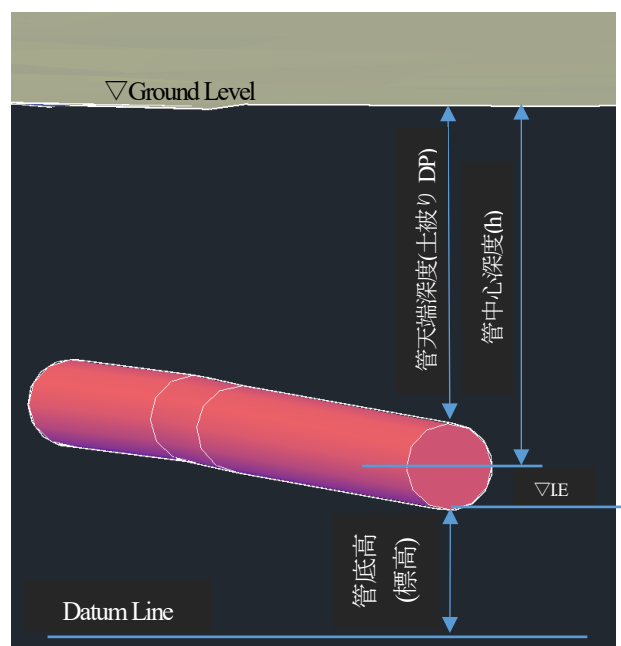


図-2 深度方向管理位置の例

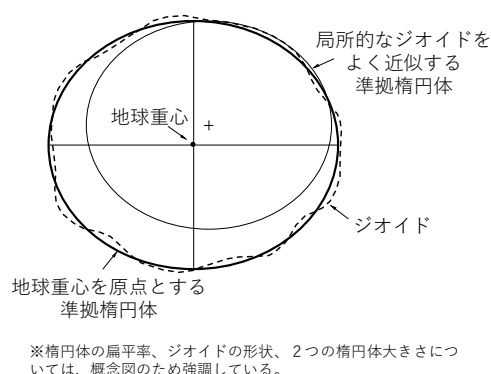


図-3 楕円体とジオイド

どのようなデータ作成方法、あるいは調査、管理方法があるか考察する。

例えば、携帯端末等で自身の位置を取得する場合を想像すると、精度が向上するまでは端末内の自身の位置が微妙に動き、数学的に近い位置を示すまで多少時間がかかる場合がある。これは、複数の衛星や基地局情報を取得し、計算を繰り返すためである。これと同じように、正解に近い「近似値」を算出するためには、複合的、総合的に判断、計算できる複数の情報が必要ではないかと思料する。

現在、主に考えられる地下埋設管路の実地調査方法は、試掘、非破壊探査、目視・写真、点群計測、ドローン、テレカメ車、ロボットである（表-2）。

これら複数の異なるフォーマットや仕様、手段で取得された、あるいは蓄積されたデータが当面は半自動、将来は AI などを用いて機械言語化⁷⁾できたとしたら、また生成されたデータを総管理できるクラウドサーバがあ

表-2 主要な埋設物の実地調査法

調査法	概要	内容
試掘	設計・施工対象の不明瞭な箇所を横断的に掘削し、埋設位置深度を確認する。	現況の道路を実際に掘削するため、規制が必要となるが、地盤面からの深度、並びに掘削端部からの位置が確実に把握できる調査。
非破壊探査	設計・施工対象の不明瞭な箇所を横断的にレーダー等で探査し、埋設位置深度を確認する。	掘削が伴わないため、調査時間、規制時間が短く騒音もない。精度としては、概ね管1本分程度の誤差は見込む必要がある。
目視・写真	有人調査が可能な箇所で目視状況を写真（360°カメラ含む）に記録する。	確実に見える部分の調査であるため、調査範囲が大断面に限られる。調査後に写真と現地筆記が組み合わさることがある。
点群計測	開水路（非圧力管路）内で計測器の設置、挿入が可能な範囲で360°全周のレーザー点群を取得し、合成する。	ヒトが入れない箇所であっても機械のみ設置出来れば形状を把握することが可能。全周の写真も撮影される。地下は光源が必要。
ドローン	比較的大断面の開水路（非圧力管路）内を無人UAVを無線で遠隔操作し、必要箇所の写真撮影、あるいはレーザー点群を取得する。	ヒトが入れない箇所では、カメラ映像のみでの操縦となるが、機体に防護ネットが付いたタイプは自由度が高い。地下は光源が必要。
TVカメラ車・ロボット	開水路（非圧力管路）内をTVカメラ付きの有線遠隔操作自走車で管内全周を撮影する。	人が入れない小口径管路で主に利用される。地盤変状による継手部の屈曲や脱落に対応できない。

ったらどうだろうか。特別デジタル化する気もなく、ただ現状を視認するためだけに行ったマンホールの開口調査結果の写真、あるいは、点群でZ軸が相反する位置情報を結合した地下空間と地上空間モデルのデータ（図-4）などが人の手を介さずにデータ化され、クラウドに蓄積される仕組みである。

例えるなら Google photo が、アップロードされた写真を自動でアルバム化したり、パノラマ化するように、調査した人の意識のないところで、あらゆる仕様のデータが解析され、結合して行く情報の生成技術があったら、近似データの精度が徐々にでも高まるはずである。

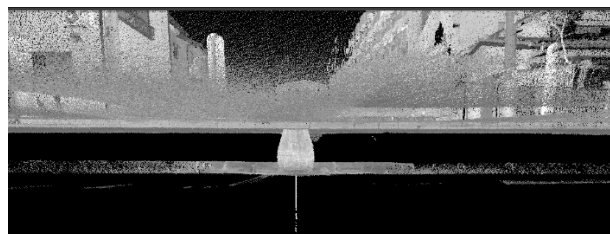


図-4 地下空間と地上空間の半自動結合

謝辞：本稿は、これまでの委員会活動、並びに研究成果により得られた知見を含むものである。研究にあたり、指導、助言、協力いただいた関係各位に御礼申し上げる。

4. まとめと今後の課題

何かをリニューアル、あるいは改善、新設しようとするたびに、恐らく過去に近隣で実施したであろう類似調査が繰り返行われ、当初条件化されていない、想定を超える新たな課題が浮き彫りになることがしばしば発生する。その都度、設計条件の変更、契約の変更、業務計画の再考、工期の延期などが必要となる。これは重大な手戻りであり、著しく生産性を落とす原因となっている。

このような現状を受けて、膨張する情報⁹⁾、拡散している埋設情報の特性や特徴を解析し、人の判断過程をプログラム化することで半自動、あるいは自動で統合することが理論上可能であると判断したため、これを概念として提案する。今後は、例示した写真や点群以外のあらゆる調査データも含めて、手動で行っている作業をルーティン化し、自動的に合成することが可能か、また、適切なデータ仕様は何か実証実験を行いたい。

参考文献

- 1) 国土交通省 CIM 導入推進委員会：CIM 導入ガイドライン（案）第1編 共通編，2019
- 2) 国土交通省 CIM 導入推進委員会：CIM 導入ガイドライン（案）第8編 下水道編，2019
- 3) Society 5.0. http://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html. Accessed 2018.5.2.
- 4) 富士直子，井上修，酒井拓也，長谷川充，城古雅典，有賀貴志，矢吹信喜：3次元建設生産プロセスにおけるラージモデル座標系の提案，F3S-0275
- 5) 一般社団法人日本建設業連合会：平成28年中における建設工事に伴う地下埋設物・架空線事故の発生状況アンケート，2017.4
- 6) 国土交通省土地・建設産業局建設業課：建設業許可業者数調査の結果について，2016.5.25
- 7) 矢吹信喜，志谷倫章：プロダクトモデルを用いた包括的設計支援システムの開発，土木情報利用技術論文集，Vol.12:273-280，2003
- 8) 蒔苗耕司：土木における情報の意義と役割，土木学会論文集 F，Vol.64 No.2，148-162，2008.5