

## II-9 出来形管理用トータルステーションの高度利用に向けた研究報告

### Utilization of total station in as-built management

藤島崇<sup>1</sup>・田中洋一<sup>2</sup>・遠藤和重<sup>3</sup>・梶田洋規<sup>4</sup>・椎葉祐士<sup>5</sup>

Fujishima Takashi, Tanaka Youichi, Endou Kazushige, Kajita Hiroki and Shiiba Yushi

**抄録**：土木工事における従来の形状に係わる情報は、2次元の図面上や帳票上で整理・交換されている。このため、現場変化への対応や情報の利活用が行いにくい。情報をデータに加工・表示するアプリケーションを構築することによって、現場における変化への対応やデータの利活用が可能となる。出来形管理用トータルステーションは、設計図面などの形状データおよび現場の3次元座標データをXML形式にてデータ交換している。

本稿では、TSによる出来形管理で扱う基本設計データおよび出来形計測データを出来形管理以外にも活用し、土量計算、盛土の沈下管理図作成、道路工事完成平面図作成の実現に必要なデータ属性やソフトウェアの機能について、実証実験を踏まえて整理した結果を報告する。

**キーワード**：トータルステーション, 出来形管理, 土量算出, 沈下管理, 道路工事完成平面図

**Keywords** : total station, as-built management, volume, subsidence management, completion drawing for roadworks

### 1. まえがき

従来の道路土工や河川土工において、丁張りや出来形管理箇所は、与えられた2次元の設計図面や設計図書から線形や必要な寸法・勾配データを抜き出し、3次元座標により管理される。次に、指定された工事基準点を基点に、トータルステーション（以下、TSという。）などの3次元測量機器を用いて算出した座標位置に丁張りや杭を設置する。施工や出来形計測はこの丁張りや杭を目安に行い、施工結果や計測結果を、2次元図面や帳票に記述して提出する。このように、従来手法では与えられた2次元の設計図面から必要な丁張りや杭の位置を3次元位置に変換して現場に展開して活用、現場での計測結果を再度、2次元の図面や帳票に記述することで、関係者間で共通に理解できる情報交換を行っている。

H19年より順次、道路・河川土工等で本格運用がはじまっているTSによる出来形管理手法では、丁張りや出来形管理箇所の杭設置に必要なデータをXML化してTSに搭載すると共に、3次元座標を2次元画面での表現や帳票に変換する部分をソフトウェア化することで、出来形の早期把握や帳票作成時のミス低減を実現している<sup>1)</sup>。

図-1は、TSによる出来形管理におけるデータとソフトウェアの関係を示している。図に示すように、TSによる出来形管理では、基盤となるデータ流通

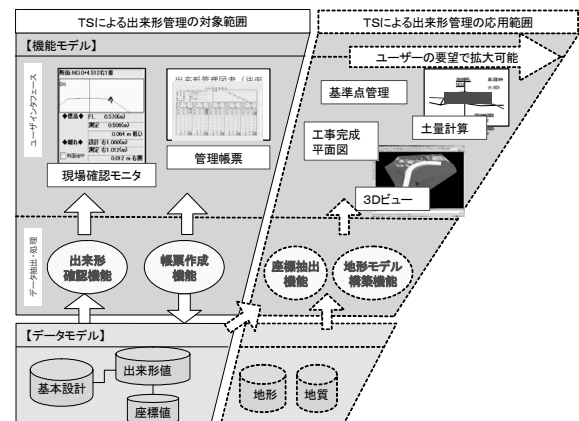


図-1 TSによる出来形管理

図とともに、利用場面で必要となる情報への変換部分をソフトウェア化することで、情報の利活用を高めることをコンセプトとしている。

本研究は、上記のコンセプトに基づき、TSによる出来形管理手法で用いられているデータを活用し、土工の出来形管理以外での活用可否の検証結果と、これらの実現に向けて、ソフトウェアに必要な機能、データの再利用に必要な属性の改善項目を報告するものである。

### 2. 本研究の対象範囲

本研究では設計から維持管理段階を対象に、TSによる出来形管理で用いる設計データあるいは現場での3

1 : 正会員 博(工) 社団法人 日本建設機械化協会 施工技術総合研究所 研究第3部  
(〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154, Tel :0545-35-0212, E-mail : fujishima@cmi.or.jp)

2 : 正会員 工修 国土交通省 関東地方整備局 江戸川河川事務所  
(元国土交通省 国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター情報基盤研究室)

3 : 正会員 工修 国土交通省 国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター情報基盤研究室 室長

4 : 非会員 工修 国土交通省 国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター情報基盤研究室

5 : 正会員 工修 社団法人 日本建設機械化協会 施工技術総合研究所 研究第3部

次元計測データを活用する場面として、**図-2**に示す土量算出、沈下管理図作成、工事完成平面図作成の3つの利用場面例を設定した。土量算出は、従来手法でも、出来形計測結果は出来高算出の元データとしても利用されている。TSによる出来形管理手法においても、土量算出を容易に行う仕組みを構築することで、導入効果が高まる。沈下管理図作成は、現場での3次元計測座標に、計測精度や計測日時等の属性データを付与することで、基準点管理や動体観測データとして利用できるようになる。工事完成平面図作成では、TSによる出来形管理により計測された完成形状の高精度な3次元座標を活用することで高精度な基盤データ整備が可能となる。また、**図-2**に本研究で対象とした利用シナリオと、TSによる出来形管理を応用した実現イメージを整理した。

### 3. 適用性検証

#### (1) 土量算出についての検証

##### a) 従来手法の課題

従来手法では、テープやレベルによる出来形計測データを断面図上に転記した上で面積を計算、平均断面法にて土量算出を行うのが一般的である。このため、出来形計測結果を出来形管理資料とは別に断面図や展開図に再整理し、個別に面積計算を行った上で数量計算書を作成する必要がある。

##### b) 検証内容

TSによる出来形管理で用いる基本設計データと、出来形計測データおよび、新たに本研究で定義を追加する地形データを用いて、各断面の地質区分毎に面積算出を行い、数量算出の自動化に必要な機能とデータ属性を検証する。

#### c) 検証方法

TSによる出来形管理で利用する施工管理データ交換標準(案)<sup>2)</sup>には、地形データが定義されていない。そこで、本研究において、**表-1**に示す地形データの項目を定義し、CSV形式での実装によりその適用性を検証した。

**図-3**に土量算出の検証フローを示す。図に示すように、CADを用いた面積計算以降の作業は、既存の土木CADを利用することとし、必要な地形データを分類して読み込み、地質区分毎の面積算出ができるかを検証した。

表-1 土量算出に必要な地形線の定義

データ項目	説明
出来形計測点	TSで計測したX, Y, H座標
測点	道路、河川中心等の測点距離
横断面種別	区分毎の数量算出が可能となるように、計測した地形線毎に横断面を識別する

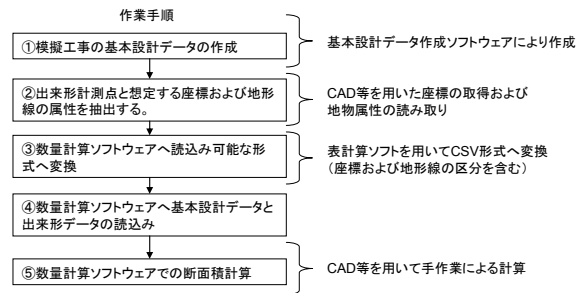


図-3 土量算出の検証フロー

#### d) 検証結果

本検証において、基本設計データと、地質区分別に定義した地形データ別にCADに読み込むことで、容易に**図-4**に示す地質区分別の横断面を作成することが可能であった。本検証では、この図を元に、地質区分の境界となる地形データを人間が指定することで面積計算の対象範囲の認識し、数量算出を実現できることを確認した。

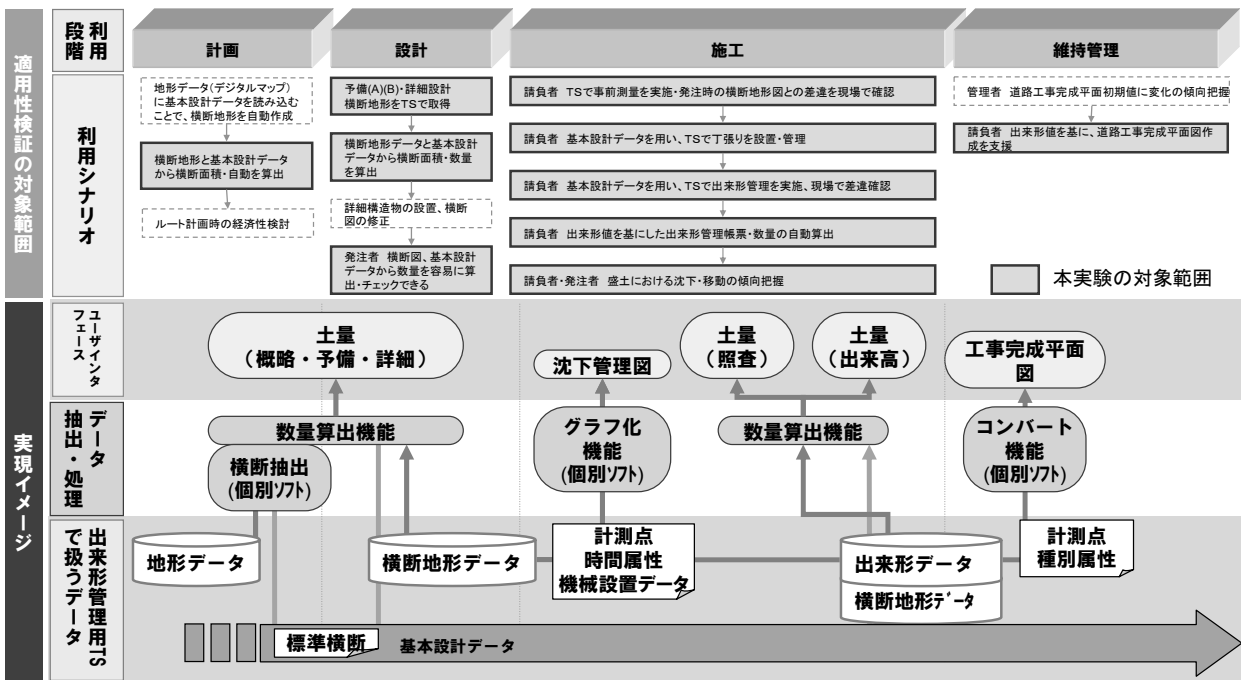


図-2 本実験の対象範囲と実現イメージ

TS による出来形管理の施工管理データ交換標準(案)に表-1に示す地形線の定義を追加することにより土量算出に必要なデータが得られることが確認できた。

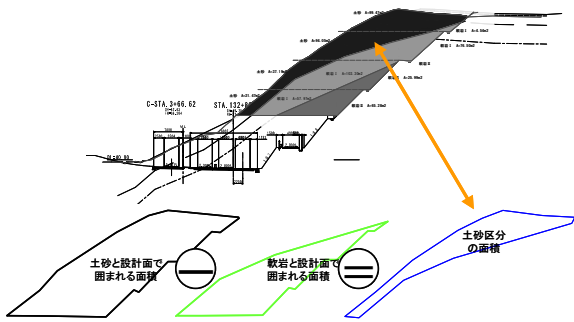


図-4 地質区分毎の土量算出

## (2) 沈下管理図作成についての検証

### a) 従来手法の課題

盛土施工において沈下管理を行う場合は、レベルによる沈下棒等の高さ管理を行うが、結果表やグラフへの転記時の手間やミス、高さ管理だけでは要因分析が不十分などの課題がある。

### b) 検証内容

計測データに任意の計測点名称と計測日時を付与することで任意点名別の沈下管理図作成を行い、点の経時変化に必要なデータ属性について検証する。

### c) 検証方法

特定のターゲットを計測し時系列で経過を管理するが、TS による出来形管理で利用する施工管理データ交換標準(案)に、表-2に示す属性を追加し、施工管理データ交換標準(案)の備考欄等を利用して実装することで適用性を検証した。

図-5に沈下管理図作成の検証フローを示す。沈下管理図は、施工管理データの任意点名別表計算ソフトに読込んで図化し、既存の沈下管理図と同等の項目が標記されているかを確認した。

表-2 沈下管理に必要なデータ属性

データ項目	説明
標高値	TS で計測した H 座標
測点	道路、河川中心等の測点距離
計測箇所	計測した沈下板の名称
計測日時	計測した日時(年/月/日)
計測機器設置状況	計測ツール(2級 TS,3級 TS,GPS). 機器設置方法(既知点設置 or 後方交会法)等
機器設置点	機器を設置した基準点(X,Y,H 座標)
機器設置時の参照点	機器を設置に参照した基準点(X,Y,H 座標)

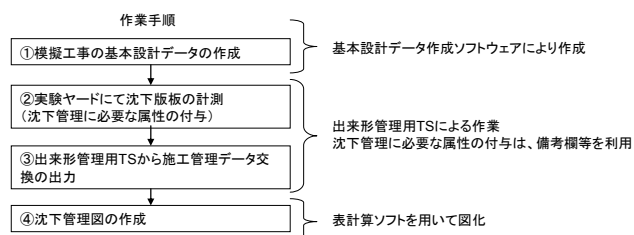
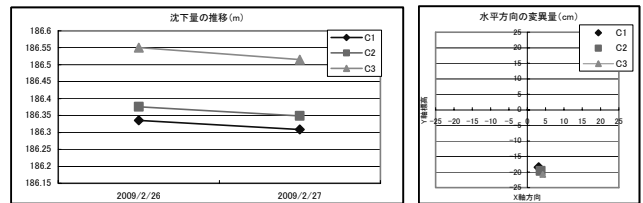


図-5 沈下管理図作成の検証フロー

## d) 検証結果

任意点名別の計測点を整理し、時系列で並べることで図-6に示すような沈下管理図が作成可能である。また、図のように、従来の沈下管理図と同様な標高方向の管理に加え、平面方向の管理も可能となることが確認できた。さらに、表-2に示すような計測機器情報も加えることで、データの信頼性も確認可能である。



### 測定結果

観測者	施工太郎
表示測点名	NO.1+0.566
測定箇所	C1
計測開始日	2009/2/26
計測終了日	2009/2/27

計測日	経過日数(日)	計測標高(m)	累計沈下量(cm)	水平変異量(cm)
2009/2/26	1	186.336	0	0
2009/2/27	1	186.309	27	18.7

図-6 沈下管理図作成例

## (3) 工事完成平面図作成についての検証

### a) 従来手法の課題

工事完成平面図作成は、出来形管理が規格値以内に収まっている場合は、設計図書から必要な座標データを抽出、作成することとなっている。このため、現場で計測した高精度な座標は利用されていない。出来形管理で計測した3次元座標を用いて工事完成平面図作成の手間を少しでも簡素化すると共に、高精度な座標データを流通させることが必要である。

### b) 検証内容

計測データに、工事完成平面図で作成すべき地物名称に対応するコードを付与することで、地物別に計測点データを読み込み、完成平面図の作成を行う。

表-3 工事完成平面図作成に必要なデータ属性

データ項目	説明
出来形計測点	TS で計測したX, Y, H 座標
地物属性	完成平面図作成に必要な地物

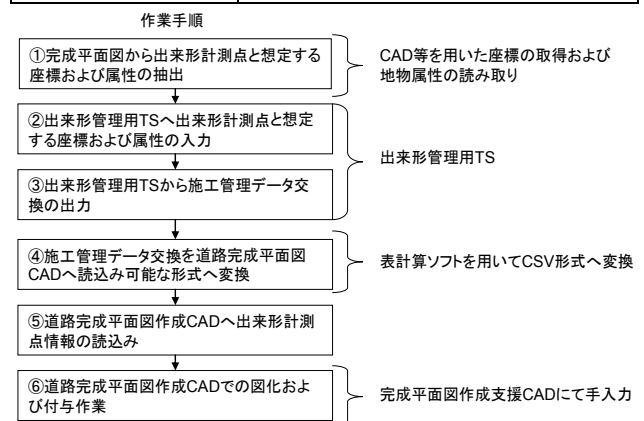


図-7 工事完成平面図作成の検証フロー

**c) 検証方法**

本実験では沈下管理と同様に、表-3に示す属性項目を出来形計測点の備考欄等を利用して実装した。図-7に本実験の検証フローを示す。表-3で示すデータ項目別に完成平面図作成用CADにデータを読み込み、その後の作業は既存CADの機能を用いて作成することとした。

**d) 検証結果**

既存の工事完成平面図作成が可能なCADの機能として、レイヤ毎に計測点を読み込むことが可能である。この機能を利用して表-3に示す属性を利用して地物毎に分類した計測点データを読み込み、これらを図-8に示すように、人為的に結線、面定義することで各地物の定義を実施できることが確認できた。

しかし、完成平面図作成を自動化する為には、結線の順序や面を構成する線の順序などの定義を加える必要がある。また、工事完成平面図作成で指定されている地物のうち、出来形管理で計測する項目は少なく、全てを出来形計測点で置き換えるのは、作業負担を増加させる。

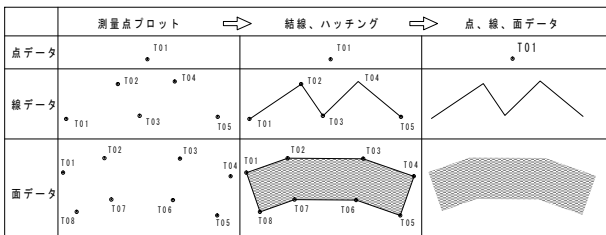


図-8 地物定義の方法

**4. まとめ**

本研究により、既に本格運用が始まっているTSによる出来形管理で扱うデータ交換手法を拡張し、必要に応じたソフトウェアを利用することにより、従来手法の2次元図面や帳票と同等の情報が得られることが確認できた。しかし、実現に向けてはデータ項目や機能面で更なる修正が必要であると考えられる。

**(1) 土量算出についての検証**

調査から施工段階の各段階で土量算出の根拠となる地形線を区分できるよう、業務段階を属性として付与することで、設計変更の根拠データとしての利用も可能であると考えられる。また、土量算出を自動化するためには、土量算出を行う境界として選定する地形線をあらかじめ指定しておく必要がある。

①データ項目の改善

- ・積算区分毎に地形線の組合せを関連づける定義の追加
- ・実施段階毎に地形線に対する属性を追加

②ソフトウェアの機能

- ・設計データと地形線の交点、地形線同士の交点を算出し、地質区分される範囲の抽出する機能

**(2) 沈下管理図作成についての検証**

沈下管理では、計測点に時間属性を持たせることで時系列管理が可能である。また、TSによる管理により、高さと水平方向の位置の変化も管理することができ、沈下の原因分析に有効であると考えられる。この他、計測機械情報や機械設置情報を付与することで、通常の基準点管理にも活用が可能であると考えられる。以下に、本実験結果から、点管理に必要なデータ項目・機能を整理した。

①データモデルの改善項目

- ・任意の計測点クラス名称を追加
- ・計測時間属性や計測機器、参照基準点情報の追加

②ソフトウェアの機能

- ・計測と同時に基準点の変化が把握できる機能

**(3) 工事完成平面図作成についての検証**

あらかじめ地物に対応した計測対象点を属性として付与することで工事完成平面図作成に活用できる。

しかし、工事完成平面図の作成が必要となる地物のうち、出来形および出来高管理として計測する対象物は少ない。今後は、出来形計測箇所と工事完成平面図作成でデータ抽出する箇所が一致する地物については、計測点コードを付与して出来形計測データを活用することとし、それ以外については、出来形計測結果に合わせて設計図面位置を補正した上で、図面上から選定できるような機能が必要であると考えられる。

**5. おわりに**

本研究により、TSによる出来形管理で扱うデータの高度利用に向け、流通させるべきデータと開発すべきソフトウェアの機能が確認された。

今後は、これらの実現に向けて、特に、土量算出や工事完成平面図など、発注者への提出資料となる部分に着目したデータの標準化とソフトウェア開発仕様の策定等、運用方法の構築が不可欠であると考えられる。

**謝辞：**本研究を進めるにあたって、国土交通省国土技術政策総合研究所情報基盤研究室、(株)建設システム、福井コンピュータ(株)、川田テクノシステム(株)等多くの方々に貴重な助言を頂いた。この場を借りてお礼を申し上げる。

**参考文献**

- 1) 国土交通省ホームページ,報道発表資料,「ICTを活用した施工管理」  
[http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha07/01/010406\\_2\\_.html](http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha07/01/010406_2_.html)  
09年7月現在
- 2) 国土交通省 国土技術政策総合研究所:トータルステーションを用いた出来形管理に関する資料,国総研資料,第483号,2008.11,