

「TSを用いた出来形管理」を活用した埋設物管理手法の検討

国土交通省国土技術政策総合研究所情報基盤研究室 主任研究官 かじた ひろき
梶田 洋規

1. はじめに

建設事業における「品質確保，生産性の向上，熟練工不足対策，建設事故防止」等に資する取り組みとして，国土交通省では，ICT（情報通信技術）を利用した情報化施工の導入・普及を図っている。情報化施工技術の一つである「トータルステーション（以下TSという）による出来形管理技術（土工）」については，ICTの特徴を踏まえた「TSを用いた出来形管理要領」等の策定や導入工事への工事点数の加点などの新技術が導入されやすい環境も整えたことから，年々，直轄工事

での導入数が増え，平成25年4月以降に契約手続きを開始する10,000m³以上の土工を含む直轄工事において使用原則化¹⁾が行えるまでに多くの現場で利用され，また，使いこなすことで導入効果が得られることも確認できた。

しかしながら，それらの効果は土工の施工段階（監督・検査を含む）という限られた場面で確認されただけであり，情報化施工の導入効果をより多く得るためには適用場面の拡大が必要と考えられる。

そのため，国土技術政策総合研究所

情報基盤研究室（以下「当研究室」という）では，「TSを用いた出来形管理」について，「工種の拡大，技術の拡大（新技術の導入），データ利用の拡大（データの流通と後工程での利活用）」という3方向の適用拡大に向けた研究に取り組んでいる（図 1）。

本稿では，「地下埋設物」を対象に，「TSを用いた出来形管理」を行うことで取得できる3次元情報と付加情報（属性情報）の電子データを，後工程（隣接工事，維持・管理，調査・計画，修繕工事など）で有効活用する手法構築に向けた検討状況を紹介するものである。

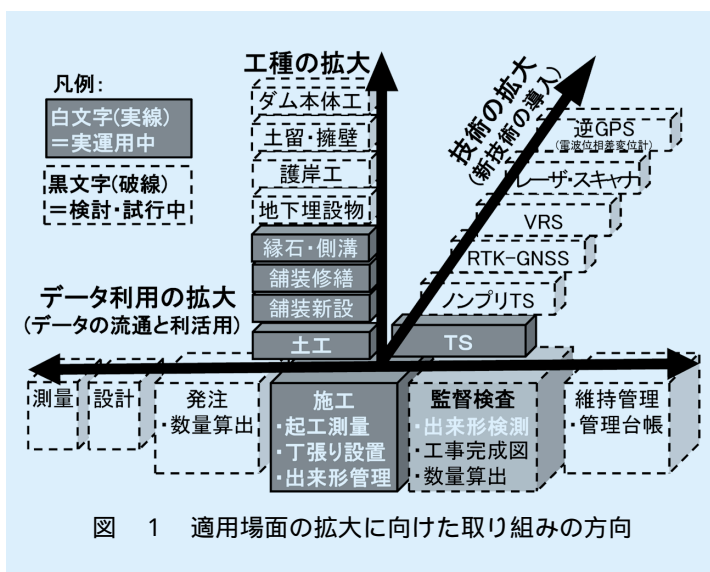


図 1 適用場面の拡大に向けた取り組みの方向

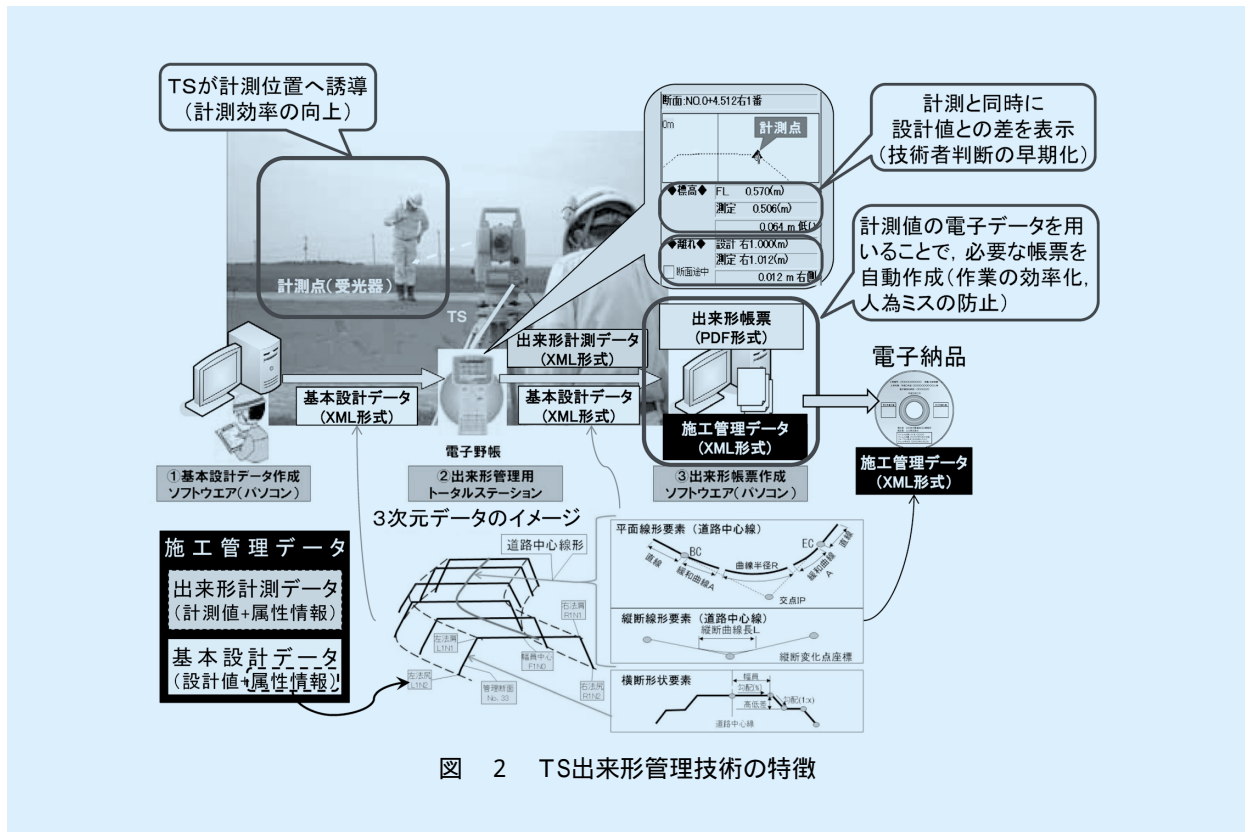


図 2 TS出来形管理技術の特徴

2. TSを用いた出来形管理の特徴

TSを用いた出来形管理は、発注図書（線形計算書や断面図）より作成した工事目的物の3次元情報をTSに取り込むことで、出来形管理作業において、「①丁張り・目串を設置していなくてもプリズムを持った作業員を計測位置へ誘導して計測可能、②計測と同時に設計値との差が表示され問題があれば直ぐに対処できて手戻り・手待ちがない、③転記のミスや手間なくほぼ自動で迅速に帳票を作成可能」等の効果を得ることができる（図 2）。

この技術で用いる3次元情報は、当研究室が定めた「TSによる出来形管理に用いる施工管理データ交換標準（案）」²⁾（以下「施工管理データ交換標準」という）に準拠したXML形式の電子データ（施工管理データ）となっている。施工管理データは、3次元座標値（ x, y, h ）を平面直角座標で表すため、時間が経過し現場状況が変更しても同じ3次元位置を特定でき、属性情報として

計測日時等も併せて記録するため、いつ計測（施工）したかを知ることができ、同じ位置を定期的に計測しデータを重ね合わせれば経年変化の把握も可能である。

また、「TSを用いた出来形管理要領」³⁾において、電子成果品として発注者へ納品することが定められており、工事で必ず必要な出来形管理を「TSを用いた出来形管理」で行えば、標準化された3次元座標の電子データが手間や費用を要せず自動的に回収できる環境が出来上がっている。

以上のとおり、効果が小さくとも施工段階で「TSを用いた出来形管理」を行うことで、維持管理のための再計測やデータベース（DB）入力作業を行うことなく、労せずデータを収集・活用できる特徴を持っている。

3. 埋設箇所の施工時の課題

国土交通省で管理する道路などは地下に埋設物があり、しかも、国土交通省の物件だけでなく占有者（水道、ガス、電力、通信など）の物件もあ

る。そのため、埋設物が存在し得る区間の工事は、以下の課題がある。

(1) 台帳の調査コスト

道路や河川堤防では、電線や光ケーブル等の重要な社会インフラが埋設されているが、簡単に目視確認できないことから、掘削や打込みをしていて切断してしまう等の工事事故が全国で毎年発生している。このような事故で発生する損害は、損傷したインフラに留まらず、電気や水の供給が一時的に停止するといった社会的不利益も被ることになる。そのため、掘削工事に際しては、施工者は埋設物に損傷を与えないよう、施工範囲内の既設の埋設物の位置を事前調査する必要がある。一部地域を除き一般的には、各占有事業者が整備している紙の「占用台帳」を調査するが、掘削箇所に対して、全占有者分の台帳を個々に確認する必要がある。また、占用台帳は、平面図に占用物件を手書きで記載している場合が多く、物件の有無とおおよその位置は把握できるが、埋設深さや詳細な平面位置を確認することはできない。そのため、施工者は占有事業者より、施工当時の図面等の詳細位置が分かりそうな資料を個別に収集している。過去に、電線共同溝工事（延長310m）の施工者にヒアリング調査した結果、何度も移動時間をかけて資料収集に回り、また、待ち時間を要しており、施工前に膨大な時間をかけ埋設物件の調査を行っている事例があることが分かった（表

1)。なお、ここまで要しないという調査結果もあり、地域により差があると推察される。

(2) 図面の位置精度不足

各地方整備局で整理した事故事例⁴⁾を調査した結果、「埋設物調査を怠った。作業員まで埋設物の情報を周知できていなかった」等の作業ミスとともに、「埋設箇所が図面と違っていた。試掘して確認した点と点の間の埋設位置が推定したコースと違っていた。」といった埋設物の位置が高い精度で記録されていれば事故が発生せずに済んだ事例もある。また、ヒアリング調査で、「既存の埋設物が邪魔で迂回して埋設しているが図面に反映されていない。図面では埋設物の位置を側溝や縁石等からのオフセットで示している（図 3）が、交差点改良や拡幅工事が行われると位置が不明になってしまう」といった問題も挙げられ、それらも位置精度に起因する問題である。そのため、施工者は掘削前に、多くの時間と手間をかけた念入りに試掘し埋設物の位置確認をしている。過去に、電線共同溝工事の施工者にヒアリング調査した結果、試掘に多くの人数と日数を要していることが分かった（表 2）。これは、試掘自体も埋設物を損傷しないように慎重に行う必要があり、かつ、正確な情報がないことに起因する。その上、試掘の実施は、施工者への負担となるだけでなく、交通規制による渋滞発生といった社会的影響を及ぼす場合も多くある。

表 1 占用物件調査にかかる時間の一例

| 占用物件 | 移動時間 | 移動回数 | 依頼から収集までに要した期間 |
|-------|------|--------------------|----------------|
| 上水道 | 30分 | 5回 (依頼 受取 現地説明) | 1カ月 |
| 光ケーブル | 30分 | 4回 (依頼, 受取) | 4日 |
| 下水道 | 30分 | 2回 (依頼, 受取) | 4日 |
| 下水道 | 25分 | 2回 (依頼, 受取) | 5日 |
| 電話線 | 30分 | 2回 (依頼, 受取) | 1週間 |
| 電線 | 20分 | 2回 (依頼, 受取) | 1日 |
| ガス | 30分 | 4回 (依頼, 受取) | 1週間 |
| 電線 | 50分 | 2回 (依頼, 受取) | 1日 |
| 電線 | 30分 | 2回 (依頼, 受取) | 1日 |
| 電線 | 30分 | 2回 (依頼, 受取) | 1日 |
| 電線 | 30分 | 2回 (依頼・受取) | 2週間 |

(注) ヒアリング調査のため、おおよその数値である。

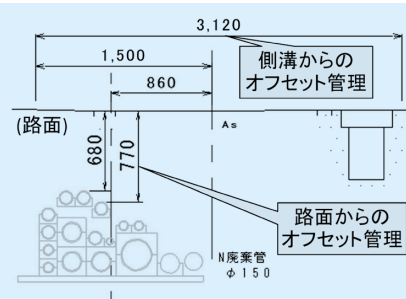


図 3 埋設物位置の図示例

表 2 試掘に要した人工数

| 工事 | 施工延長 | 試掘箇所数 | 所要日数 | 作業員数 |
|----|------|-------|------|------|
| A | 310m | 31カ所 | 11日 | 4人 |
| B | 292m | 15カ所 | 8日 | 4人 |

4. TSを用いた埋設物管理手法の提案

前記で二つに分類した課題は、「TSを用いた出来形管理」を利用することで、解決できると考えられる。

まず、「台帳の調査コスト」については、全ての埋設物の詳細な3次元位置情報がDB化され情報提供できれば、施工者はそれを見ることで低減できる。なお、2次元ではあるがDBで情報提供する仕組みは、埋設物が非常に多い一部の大都市圏では占有者が協力し運用されている。しかし、施工者の書いた図面をベースにデータを拾って入力していることから、入力コストが必要となっている。TSの場合、DBに施工管理データを読み込める機能を加えれば、入力コストは不要である。

次に、「図面の位置精度不足」については、施工者の書いた図面を基にした管理の場合、施工者の計測手法と完成図への反映状況次第で埋設位置の正確さは千差万別であり、結果、全ての図面の情報の正確さは低く見ることになる。TSの場合、現場に出来上がった実構造物を水平方向2cm以内・鉛直方向1cm以内の計測精度の位置情報

を取得できる。なお、利用するTSには、計測精度を確保するための制限機能など必要な機能・仕様を当研究室が定めた「出来形管理用トータルステーション機能要求仕様書⁵⁾⁶⁾を満たすソフトウェアが搭載されたものを利用することとなる。

「TSを用いた出来形管理」を活用し埋設物を管理する全体イメージは、「①施工でのデータ収集～②維持管理でのデータ保管～③調査設計でのデータ利用～④施工でのデータ利用」が1括りの循環する形となる(図4)。

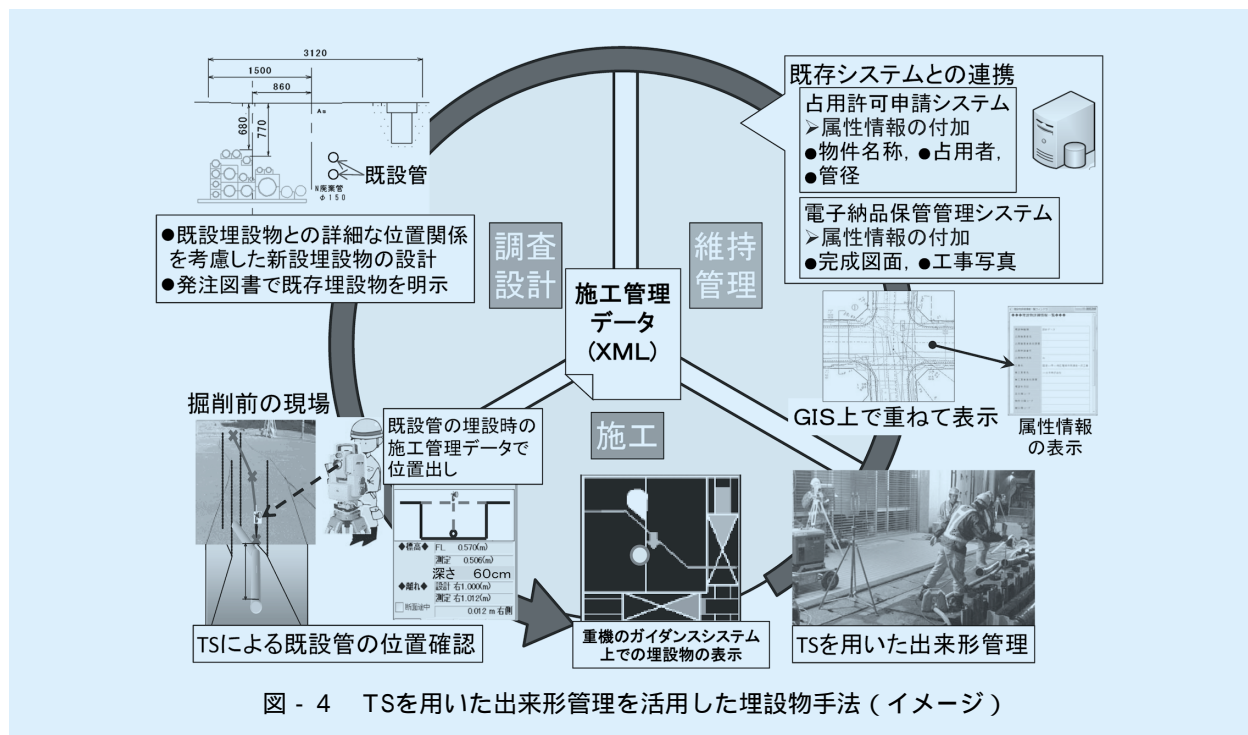
(1) 施工での出来形計測によるデータ収集

前記のとおり、埋設物の出来形計測に「TSを用いた出来形管理」を利用することで、精度の高い位置情報が入った施工管理データが電子納品される。

(2) 維持管理でのデータ保管・利用

工事で納品されたCD(電子成果品)は電子納品のルールに沿っていることから、PCにCDを挿入することで、自動的に「施工管理データ、完成図面(CADデータ)、写真」をハードディスクに保存する。

なお、占用申請書には、CDから取得できない



「占有者，物件名称，管径，占有期間」等の維持管理段階に有益な属性情報が含まれることから，占有許可申請システムとの連携機能を持つことも有益と考えられる。3次元座標値とリンクするさまざまな属性情報があれば，例えば，属性情報（占有者，管径，占有期間）と3次元情報（延長）で占有料金を自動計算するといった高度利用が行えるようになる。

(3) 調査設計での情報の活用

新たな埋設工事や，近傍での掘削工事において，詳細な位置関係を基に計画でき，また，発注図書における既存埋設物の条件明示が正しく行える。

(4) 施工時の事前調査での情報の活用

事務所において施工箇所の埋設物の有無をシステムで調査し，もし，既設埋設物があった場合には，現場において既設埋設物の施工管理データを読み込んだTSの「誘導機能」でプリズムを正確な埋設位置に誘導し水平方向の位置出しを行うとともに，正確な埋設深さを画面より読み取る。このことで，台帳調査や試掘作業の効率化を図ることができる。

(5) 施工時の掘削時での情報の活用

掘削にマシンガイダンス（MG）システムを搭載した油圧ショベルを利用し，MGシステムに施工管理データを読み込むことで，画面上で埋設物の位置を表示し，重機による埋設物の切断事故を防止する。

上記のサービスメニューには詳細調査・検討を未だ行っていないものも含まれ，また，実現に向けた難易度もさまざまである。最初は「TSを用いた出来形管理」を活用して施工管理データと有益な属性情報をコストをかけずに収集する仕組みを構築することが現実的な第一歩である。なお，DBは，ある程度のデータが保管されていないと利用者が使おうとは思えない一方で，システム構

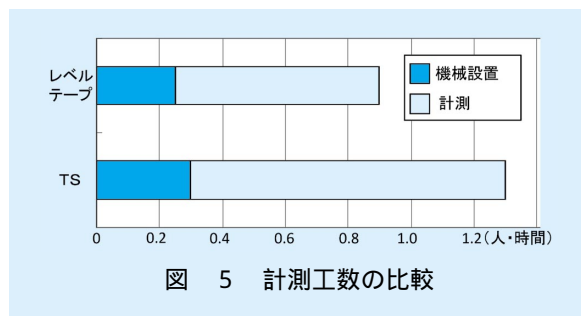
築費用やデータ収集・保存のコストは当初から必要であるため気軽に導入はできないが，「TSを用いた出来形管理」を利用することで，電子納品されたCDから施工管理データを読み取ってパソコンのハードディスクドライブに保管する簡易なシステムで気軽にデータ収集・保管が行え，ある程度のデータが貯まったところで本格的なシステムを構築し利用することができるというメリットがある。

5. 現場試行および試行用システム

TSを用いた出来形管理を現場試行し適応性検証を行うとともに，試行用システム開発とそれを用いたヒアリング調査を行った。

(1) TS計測の現場適応性

電線共同溝の現場において，従来手法による出来形計測に加え，TSを用いた出来形管理を試行的に行い比較検証した結果，現場での計測作業効率は従来手法より劣っていた（図 5）。しかし，1日単位の日々の作業量として見ると，埋設物工事の施工延長は10～20m程度と非常に短く，計測自体が短時間のため，大きな負担増にはならないと考えられる。



(2) ヒアリング調査

施工者および発注者に，「TSを用いた出来形管理」を活用し埋設物を管理するコンセプト資料や試行用システムを提示し，施工時に取得しシステムに登録して後工程で有効利用できる流通すべき情報の調査を行った。

その結果、先に記載した「占用許可に関する情報」とともに、「試掘結果、地下水位（季節変動があるため時期も必要）、路床改良の有無」等が後々の掘削に際して有益な情報であることが分かった。

(3) TSを用いた埋設物管理システム

現場試行・調査に向け、前記コンセプトの一部機能を備えた「TSを用いた埋設物管理システム（プロトタイプ）」を開発した（図 6）。このシステムは、電子納品されたCDより施工管理データを読み込みGIS上に埋設物の位置を表示することが可能である。さらに、GIS上で埋設物データを選択すれば、「工事完成図書、属性情報、3次元ビュー」等を表示可能である。なお、現時点で最新の「施工管理データ交換標準Ver 4.1」は、埋設物管理を考慮して策定しておらず、必要と思われる属性情報全ては保持できないため、暫定措置として、追加情報を誰でも入力可能なようにExcelの入力シートを用い簡単に登録できるようにした。なお、将来、本手法が確立された際には、必要な属性情報が保持できる形に施工管理データ交換標準を改訂する検討を行うこととなる。

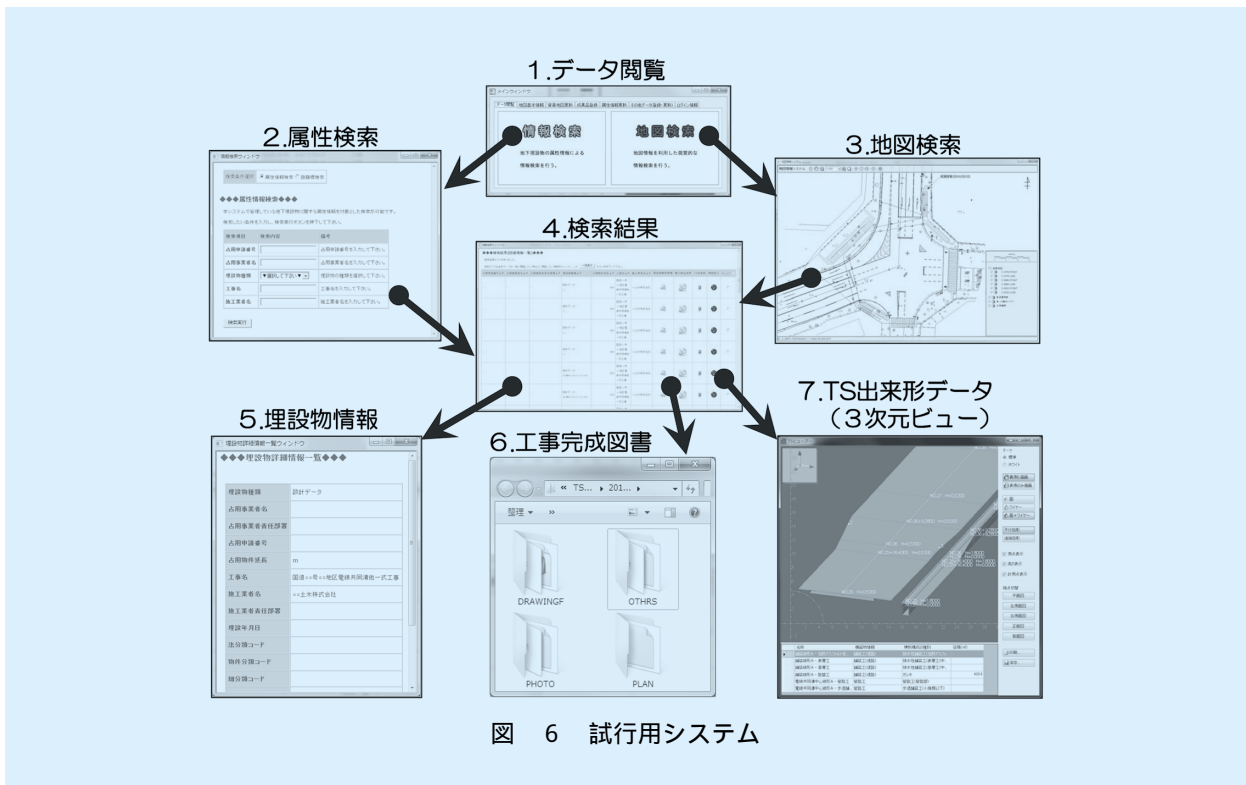
現時点、未だ、数少ない現場試行やヒアリング調査を行ったに過ぎず、今後も、このシステムを用いて試行を行い、他の有益な属性情報や用途を抽出し本手法に必要なシステムの機能を調査するとともに、運用上の課題を抽出・検討し、必要な基準の整備や仕組み作りを関係者の協力を得ながら行っていく予定である。

6. 解決すべき課題

施工時に取得し施工管理データとともに納品が望まれる情報や、搭載が望まれるシステムの機能などは、現場での試行調査を通じニーズや課題を抽出し検討していくこととなるが、数多くの占有者とその受注者が関係することや、当該工事の出来形管理だけでなく次工事での損傷事故防止を目的とするため、他の工種とは異なるさまざまな課題が想像できる。

(1) 計測箇所（基本設計データ）

出来形管理基準では、埋設物は「深さ、延長」を接続部間毎に1カ所の割合で計測することが定



| 工種 | 測定項目 | 規格値 | 測定基準 | 測定箇所 |
|---------|------|---------|-----------|------|
| ケーブル配管工 | 埋設深t | 0 ~ +50 | 接続部間毎に1箇所 | |
| | 延長L | -200 | 接続部間で全数 | |

図 7 ケーブル配管工の出来形管理基準

| | データの作り込み | 断面 | 3次元ビュー |
|----|---|----|--------|
| A案 | <ul style="list-style-type: none"> 管路工の埋設幅用に上面2点，深さ用に底面1点のみ定義 | | |
| B案 | <ul style="list-style-type: none"> 管路工の埋設幅用と深さ用に上面・底面共に2点を定義 | | |
| C案 | <ul style="list-style-type: none"> 管路工の埋設幅と深さを定義して形状作成 次工事でオフセット管理する可能性を考慮し，縁石や舗装端部等の他の構造物も定義 | | |

図 8 管路工のデータ作成の手間と見栄え

められている（図 7）。しかし，埋設物の損傷事故防止には正確な位置情報が必要であり，接続部間の管路が曲線の場合，出来形管理のための計測は1カ所で良いが，損傷事故防止のためには複数カ所の計測が必要となる。どの程度の計測をすれば良いか等は，基本設計データを作成するソフトウェアで自動設定する機能を付けることが考えられる。なお，枝管の細かな部分は写真を併用することも考えられる。

また，施工管理データは，ビューアソフトで3次元表示することが可能である。埋設物の場合，不可視部分の見える化という効果があるが，リアル感を出すためには，基本設計データを，出来形管理基準の計測割合より密に作り込む必要があり，この点からも，計測箇所の設定頻度をどのようにするかが課題になる（図 8）。

(2) 小規模工事の3次元情報の収集方法

埋設物の損傷事故防止という目的を考えると，全ての埋設物工事においてTSを用いた出来形管理を行い，高い位置精度の施工管理データが収集できることが理想である。しかし，小規模な占用

工事の場合，施工者の技術力や機器調達コストの面より困難であると想像できる。測量業者への外注費を含めて発注することも考えられるが，TSを用いた出来形管理がさまざまな工種に導入され広く普及していない現時点では，占有者の負担増を無視できるまでコストダウンされておらず，現実的ではない。そのため，従来手法で計測した結果から，簡易に3次元座標に変換し，計測精度が悪い計測手段を使ったという属性情報を持った施工管理データとして納品する仕組みを構築する必要が出て来ると想像できる。全データの位置精度が高いことが理想だが，位置精度の高低が見分けできる状態であれば，位置精度の高いデータは有効活用できる。

(3) 既設埋設物への対応

既設の埋設物は，現状と同様に紙の台帳や工事図面を見るしかない。TSを用いた出来形管理が全く行われていない箇所は，システムで閲覧すればデータがないことが分かるので，現状の方法で対応するだけだが，TSを用いた出来形管理が行われた区間内の掘削していない箇所の既設埋設物

は見落とす危険性がある。その対応として、紙の台帳から位置精度の悪いデータとして登録作業を行う方法と、掘削時にTSで Cutter を入れる位置出しも行い埋設物の出来形計測値とともに掘削範囲も施工管理データとして納品する方法が考えられる。本手法のコンセプトに照らし合わせると、費用や手間をかけデータ化する前者より、後者の方が良いと考えられるが、前記の「小規模工事の3次元情報の収集方法」で検討する方法での対応も考えられる。

(4) 電子地図

試行用に開発した「TSを用いた埋設物管理システム(プロトタイプ)」は、必要な場所を特定するために距離標で「属性検索」する方法とともに、一般の分かりやすさを考慮して「地図検索」する方法を備えている(図 6)。地図検索を行うためには、そのための電子地図が必要である。現在、国土地理院が公開しているものは1/2,500レベルであるが、管理や工事で道路の車線を識別して位置を特定するには難があり、1/500レベルが望まれる。工事で納品される平面図のCADデータを利用する方法だと、平面直角座標系に合わせる作業が発生する。

(5) 情報の瑕疵責任

本手法では、次の施工者にとって高い利用価値がある埋設物情報とするためには、前工事の施工者が変化点を確実に出来形計測する必要がある。また、掘削すると台帳に載っていない不明の埋設物が出てくることがあり、施工者が完成図に記載するとは限らない。利用されておらず撤去忘れかもしれない不明管などを、わざわざ、TSで計測する必要があるとは思えないが、工事写真を撮り、システム上で次の施工者に画像で注意を促す必要はあると考えられる。一般的に、工事事故は当該施工者の責任であるが、本手法の場合、前工事の施工者の手抜きによってデータに不備があった際には、前工事の施工者も責任を負う仕組みが必要かもしれない。

7. おわりに

本検討は、未だ、緒に就いたばかりであり、検討課題や調整事項が数多くあるが、土工で一般化した「TSを用いた出来形管理」を導入すれば、少なくとも従来よりは有益なデータを、ほとんど手間や費用をかけずにDBへ貯めて利用することができる。データを貯める程度であれば、普通のPC上で利用できる試行用の「TSを用いた埋設物管理システム(プロトタイプ)」を、今後の検討を受け少し改良することで対応可能と考える。そのため、ある程度の検討が終えた段階でニーズの高い地域で、導入可能な工事だけ先行実施するといった試験運用を開始し、実際に利用しながら検討を進めていく方法や、既存の2次元DBへ施工管理データを提供し効果があるか等を考えていきたい。

また、本手法は、道路地下埋設物のみならず、埋設される河川護岸など不可視となる他の工種への展開も考えられるため、そのような工種への「TSを用いた出来形管理」の導入検討も進めていきたい。

【参考文献】

- 1) 情報化施工技術の使用原則化について(H25.3.15 国官技第291号 国総公第133号), <http://www.mlit.go.jp/common/000994630.pdf>
- 2) 国土技術政策総合研究所 情報基盤研究室: TSによる出来形管理に用いる施工管理データ交換標準(案), http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/ts/info_exchange.html
- 3) 国土交通省: TSを用いた出来形管理要領(土工編)(H24.3)
- 4) 国土交通省 関東地方整備局: 関東地方整備局発注工事で発生した事故事例(速報値), <http://www.ktr.mlit.go.jp/gijyutu/gijyutu00000014.html>(H24.8時点)
- 5) 国土技術政策総合研究所 情報基盤研究室: 出来形管理用トータルステーション機能要求仕様書, http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/ts/info_goal.html
- 6) 梶田ら: 「TSを用いた出来形管理」で規定した機能と今後の取り組み ~ ICTを利用した作業性・信頼性向上及び判断支援に資する機能~, 建設の施工企画, No.753, pp.16-22 (H24.11)