

## - 15 出来形管理用トータルステーションの評価試験について

## Development of a method of evaluation for total station in as-built management.

田中洋一<sup>1</sup>・阿部寛之<sup>2</sup>・青山憲明<sup>3</sup>・今井龍一<sup>3</sup>・金澤文彦<sup>4</sup>

Tanaka Yoichi, Abe Hiroyuki, Aoyama Noriaki, Imai Ryuichi and Kanazawa Fumihiko

**抄録:** 情報技術を利用した施工管理方法として、道路土工の出来形管理に取り組んでいる。現在一般的に利用されている巻尺・レベルに代わって、使用する計測器に「トータルステーション」を用いた出来形管理トータルシステムを構築した。本論文では、出来形管理トータルシステムに必要な出来形管理用TSの開発と開発されたTSの評価試験について報告するものである。

**Abstract:** Developed a total system of as-built management of road earthwork as construction management process using information technology. A total system of as-built management is consisted of the total station with construction management data and support software. This system is replaced level and measure. In this paper, the total station with construction management data was developed by total station maker or software developer, and evaluation for trial examination.

**キーワード:** 道路土工, 出来形管理, トータルステーション, 情報基盤。

**Keywords :** road earth work, as-built management, total station, platform.

## 1. はじめに

建設システムにおいて情報技術を利用した施工管理方法の導入は、品質の確保・建設コスト削減・事業執行の迅速化等の点で期待されている。国土技術政策総合研究所（以下、国総研という）では、現在の施工管理で一般的に利用されている巻尺・レベルに代わって、使用する計測器に「トータルステーション（以下、TSという）」を採用した施工管理方法に取り組んでいる。そして、出来形計測にTSを利用することにより、3次元の座標値として計測することができるようになり、施工管理・監督検査に3次元の座標データを用いることが可能となった。

平成17年度から道路土工を対象に出来形管理プロジェクトとして実際の施工現場にて試行を実施してきた。試行で採用したTSは、国総研と開発メーカーとの共同作業の成果によるものである<sup>1)</sup>。本論文では、出来形管理に利用するTS開発の経緯と開発された出来形管理用TSについての評価手法について報告する。

## 2. 情報基盤の構築

施工管理に必要な情報を利用するための基盤は、デ

ータ的な基盤、ソフト的な基盤、ハード的な基盤から構成される<sup>2)</sup>。図-1に施工管理の情報基盤イメージ図を示す。データの基盤は、施工時に必要な測地座標系や施工管理において必要な情報の定義構造、データ辞書などから構成される。ソフト的な基盤は、施工データを運用するためのノウハウやITに対応した業務プロセスの基盤（施工に関する法令、通達、基準、慣習など）等から構成される。ハード的な基盤は、コンピュータ、通信機器、測量機器、品質計測器、施工機械などとそれに実装されるアプリケーションを含んだ物理コンポーネントを包含したものから構成される。具体的なサービスとして抽出した出来形管理に必要な情報基盤の構築を行った。

## (1) 出来形管理のデータの基盤

出来形管理に必要なデータの基盤として、「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）」（以下、「データ交換標準」という）を作成した。データ交換標準は、LandXML<sup>3)</sup>を基本にTSによる出来形管理における施工管理情報について整理し、使用するデータの仕様を定めたものである。

図-2にデータ交換標準の全体構成図を示す。データ内容は、座標参照系セット、工事基準点セット、道路構造物情報、出来形横断面セット、計測点セットか

- 1 : 正会員 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  
(〒305-0804 茨城県つくば市大字旭1番地, Tel :029-864-4916, E-mail :tanaka-y8317@nilim.go.jp)
- 2 : 非会員 朝日航洋株式会社 空間情報事業本部 防災・環境グループ  
(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 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
- 4 : 正会員 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

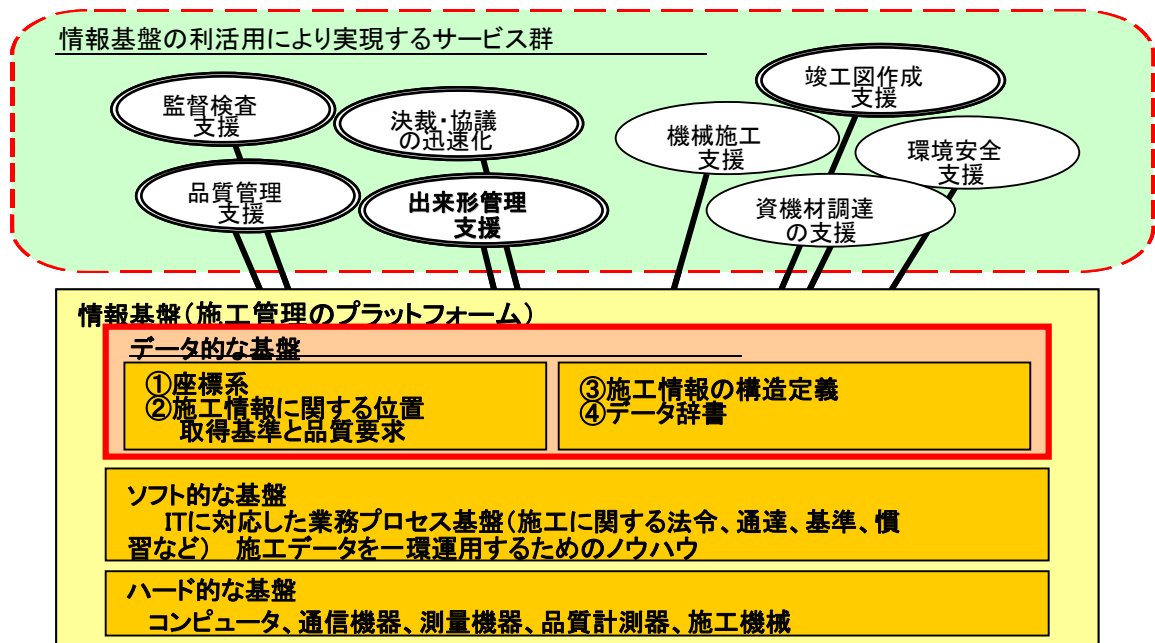


図-1 施工管理の情報基盤イメージ図

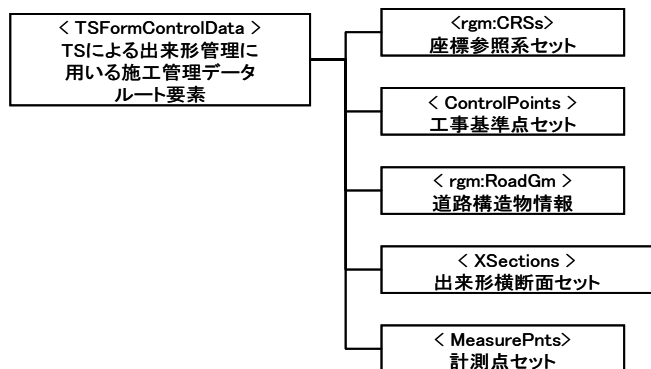


図-2 データ交換標準の全体構成図

ら構成される。道路構造物情報である道路中心線セットは、「道路中心線形データ交換標準(案)基本道路中心線形編 Ver1.0」<sup>4)</sup>を参照している。道路中心線データ交換の標準化作業は、「国土交通省 CALS/EC アクションプログラム 2005」における目標-5 「3次元情報の利用を促進する要領整備による設計・施工管理の高度化」に位置づけられた取組みでもある。データ交換標準は、将来の3次元情報標準化を念頭に作成している。現在出来形横断面セットの定義は、測量機器に受渡すために道路土工の出来形管理に必要な最低限の情報項目としている。

## (2) 出来形管理のソフト的な基盤

出来形管理に必要なソフト的な基盤としては、TSを活用するための管理基準として「施工管理データを搭載したトータルステーションによる出来形管理要領(案)」(道路土工編)(以下、出来形管理要領という)を作成した。出来形管理要領は、現行の巻尺・レベルに代わってTSを使用するための方法を規定して

いる。また、出来形管理要領とあわせて、監督職員および検査職員のために「トータルステーションを用いた出来形管理実施時の監督・検査マニュアル(案)」(以下、監督・検査マニュアルという)も作成した。出来形計測方法は、道路中心線からの離れ距離と高さから現行の巻尺・レベル同様に法長・小段幅の長さ・高さを計算し、設計値・実測値の差違を現地で確認する。TSによる出来形の計測を行うとともに、計測値が出来形の規格値を満たしているか否かを確認する。出来形管理基準及び規格値は、従来の巻尺とレベルを使う土木施工管理基準と同じ測定項目(基準高、法長、幅)とし、測定箇所、規格値、測定基準も同一としている。

## (3) 出来形管理のハード的な基盤

出来形管理に必要なハード的な基盤は、出来形管理要領に規定された内容を実現するために必要な物理コンポーネントである。多くの測量機器に出来形管理機能を実装するために、TSによる出来形管理に必要な条件としてハードウェア内容とソフトウェア内容として整理し、「出来形管理用トータルステーション機能要求仕様書(案)」(以下、要求仕様書という)としてとりまとめた。図-3に開発領域を示したイメージ図を示す。要求仕様書で定める開発領域は、ハードウェア要件とソフトウェア要件とからなる。要求仕様書に沿ったTSを出来形管理用TSという。

### a) ハードウェア要件

ハードウェア要件は、TSおよびTSに接続するハードウェアを対象としている。

## b) ソフトウェア要件

ソフトウェア要件は、TS に接続するハードウェアが有する機能を示したものである。

- ・ 施工管理データの読み込み機能
- ・ 線形データの切替え選択機能
- ・ TS の機械位置算出機能
- ・ 基本設計データの確認機能
- ・ 任意断面での出来形確認機能
- ・ 丁張り設置支援機能
- ・ 管理断面での出来形管理機能
- ・ 出来形計測データの登録機能
- ・ 計測距離制限機能
- ・ 出来形計測データの取得漏れ確認機能
- ・ 監督検査現場立会い確認機能
- ・ 施工管理データの書出し機能

ソフトウェア要件に示す機能は、試行工事の結果から TS による出来形管理を実施するために必要な最低限の機能である。



図-3 開発領域を示したイメージ図

## 3. 出来形管理用 TS の評価試験

平成 18 年度の現場試行は、開発された出来形管理用 TS を利用する。現場試行を実施する前に、出来形管理機能を確実に確認しておく必要があり、評価試験方法としてとりまとめ、評価試験を実施した。

### (1) 評価試験の基本方針

要求仕様書は、TS を用いた出来形管理の実現に必要な機能について整理したもので、TS による出来形管理要件の実施に必要な最低限の情報項目、表示方法などを規定したものである。要求仕様書には、ソフトウェアメーカーの参加を募り、競争によって使いやすいユーザインタフェースの開発・更新を促すために、アプリケーションの実装方法や操作手順、画面配置などは規定していない。ただし、要求仕様書は、出来形管理要件で規定しているデータ入出力や出来形算出方法などが各メーカーによって異なることで結果に相違がないよう、評価試験を実施して確認することを前提に作成している。表-1 に、出来形管理要件と要求仕様の機能要件との対応を示す。

表-1 出来形管理要件と要求仕様の機能要件の対応

TS 開発要件	ハードウェア要件																		
	2	2.1	2.2	3	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10	3.11	3.12	3.13	3.14	3.15
1. はじめに																			
2. 総則																			
2.1 本要領の目的																			
2.2 適用の範囲																			
2.3 用語の義																			
3. TS による測定方法																			
3.1 機器構成																			
3.2 TS の計測性能																			
3.3 出来形管理用 TS の機能																			
3.4 基準点の設置																			
4. 道路土工における出来形管理																			
4.1 基本設計データの作成																			
4.2 基本設計データの確認																			
4.3 基本設計データの出来形管理用 TS への搭載																			
4.4 出来形管理用 TS による出来形計測																			
4.5 出来形計測点																			
4.6 出来形管理基準及び規格値																			
4.7 出来形管理写真基準...																			
4.8 出来形管理資料の作成...																			
4.9 電子納品成果としての整理方法																			
5. 添付資料...																			
6. 参考資料...																			

### (2) ハードウェア要件の確認内容

#### a) トータルステーション本体

出来形管理要件では、出来形計測の精度を確保するため、TS の性能を国土院が定める 3 級 TS 以上であることとしている。「国土交通省公共測量作業規定解説と運用」(財)日本測量協会によれば、施工などの出来形測量は応用測量に分類され、応用測量で用いる機器として 3 級 TS が記載されているためである。評価試験においても、TS 本体の規格を確認することとしている。さらに、施工現場での利用に耐えられるよう防塵・防滴仕様であることを確認する。

#### b) トータルステーションに接続する機器

出来形管理用 TS は、従来の測距・測角および座標を算出する TS に、基本設計データを搭載し出来形管理を行う携帯端末を含めた装置で構成される。評価試験では、TS 本体にソフトウェア機能を組み込んだ場合と、TS 本体とは別のハードウェアにてソフトウェアを利用する場合のハードウェア要件について確認する。また、TS は三脚を利用して現場に設置される。携帯端末は、持って作業することになり、持ち運びやすさや現場での作業時間、TS との接続方法についても確認する。

### (3) ソフトウェア要件の確認内容

#### a) 施工管理データの読み込み機能

基本設計データは、国総研が開発した基本設計データ作成ソフトウェアにて作成され、データ交換標準に従った XML 形式のファイルとして出力される。基本設計データ作成ソフトウェアは、パソコンにて作動することから、作成したデータについても USB メモリやメモ리카ード類などの記憶媒体でのデータ交換が必要で

ある。評価試験では、作成された基本設計データを、USB メモリやメモ리카ード類などの電子媒体を用いて読み込むことを確認する。

#### **b) TS の器械位置算出機能**

TS による出来形管理を実現するためには、器械を正確に設置することが必要不可欠である。また、TS による出来形管理要領では、出来形計測効率の向上を目的として、後方交会法での器械位置設置も認めている。ただし、後方交会法は、利用する基準点と器械位置の狭角、基準点までの距離により、算出精度が大きく左右される。狭角・距離については、平成 17 年度の試験結果<sup>5)</sup>を踏まえ、器械位置の算出精度 $\pm 1$  cm の確保が可能な、 $30\sim 150^\circ$  で、TS から基準点までの斜距離を 100m 以内とした。

評価試験では、事前に基本設計データに登録されている基準点を利用し、基準点上の器械設置および 2 点以上の基準点を視準して、後方交会法による任意の位置での器械設置の機能について確認する。

#### **c) 線形データの切替え選択機能**

平成 17 年度の試行工事結果から、出来形計測中に別の中心線形に切替えて出来形測量を行うことがあることが明らかになった。このとき、器械設置作業を中心線形の切替えごとに再計測しては、計測効率が大幅に悪化する。評価試験では、1 度の器械設置作業にて設置位置の座標データを引継ぐこととし、出来形計測作業中の線形データ切替え機能を確認する。

#### **d) 基本設計データの確認機能**

出来形管理用 TS では、基本設計データを正しく読み込むことが必要である。また、読み込んだ基本設計データが正しく読み込まれているかを出来形管理用 TS の画面で確認できることが重要である。

評価試験では、基本設計データの数値表示だけでは測点間のつながりの確認や横断形状の確認が困難となるため、データを基にした図を正確に表示する機能を確認する。

#### **e) 任意断面での出来形管理機能**

基本設計データを利用することで管理する横断面以外でも出来形と設計値との差の算出が可能となる。従来の施工管理方法では、任意の横断面の設計値算出などに計算する手間を要していた。任意断面での出来形管理機能を用いることで、現場で即座に計算結果を確認することが可能となっている。出来形管理要領では、任意断面での出来形管理を規定はしていない。しかし、要求仕様書では、修正指示が素早く実施することが可能となるため、施工の効率化や品質の向上を目的として任意断面で設計と出来形の差を見ることを規定している。任意の断面における設計値の計算方法は、道路中心線を基線として近傍にある横断面の比例計算により求める。

評価試験では、任意断面での出来形管理機能について確認する。

#### **f) 丁張り設置支援機能**

平成 18 年度の試行工事では、基本設計データの有効活用が可能な作業として、丁張り設置時に出来形管理用 TS を使用する。要求仕様書においても丁張り設置に必要な基本機能について規定することとした。

評価試験では、各現場の状況によって設置する丁張り種別、設置方法が異なることが考えられるため、必要な情報提供の方法についてのみ確認することとした。

#### **g) 管理断面での出来形管理機能**

必要な基本機能として、指定した出来形管理する横断面上の指定点での出来形計測を行うことが必須となっている。評価試験では、計測と同時に、必要な出来形管理項目の設計値と出来形値が現場でも確認できる機能を確認する。

#### **h) 計測距離制限機能**

平成 17 年度の実験結果より、TS での計測に一般的なピンポールミラーを用いる場合は、距離が長くなると視準の位置合わせが困難になる。そのため、TS による出来形の計測精度は、計測距離が長くなるほど劣化する傾向があり、特に高さの精度は 100m を境に急激に悪くなる。評価試験では、計測精度の確保を目的として、計測距離を 100m 以内に制限する機能を確認する。

#### **i) 出来形計測データの登録機能**

計測した出来形データは、出来形計測点ごとに出来形値を管理して登録する必要がある。出来形計測点は、基本設計データ作成時に独自のコードを与えられている。現場で出来形計測点コードを毎回確認するのは困難である。評価試験では、出来形計測点コードを計測時に容易に指定できることを確認する。

#### **j) 出来形計測データの取得漏れ機能確認**

出来形管理用 TS では、従来の管理のように出来形計測点に杭や丁張りなどを設置する必要はない。杭や丁張りによる出来形計測の実施済みか未実施かの判定は、できなくなる可能性がある。評価試験では、出来形計測時に計測データの取得状況と取得箇所の一覧を示す機能を確認する。

#### **k) 監督検査現場立会い確認機能**

出来形管理用 TS では、計測箇所の目印が現場に必要なことから、監督・検査時の立会いにおいて帳票作成の根拠を示す目印は現地にはない。評価試験では、帳票の根拠となる計測データを基に、現地に計測点を再誘導し、出来形計測点であることを確認できる機能（逆打ち機能）を確認する。

#### **l) 施工管理データの書出し機能**

出来形管理要領では、出来形管理帳票や電子納品データは国総研が開発した出来形管理作成帳票作成ソフト



表-2 開発要件と評価試験項目

番号	要件	評価手順	1. 要求仕様書(案)との照査	2. サンプルデータによる入出力確認	3. 模擬道路およびテストフィールドでの模擬試験				
					機械設置	丁張り設置	管理断面 出来形計測	任意断面 出来形計測	監督検査 立会
2. ハードウェア要件									
2.1	トータルステーション本体		○	←	←	←	←	←	←
2.2	トータルステーションに接続する機器		○	○	←	←	←	←	←
3. ソフトウェア要件									
3.1	施工管理データの読込機能			○	○	○	○	○	○
3.2	TSの器械位置算出機能				○	○	○	○	○
3.3	線形データの切替え選択機能						○	○	○
3.4	基本設計データの確認機能			○	←	←	←	←	←
3.5	任意断面での出来形管理機能						○		
3.6	丁張り設置支援機能					○			
3.7	管理断面での出来形管理機能						○		
3.8	計測距離制限機能				○	○	○	○	○
3.9	出来形計測データの登録機能						○	○	○
3.10	出来形計測データの取得漏れ確認機能						○		○
3.11	監督検査現場立会い確認機能								○
3.12	施工管理データの書出し機能						○		○

トウェアにて実施するものとしている。機能要件としては、現場で計測した出来形データおよび読込んだ基本設計データを、データ交換標準にしたがって、パソコンが読込める記憶媒体に出力できる機能を確認する。

(2) 評価試験の実施

評価試験の実施内容は、要求仕様書の内容について照査、サンプルデータによる入出力確認、模擬道路および試験場での模擬試験を実施による確認・評価をすることとした。表-2に開発要件と評価試験項目を示す。○印は、要件を確認する評価試験項目を示す。←印は、評価試験項目の手順で試験を省略できる項目を示している。

a) 要求仕様書との照査

要求仕様書の内容について照査は、主にハードウェア要件について、実物、取扱説明書、性能証明書等で要求仕様書に記載されている項目を満たしているか確認する。

b) サンプルデータによる入出力確認

サンプルデータによる入出力確認は、基本設計データ作成ソフトウェアにて作成した評価用基本設計データを読み込み、出来形管理用 TS ソフトウェアでの取込み、画面表示等を確認する。また、出来形計測データ手入力機能がある場合、出来形計測データを手入力して、各種変換・表示機能を確認する。

○評価用基本設計データ概要

- ・延長 : 約 50m
- ・縦断要素 : 縦断曲線 3 箇所
- ・平面要素 : 直線, クロソイド, 単曲線
- ・横断形状 : 小段なし盛土, 法長最大 2m  
小段なし切土, 法長最大 2m
- ・エラーデータ

c) 模擬道路および試験場での模擬試験

模擬道路および試験場での模擬試験を実施は、出来形管理要領に沿って、丁張り設置、出来形計測、監督・検査を実施して、要求仕様書の機能を確認、処理された測定値の精度について確認をする。評価用基本設計データを利用して模擬の丁張り設置、出来形計測評価点を計測し、出来形計測、監督・検査業務を実施して、出来形計測機能やデータ処理精度を確認する。

○模擬業務

- ・器械設置 : 後方交会法について
- ・丁張り設置 : 法丁張り各 2 箇所  
(管理横断面・任意横断面)
- ・出来形計測 : 管理横断面\_4 面  
任意横断面\_4 面
- ・監督立会い機能 : 計測点の逆打ちの実施

評価実施に必要な模擬試験場に測点設置を行った。模擬試験場の基準点設置にあたっては、試験場内にローカルな座標系を設置することとした。また、模擬試験場内の基準点設置は、以下に示す機器と設置手法を用いて設置を行った。図-4に計測点設置状況を示す。



図-4 計測点設置状況

利用機器は、基準点設置用に 3 級 TS (トプコン製 : CS-101F) を、基準点の高さ計測用に 3 級レベル (ソキア : B2-1) を使用した。設置方法は、はじめに TS を試験場端部に設置し、基準線を設置した。ミラー高さ と TS のレンズ高さをレベルで整合させ、TS の測距の

みで基線上の基準点を決定する。基線上に設置した TS により、基準点および出来形計測点座標を誘導しマーキングする。マーキングした位置に、基準点のコンクリート釘を設置する。基線上に設置した TS から設置した基準点までの距離を再測定する。TS とミラーの高さをレベルでそろえることにより、高低差による影響を抑えた。基線上の基準点から設置した基準点までの距離を基に CAD の画面上で基準点の平面座標を算出した。基準点上の高さをレベルにて計測した。図-5 に試験場内（施工技術総合研究所テストコース）に設置した基準点（CAD 画面）を示す。TS 評価試験を試験場に配置した基準点を用いて、実施した。図-6 に基準点利用方法を示す。

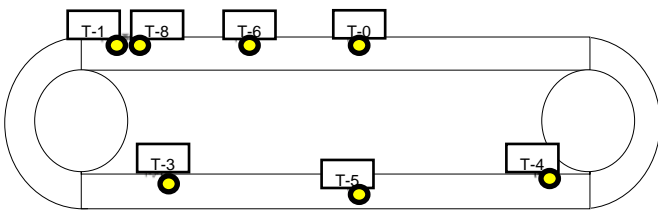


図-5 試験場内に設置した基準点（CAD 画面）

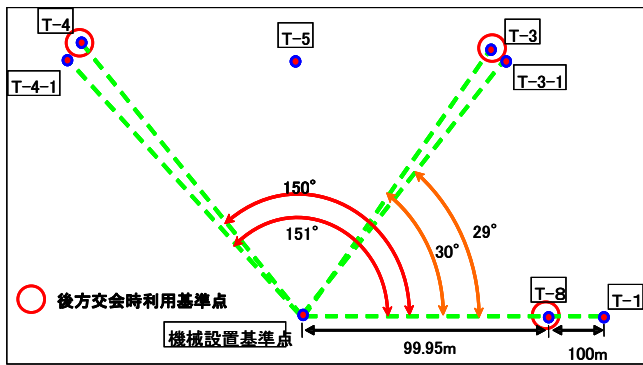


図-6 基準点利用方法

基準点設置計測精度の確認は、TS を機械設置基準点に据え、T-8 を後視点とする。器械設置後に、T-3-1 を放射観測し、計測精度を確認する。後方交会角度制限機能の確認は、TS を機械設置基準点に据え、T-8 と、T-3-1 で後方交会器械設置を実施する。角度制限 30deg 以下であるため角度制限警告が表示されることを確認する。同様に、T-8 と、T-4-1 で後方交会器械設置を実施し、角度制限 150° 以上であるため角度制限警告が表示されることを確認する。後方交会距離制限機能の確認は、TS を機械設置基準点に据え、T-1 と、T-3 で後方交会器械設置を実施する。T-1 が距離制限 100m を超えるため、距離制限警告が表示されることを確認する。後方交会器械設置精度および計測精度の確認は、TS を機械設置基準点に据え、T-8 と、T-3 で後方交会器械設置を実施する。器械点算出座標精度を確認する。また、T-4-1 を放射観測し、計測精度を確認する。同様に、T-8 と、T-4 で後方交

会器械設置を実施し、器械点算出座標精度を確認する。さらに、T-3-1 を放射観測し、計測精度を確認する。

c) 評価試験への参加メーカー

平成 18 年度 TS 出来形管理の現場試行に参加する企業に対して、評価試験方法に基づいて評価試験を行った。表-3 に評価試験参加メーカーの一覧を示す。

表-3 評価試験参加メーカー

メーカー名	TS機種名	ソフト名
㈱トプコン	GPT9005A	土木基本CE
	GPT7005F	土木基本CE
	CS-101F	監督さんV 1.10出来形
㈱ソキア	SET 330 RK3	TS出来形管理
ライカジオシステムズ㈱	TCRA1203	CyberSurvey TS Decky ver.-β版
㈱ニコン・トリンプル	GF-405CN	LANDRiV ver.-0.1
福井コンピュータ㈱	ペンタックス㈱ R-306C	NASCA ver.-1
アイサンテクノロジー㈱	ニコン・トリンプル GF-405CN	TS出来形 ver.1.0

(3) 評価試験の結果

評価試験について、測定精度や測定値のばらつき度合いについての解析結果を示す。

a) TS 設置時の精度確認

評価試験における TS 設置時の精度確認評価項目は、後方交会による器械設置位置算出精度と既知点設置および後方交会器械設置による放射観測精度の 2 項目である。図-7 に平成 18 年度 TS 評価試験に参加した 6 社の TS 設置時の後方交会器械位置算出精度確認結果を示す。図-8 に後方交会器械設置による放射観測精度確認結果を示す。表-4 後方交会器械設置による標高精度の結果を示す。全 6 社とも、平面位置、標高ともに器械点設置とほぼ同等の放射観測精度を確認することができた。

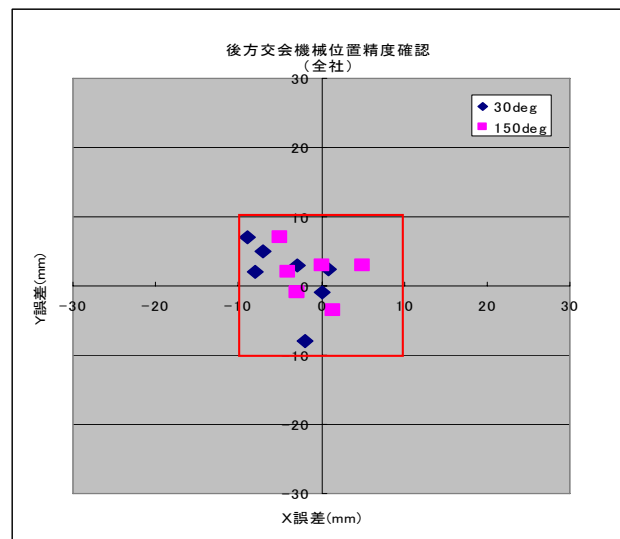


図-7 後方交会器械設置位置算出精度確認結果

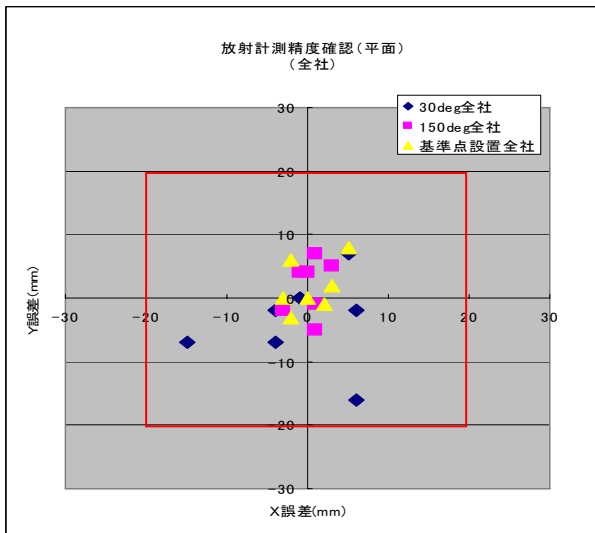


図-8 後方交会器械設置による放射観測精度結果

表-4 後方交会器械設置による精度結果

計測条件	標高誤差最大 (mm)	標高誤差最小 (mm)	標高誤差平均 (mm)
挟角30deg後方交会	10	-9	-0.3
挟角150deg後方交会	6	-6	-0.9
基準点設置	4	-6	-2.0

### b) 出来形計測結果の評価

評価試験における出来形計測結果の評価項目は、出来形計測値の計測精度・計測位置の確認と出来形計測値の累加距離・中心離れ算出結果の確認の2項目である。評価方法としては、現地の出来形計測点を計測して、計測点の設計値、出来形値、設計差異が算出されていることを確認する。また、算出された累加距離と中心離れ距離を記載して評価した。

図-9に出来形計測時の平面誤差分布と図-10に出来形計測時の標高誤差分布を示す。TS設置時の計測精度確認と同様に、出来形計測時の計測精度は、平面位置でほぼ±20mmに収まっている。標高精度も同様に、ほぼ±10mmの規格値内に収まっている。一部規格値外の場合は、TS本体の精度誤差ではなく、計測者に起因する誤差であると想定される。

次に、出来形計測結果を累加距離、中心離れ距離に換算した結果を設計値と比較した。図-11に累加距離に換算した誤算の度数分布、図-12に中心線離れに換算した誤差の度数分布を示す。計測値は、ほぼ±20mmに収まっているのに関わらず、累加距離換算結果が、30mm以上誤差を持っている点がある。これは、累加距離変換時に変換誤差が発生したと想定される。

評価試験では、計測誤差と変換誤差が同時に乗った値を評価しているため、正確な変換誤差の検証ができ

なかった。出来形管理用TSでは、管理断面の誘導に累加距離換算値を用いるため、換算精度の確認は、今後の評価試験を行う上で重要な課題となる。

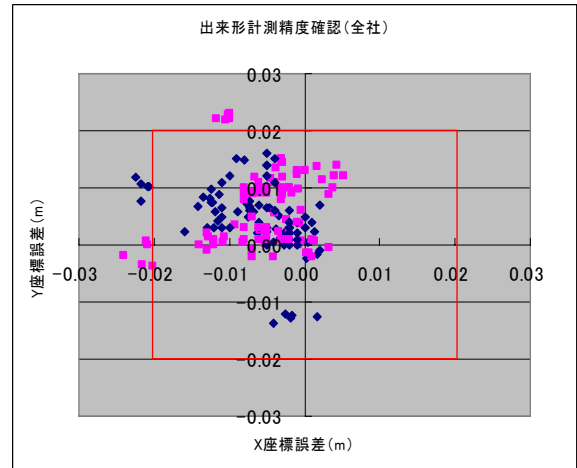


図-9 出来形計測時の平面誤差分布

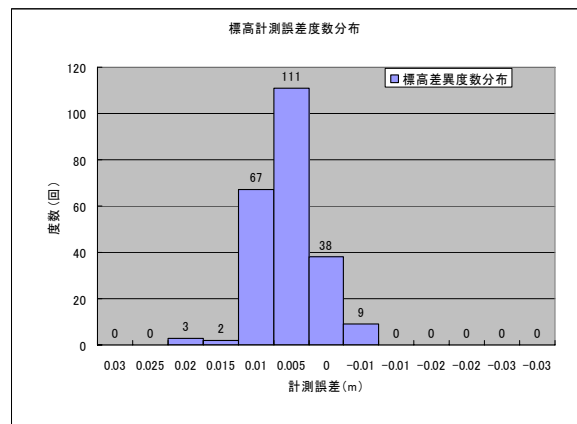


図-10 出来形計測時の標高誤差分布

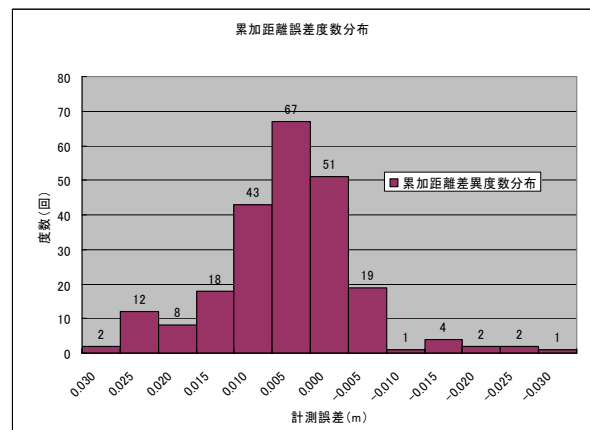


図-11 累加距離に換算した誤算の度数分布

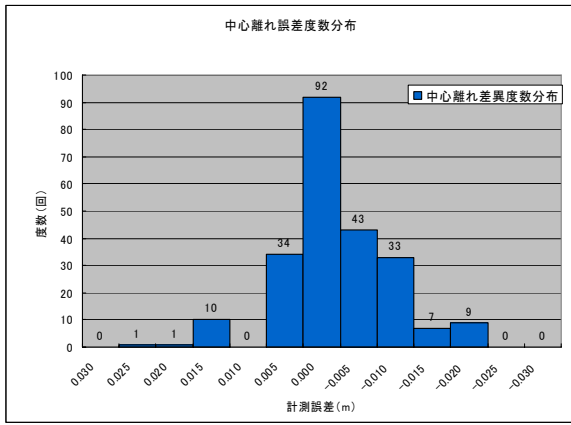


図-12 中心線離れに換算した誤差の度数分布

### 5. 評価試験の課題について

評価試験の結果、平成 18 年度試行工事への参加を表明した全社が最終的には評価項目に合格した。評価試験および今後の課題について考察する。

#### (1) 評価試験時の不具合項目

平成 18 年度実施した評価試験の中で、次に示すような不具合が発生した。各社とも速やかに不具合の修正に対応していたので、TS 出来形管理の試行現場には影響が出なかった。事前に不具合が確認できたことで、評価試験の実施が有意義なものであったと考える。

任意断面の丁張り、出来形算出機能の不具合としては、任意断面における計算機能に問題があった。100m 距離制限機能の不具合としては、後方交会による器械設置時に、100m 距離制限警告がされなかった。線形切替機能の不具合としては、設計データ読み込み時に、平面線形切替ができなかった。出来形データ出力機能の不具合としては、出来形データ出力時に出来形取得点の累加距離が実測データの累加距離となっていたため、出来形帳票作成ソフトがデータを受取れなかった。切盛混在線形の切盛境の不具合としては、切土と盛土の両方が存在するサンプルデータにおいて、丁張り設置ができなかった。

#### (2) 評価試験の課題と対応案

平成 18 年度に実施した評価試験の中で、次に示す課題があり、今後の方策が必要であることが判明した。平成 18 年度の評価試験時の問題点と課題あわせて、対応方策を述べる。

##### a) サンプルデータによるチェック

サンプルデータのチェックは、エラーデータも含め 6 パターン用意した。図-13 にサンプルデータのチェック内容を示す。実際の施工現場は、出来形管理する形状が複雑であり、すべてのバグを確認しきれていない。したがって、現場導入時にバグが発生する可能性があり、今後バグチェックを含めた評価試験を実施す

る方法を構築する必要がある。現状では TS との接続なしに座標データが得られないため、計測誤差と計算誤差の分別ができない。評価用の座標データ入力機能(インタフェース)の搭載を要求仕様書に加えることで、多点でのチェックおよび計算方法の間違いを評価することができると考えている。

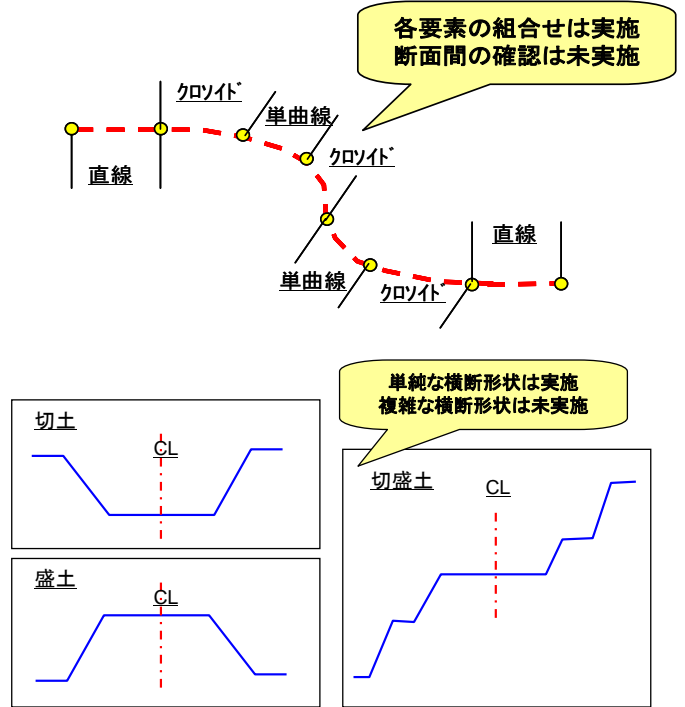
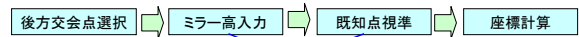


図-13 サンプルデータのチェック内容

##### b) 操作マニュアルのチェック

操作マニュアルの評価は、評価試験対象項目ではなかった。試行現場では、現場導入時に操作方法の説明不備による作業手順の間違いが発生した。図-14 に作業手順の間違い例を示す。平成 18 年度の試行工事では、出来形管理用 TS ソフトウェアは、プロトタイプでの現場導入となったことから、操作マニュアルの整備が完全では無かった。マニュアルは、メーカーの責任であるが、現場でのミスを防ぐためには、基本的な操作手順や計測時の注意点などが明確に記述するよう指導する必要がある。

正規の手順



作業した手順



ミラー高が反映されず、ミラー高分ずれる

図-14 作業手順の間違い例

##### c) 出来形管理用 TS の条件設定のチェック

平成 18 年度の試行施工現場において、後方交会の大きさ誤差が 15mm 程度出るとの報告があった。図-15 に



現場で報告された鉛直方向誤差の発生状況概念図を示す。TS の計測精度は、3 級 TS の規格値内であることから、TS 本体の精度誤差とは考えにくい。一方、TS 評価試験においても発生した事例では、TS 本体の温度補正の不備、ミラー定数の設定の不備による計測結果との差が発生している。また、メーカーによっては、ミラーの視準位置が異なる。ミラーの中心を視準するタイプと特定の目印を視準するタイプが、現場での使い慣れていない TS を利用した場合にミスが発生要因の一つとなっていたと考えられる。出来形管理用 TS 開発メーカーは、ソフトウェアを開発する上で TS 側の計測条件設定と通信データの内容について理解していることが重要となる。ミラー定数などは TS 側で補正して出力あるいは出来形管理用 TS にて補正する方法が選択できる。TS との接続に関しては、これらの計測条件を事前に確認しなければならないことを操作マニュアル等に記述させる必要がある。

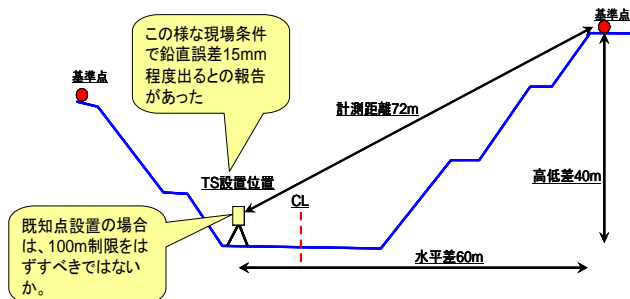


図-15 鉛直方向誤差の概念

#### d) 丁張り設置に求められる機能の評価の扱い

平成 18 年度の評価試験では、丁張り設置機能は現地で丁張りが設置できることのみを確認した。現場導入に際して、現場条件に合わない丁張り設置方法の機能があり、問題となった。今後、評価試験で現場ニーズをどう捉えて評価していくかが課題である。また、丁張り設置機能については、出来形管理 TS の付加価値的な機能である。特に、現場毎に使い慣れた仕組みがあり、一律の設置方法が良いと断言はできない状況である。したがって、丁張り設置機能については、出来形管理 TS の開発要件から除外する。

#### e) 出来形計測の評価

出来形計測の評価は、実際に出来形値を現地で計測することにより行った。出来形計測値は、計測誤差が含まれており、出来形計測機能で重要となる累加距離、中心離れ距離算出機能の精度に関する確認が困難であった。今後は、計測値手入力機能を出来形管理用 TS に追加して、机上で累加距離、中心離れ距離算出機能の精度確認を実施すべきであると考え。現状では TS を接続しないと座標データを得られないため、計測誤差と計算誤差の分別ができない。評価用の座標データ入力機能の搭載を要求仕様に加えることで、多点での

チェックおよび計算方法の間違いを評価することが可能となる。

#### f) 出来形立会・検査時データの取扱い

現在、出来形立会・検査時データは、帳票に反映されない仕組みとなっており、交換データ標準にも設定されていない。一方、現場では、出来形立会・検査時確認した項目は、帳票に反映される。確認した項目は、出来形帳票へ反映することが受発注者ともに必須であり、今後の評価方法・開発方針に含めて思考し、立会い・検査時の計測データを区別できるようにする必要がある。

#### g) 任意断面計測

現時点では、任意断面の計測結果がどこにも表示されない。監督検査時に任意断面での計測が可能となっているが、結果は評価されないため、任意断面部で精度の高い構造物を構築しても評価されない。今後は、出来形計測の評価方法・開発方針も含めて再考が必要である。任意断面の計測結果についての扱いや、より高度な出来形管理を実施したら、評価につながるような仕組み作りが必要となる。

### (3) 今後の課題

今まで行ってきた取組みを整理すると、TS を中心においた施工管理における情報基盤(プラットフォーム)を構築することができたと考えている。図-16 に TS を中心とした施工管理基盤を示す。今後は、出来形管理用 TS を建設業界に、出来形管理要領と共に紹介し、道路中心線等の施工データを提供することで出来形管理用 TS を利用してもらい環境構築が必要である。TS を中心とした施工管理基盤は、データの基盤としてのデータ交換標準と要求仕様書、ソフト的な基盤としての出来形管理要領の提示により、情報基盤としての具体的な事例を示すことができた。さらに、ハード的な基盤として開発した TS を現場で利用することで測量業界からの技術の提供と施工現場から施工者ニーズの交換が行われることを期待している。

施工者は、TS を利用することにより、丁張り作業、出来形計測、出来形帳票作成といった施工管理の効率化を実感するだろう。さらに確実に現場に利用されるためには、検査評点の加点などによる TS 出来形管理の導入インセンティブを与えることが不可欠である。これは、国土交通省の「国土交通分野における ICT イノベーション」等の施策における技術評価制度の整備による支援に期待するところである。

TS を中心とした情報基盤は、情報モデルを道路土工のみに限定しているため、舗装・擁壁・側溝などの道路構造物においては、出来形管理を行うことができない。しかし、道路構造物の情報モデルをデータ交換標準に追加し、出来形管理用 TS の機能をアップデートすることで、出来形管理対象が舗装・擁壁・側溝などの

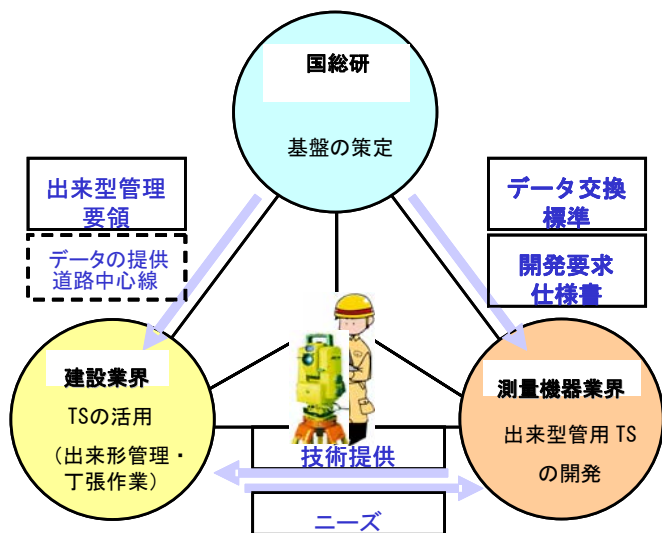


図-16 TSを中心とした施工管理の情報基盤

道路構造物に拡大すると考えている。さらに、土工という情報モデルを河川や砂防の土工といった対象に展開させて、データ交換標準と出来形管理要領を作成することにより、情報基盤を拡大させていきたいと考えている。

最後に、TSを中心とした情報基盤の整備を進めてきたが、GPS、レーザースキャナ、デジタルカメラ画像等の特性が違うIT機器をハード的な基盤として置換えることで、同様の情報基盤が開発可能であると考えている。その場合は、TSと同様に情報基盤におけるソフト的な基盤、データの基盤を再構築する必要があるが、出来形管理に必要な要件や機能を示すことで、TSの場合と大差なく開発や現場導入が可能と考えている。さらに、情報基盤の考え方は、オブジェクト指向の要素を採用しているため、クラス定義を置換えることで、国総研が開発したサポートプログラム等の出来形管理以外のサービスについても適用できるものと考えられる。

## 5. おわりに

TSによる道路土工出来形管理プロジェクトは、平成19年度から本格運用へ移行する。今までは、このような情報基盤を構築するときには、データの基盤としての情報モデルの構築と標準化の作業が重要であると考えてきた。しかし、情報モデルの標準化だけではなく、情報モデルを使うための利用方法を明示し、開発する業界へ投げかけることが重要であると考える。

平成19年度からの本格運用後は、電子化された道路土工の出来形管理情報が電子納品成果として納品されることになる。その納品された出来形管理情報を集約

して、評価方法の見直しやICTを使った適正な評価の構築について検討したいと考えている。また、評価手法が変わり、施工管理が効率的に行われるようになれば、監督・検査業務に寄与するであろうと考えている。さらに、集められた出来形管理情報が維持管理業務等の新たなサービスに展開されることを考えている。そして、国総研としては様々な機器による情報基盤を構築することで、情報技術を利用した施工管理方法を推進していきたいと考えている。今後は、出来形管理要領が建設業界に浸透することで、品質の確保・建設コスト削減・事業執行の迅速化が推進されることを期待する。

**謝辞：**本研究の実施にあたり、「ITを用いた出来形管理に関する研究会」委員長 建山和由教授（立命館大学理工学部建築都市デザイン学科）から出来形管理トータルシステムに対して、数々の貴重なご教授を頂きました。また、上坂克巳広島国道事務所長（元情報基盤研究室室長）からは、研究の進め方について有益なご助言を頂きました。さらに、平成18年度TS出来形管理の現場試行に参加していただいた(株)トプコン、(株)ソキア、ライカジオシステムズ(株)、(株)ニコン・トリプル、福井コンピュータ(株)、アイサンテクノロジー(株)、ペンタックス(株)と、有限責任中間法人測量機器工業会および同ソフト部門会の皆様には、出来形管理用TSの開発のために貴重なご意見を頂きました。最後に、日本機械化協会施工技術総合研究所の皆様を確認試験時のフィールドを提供して頂きました。ここに深い感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所：建設施工における空間情報の取得利用に関する研究，2005年3月。
- 2) 岸野正 他：システムアーキテクチャ構築による建設マネジメントの効率化，第21回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会 講演集，pp.135-138，2003年11月。
- 3) LandXML:LandXML-1.0Schema< <http://www.landxml.org/>> (入手 2006.6.21)
- 4) 国土交通省国土技術政策総合研究所：道路中心線形データ交換標準(案)基本道路中心線形編 Ver.1.0，国土技術政策総合研究所資料，No.371，2007年1月。
- 5) 阿部 寛之・他：土木工事の検査機器としてのトータルステーションの精度に関する一考察，土木情報利用技術講演集，土木学会，pp.73-76，Vol.31,2006年10月。

(2007.5.18受付)