

## I-7 施工管理データを搭載した RTK-GNSS による出来形管理手法の提案

Proposal for as-built management method depending  
on RTK-GNSS loaded with construction work control data椎葉祐士<sup>1</sup>・田中洋一<sup>2</sup>・遠藤和重<sup>3</sup>・藤島崇<sup>4</sup>

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

**抄録:** 近年、施工の合理化や品質確保を目的に、施工や施工管理に位置特定技術、移動体制御技術、情報通信技術等を利用した情報化施工が注目されている。また国土交通省においても、「情報化施工推進戦略」を策定し、産学官が一体となって取り組みを進めることとしている。「情報化施工推進戦略」の中では、情報化施工の普及にあたって、新しい技術の導入に対応した施工管理手法や監督・検査手法が必要と示されている。

本研究では、トータルステーションを用いた出来形管理手法を応用して、RTK-GNSS を用いた出来形管理手法を提案する。また、河川土工において現場計測実験を行い、実験の結果から作業効率や計測精度を従来手法と比較し、管理手法の問題点や有効性について検証を行うものとする。

**Abstract:** For the purpose of streamlining construction as well as maintaining work quality, attention has recently been attached to intelligent construction where use is made of positioning technology, mobile unit control technology, information and communication technology, and the like for construction as a whole and its control. In fact, the Ministry of Land, Infrastructure and Transport has formulated the Intelligent Construction Strategic Plan which is intended to promote concerted efforts among industrial, academic and official circles toward effective performance of construction mentioned above. The plan dictates the need for introducing work control, supervision and inspection methods that are adaptable to new technologies associated with intelligent construction to be widely employed.

The authors engaged in the present study propose an as-built management method that uses the RTK-GNSS through application of the identical method based on the total station. Based on the findings obtained from a measurement test during river-related earthwork, the authors compare the acquired work efficiency and measurement accuracy with those found in application of traditional methods, thereby identifying the problems with the control methods and verifying their effectiveness.

**キーワード:** 情報化施工 GNSS 出来形管理 CALS/EC

**Keywords :** *Intelligent Construction, Global Navigation Satellite System, as-built management, CALS/EC*

## 1. 序論

近年の技術革新により位置特定技術、移動体制御技術、情報通信技術は、建設施工へ活用することで高い生産性や施工品質を実現する。これらの技術の建設施工への活用は、情報化施工として注目されている。情報化施工は、戦略的な普及方策をまとめた「情報化施工推進戦略(平成20年7月)」により産学官が一体となって取り組みを進めることとしている<sup>1)</sup>。また、「国土交通省 CALS/EC アクションプログラム 2008(平成21年3月)」においても目標-4に情報化施工の普及推進による工事の品質向上が挙げられ、施工中のデータを有効に活用することでコスト削減、スピードアップ等の生産性を向上させることを目指している<sup>2)</sup>。

一方、技術面において建設機械における制御技術としてのマシンコントロール(以下 MC)技術およびマシンガイダンス(以下 MG)技術は、締固め機械による回数管理やブルドーザ、モータグレーダによる敷均

し、バックホウによる掘削や盛土等に利用されており普及段階にある<sup>3)</sup>。また、MCやMGの位置特定技術は、小規模工事ではトータルステーション(以下 TS)、大規模工事では RTK-GNSS (Real Time Kinematic-Global Navigation Satellite System) が採用されている。施工現場では、さらなる生産性の向上を図るためにこれらの位置特定技術を有効活用した一連の施工、施工管理手法の実現が期待される。施工、施工管理手法の実現には情報化施工を推進していく中で普及の鍵となる新しい技術の導入に対応したルールの整備が必要であり、情報化施工に対応した施工管理手法や監督・検査手法が必要と考えられる。

本研究では、小規模工事の情報化施工で利用されている TS を用いた施工管理手法<sup>4)</sup>を応用して大規模工事にも対応できる施工管理方法とし、RTK-GNSS を用いた出来形管理手法を提案する。また、河川土工において現場計測実験を行い、実験の結果から作業効率や計測精度を従来手法と比較し、管理手法の問題点や

1 : 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  
(〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154, Tel :0545-35-0212, E-mail : shiiba@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 : 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 室長

4 : 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

有効性について検証を行うものとする。

## 2. 施工管理データを搭載した出来形管理

### (1) 土木工事における出来形管理の役割

土木工事における出来形管理は、受注者の施工管理の一つであり、目的物の出来形が設計図書に適合するよう十分な施工管理をしなければならない。そのため、出来形管理結果で条件に不満足なものが発見されれば、改善を図ることが必要となる。目的物の条件は、出来形管理の基準および規格値として土木工事施工管理基準に定められ、表-1に示すように目的物の種類に応じて測定項目および規格値等が定められている<sup>5)</sup>。これらの出来形管理の基準および規格値に従って、受注者は目的物の形状について日々管理を行う。また、発注者は、施工中の段階確認等の監督や所定の工程毎に出来形検査を行い、基準および規格値を満たしているかを検査している。

従来、出来形管理は巻尺やレベルを使用して計測を行っていたが、国土交通省では、情報化施工の一手法として3次元の計測ツールであるTSを用いた出来形管理手法を提案し、平成19年4月に「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)」を策定し、本運用を図っている。

### (2) 施工管理データを搭載したTSを用いた出来形管理

TSは、対象となる測定箇所の3次元座標を瞬時に求める機能を有していることから、測量、土木、建築等の分野で広く利用されている。TSを使用した測量は、角度および距離の同時測定機能やデータコレクタ(電子野帳)を利用することで、観測データの自動記録や観測精度の確認を行うことができる。データコレクタは、施工管理データ(目的物の3次元形状をモデル化した基本設計データと計測した出来形管理対象箇所の情報をモデル化した出来形計測データ)を搭載することで出来形管理への利用ができる。出来形管理を行うために必要なTSとTSに接続されたデータコレクタ等の情報機器一式を総称して出来形管理用TSという。

図-1にTSを用いた出来形管理システムの構成を示す。TSを用いた出来形管理では、出来形管理用TSによって計測した3次元座標値から出来形管理基準および規格値の測定項目に合わせて2点間の距離計算による幅や法長の算出や標高値による基準高の算出が可能である。このように従来手法の巻尺やレベルと同様に長さ管理や高さ管理を実現している。また、3次元の設計データである基本設計データを搭載することにより、算出した出来形値(幅・法長)と設計値との差異を現場にて即座に確認できる。さらに、出来形管理用TSから計測データを出力し、帳票作成ソフトを使

表-1 出来形管理基準および規格値(盛土工)

工種	測定項目	規格値(mm)	測定基準	測定箇所
盛土工	基準高▽	-50	施工延長40m(測点間隔25mの場合は50m)につき1箇所、延長40m(又は50m)以下のものは1施工箇所につき2箇所。基準高は各法層で測定。	
	法長	-100		
	法長	法長-2%		
	幅	W1, W2		

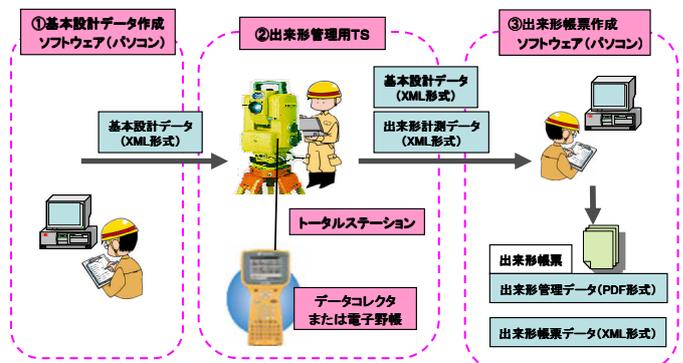


図-1 TSを用いた出来形管理システムの構成

用して自動的に帳票の作成を行うことが可能である。

以上のように、TSを用いた出来形管理を行うことで、施工者は、どの位置でも設計値との対比が可能となり、出来形確認を迅速に実施することができる。また、帳票作成の手間の軽減による施工管理の省力化等の導入効果がある。発注者は、立会結果の早期把握や検査時の判断支援等の導入効果がある。

### (3) 土木工事におけるRTK-GNSSの利用可能性

TSの出来形管理では、精度確保の観点から計測距離100m以内であったが、RTK-GNSSを用いた出来形管理を実現することでRTK-GNSS測量を行う観測距離制限により基準局から500m程度の範囲まで一度に計測可能となる。RTK-GNSSの観測距離制限は、国土交通省国土院が公共測量における標準的な作業方法等を取り纏めた「RTK-GPSを利用する公共測量作業マニュアル」<sup>6)</sup>(現在は「作業規定の準則」<sup>7)</sup>として改正)に定められている。また、機器の導入に関しても、基準局と移動局が1対多での運用が可能となるためMCやMG等RTK-GNSSが導入されている現場であれば、さらなる機器の有効活用ができると考えられる。

RTK-GNSSとは、位置特定技術の一つであり、米国が運営するGPSの他、GLONASS等の人工衛星からの信号を用いて位置を決定する衛星測位システムである。

RTK-GNSSは、近年、土木工事の分野においても情報化施工等で利用されるようになり、計測精度等の機器特性に関する研究もされている<sup>8)</sup>。しかし、衛星測位システムの特徴上、現在の技術では常に高精度測位を保持できない場合があり、捕捉衛星数や衛星の配置による誤差、マルチパス等の受信機に関する誤差、電離層等の影響による電波の伝搬にともなう誤差等の要因から精度劣化することがある<sup>9)</sup>。

### 3. RTK-GNSS を用いた出来形管理手法

本章では、TS を利用した出来形管理手法を応用して RTK-GNSS を用いた出来形管理手法を実現するために、機器特性を考慮して RTK-GNSS を用いた正確かつ確実な出来形管理を実施する計測手法について検証した。

#### (1) RTK-GNSS を用いた出来形管理方法の流れ

図-2に RTK-GNSS を用いた出来形管理の構成を示す。基本的に TS を用いた出来形管理と同様の構成となり、基本設計データ作成、出来形計測、出来形帳票作成の3段階で構成される。

#### (2) RTK-GNSS を用いた出来形管理手法の基本方針

RTK-GNSS を用いた出来形管理手法の基本方針は、国土交通省国土地理院が公共測量における標準的な作業方法を定めている「RTK-GPS を利用する公共測量作業マニュアル」の RTK-GNSS の計測手順に従うものとした。しかし、RTK-GNSS の優位性を生かした出来形測量を実現するために計測手順は、計測精度を確保することで柔軟に変更することとした。

RTK-GNSS の出来形管理を適用する範囲は TS による出来形管理と同様に、土工（道路土工や河川土工等）の工種とした。

出来形管理基準および規格値は、RTK-GNSS の計測結果から出来形値（幅、法長、標高等）を算出するため、管理基準および規格値は現行の土木工事施工管理基準に定められた内容と同様とした。

計測性能は、「RTK-GPS を利用する公共測量作業マニュアル」に準拠した性能を有し、出来形管理の作業性と測定精度から2周波のRTK測位が可能なこととした。実際の運用に際して施工者は、検定機関による機器検定証明書、メーカーによる検査成績書、500m以下の整備された基線上にて所定の計測性能が得られたことを示す報告書のいずれかを監督職員に提出することで確認することとした。

出来形管理に利用する基準点は、監督職員から指示された4級基準点と3級水準点（山間部では4級水準点を用いても良い）、もしくはこれと同等以上のものとした。また、出来形値（幅、法長、標高等）の元データとなる3次元座標は、基準点からの相対位置である。出来形値の計測誤差は、出来形管理に利用する基準点の誤差に依存する。このため、計測精度を確実に確保するには、基準点の位置座標を包括する面との誤差（回転量、移動量）を確認することを推奨している。誤差の影響を最小限にするためには、図-3に示すローカライゼーションを行っても良いこととした。ローカライゼーションとは、RTK-GNSS を用いて取得した公共測量座標系の座標値を現場座標系に変換することであり、基準点に回転や移動がかかっている現場では、

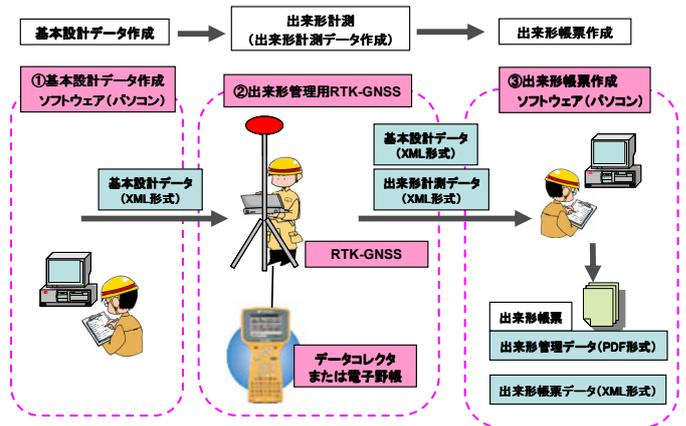


図-2 RTK-GNSS を用いた出来形管理の構成

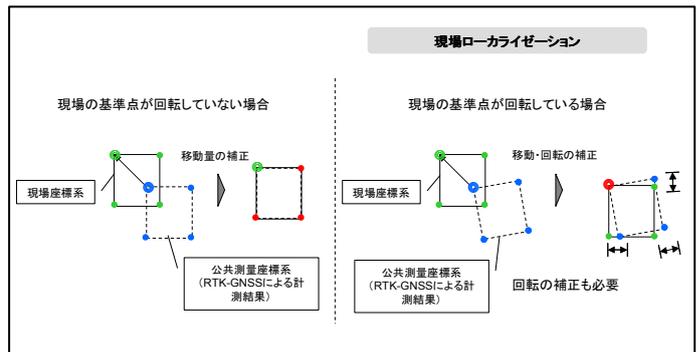


図-3 ローカライゼーションの概念

出来形計測を実施する前後に既知の測量座標値を付与された基準点を測量し、計測結果を補正することで現場基準点の誤差を打ち消し現場基準点に近い計測値が得られるものである。

RTK-GNSS の機器設置は、GNSS 基準局を既知の基準点上に設置した。GNSS 基準局（既知点）と GNSS 移動局（出来形計測点）までの基線長は、「RTK-GPS を利用する公共測量作業マニュアル」に従って 500m 以内とした。

#### (3) RTK-GNSS を用いた出来形計測

出来形計測の手順は、計測精度を確保するために、図-4に示す内容を実施する。

初期化実施と既知点確認は、出来形計測前に必要な計測精度の確保を目的に基準点等の既知点において座標較差を確認する。確認方法は、GNSS 受信機の推定値バイアス推定の初期化を実施し、既知点座標と計測座標の較差が X 座標、Y 座標、Z 座標において各々 ±25mm 以内とする。出来形計測は、初期化後の既知点確認で較差が ±25mm 以上の場合、出来形計測を開始せず、±25mm 以内の条件を満たした段階で計測を実施する。

出来形計測は、出来形管理の対象となる測定箇所へ GNSS 移動局を設置し、FIX 解を得てから 10 エポック（10 秒）以上を計測する。「RTK-GPS を利用する公共測量作業マニュアル」では 10 エポック（10 秒）の計測を 2 回計測することとなっている。事前に実施した実証実験の結果では、2 セット間の較差は小さく、

計測後既知点確認を行うため、出来形管理への利用においては1セットの計測で対応することが可能である。

出来形計測後は、出来形計測中に使用している衛星の変化等によるドリフトを確認するために既知点を確認する。較差が±25mm以内であることを確認する。較差が±25mm以上の場合は、これまで計測した出来形計測を採用することができない。

最後に、初期化と既知点確認を再度実施する。再度初期化と既知点確認を実施することにより、出来形計測における錯誤を排除することができる。較差が±25mm以内であれば、計測した出来形計測座標を採用

し、出来形値としてデータコレクタまたは電子野帳へ登録する。

出来形計測中の留意事項は、衛星等の観測環境の変化による精度劣化により既知点確認の結果、出来形計測値が採用されない場合も考えられるため、計測作業の手戻りを少なくするため図-5のように計測距離を100m~200m程度として既知点確認を実施することが望ましいとしている。これは、測定延長200m(断面間隔50m, 1断面あたり4点計測)の現場を想定すると計測時間が1時間程度かかるため、不採用時の時間的なロスを避けるため100m~200m程度としている。

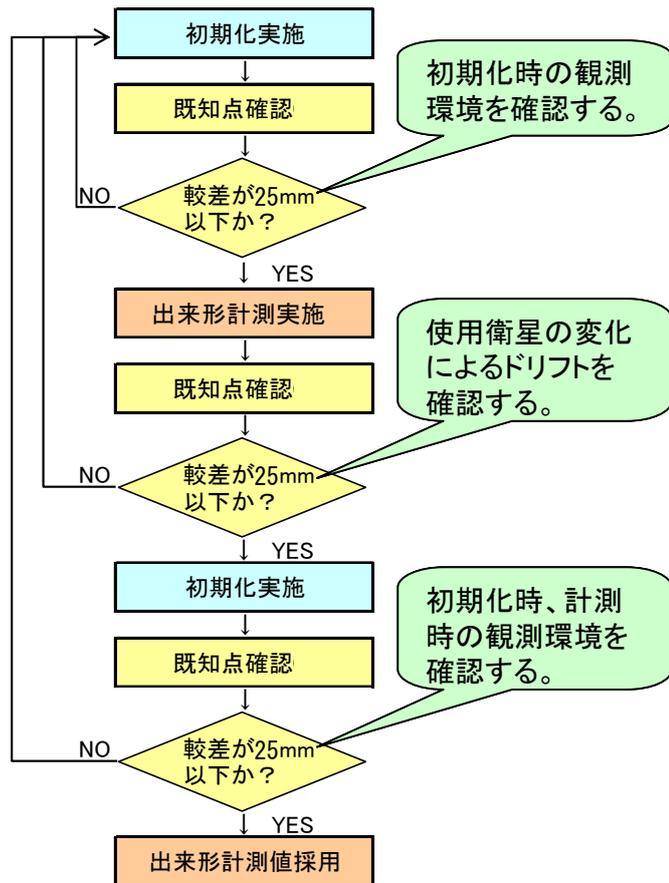


図-4 RTK-GNSSを用いた出来形計測手順

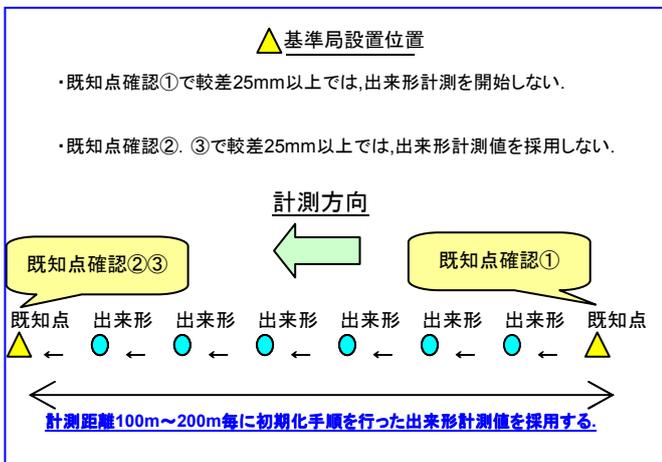


図-5 RTK-GNSSを用いた出来形計測の留意点

#### 4. 現場計測実験

##### (1) 実験の目的

本章では、提案したRTK-GNSSを用いた出来形管理手法により現場での出来形計測を行い有効性の検証を行った。本実験は、得られた計測結果よりRTK-GNSSを用いた出来形管理を行う際の a) 出来形計測精度、b) 出来形作業効率について評価を行う。

##### (2) 計測実験現場概要

現場計測実験は、国土交通省における河川土工を対象とし、平坦地の現場Aと山間部の現場Bの2現場にて実施した。写真-1に現場Aの現場状況写真、写真-2に現場Bの現場状況写真を示す。

現場Aは、北海道開発局管内の石狩川の下流域における左岸築堤の改良工事現場であった。現場天空は開けており周辺に建築物もないため、衛星の取得環境としては良好であった。ただし、現場Aは、地理的に高緯度に位置しているため、衛星の軌道が地平線近くを通ることが多く、計測精度に影響を与える可能性がある。

現場Bは、九州地方整備局管内の徳須恵川の上流側に位置し、現場周辺は山々で取り囲まれている。そのため、周囲にせり出した山が衛星の電波を遮断し取得衛星数が十分でなくなる可能性がある。図-6に現場A、図-7に現場Bの平面図と横断図を示す。

##### (3) 実験方法

各現場において以下の実験を実施した。提案したRTK-GNSSを用いた出来形管理手法にて出来形計測を行った。出来形計測に関しては、従来手法との作業効率や計測精度の比較検証を行うために、TSによる出来形管理と従来手法のレベル、巻尺を用いた計測を実施した。出来形計測は各現場において図-6、図-7の平面図に示す計測断面にて計測し、従来方法のTSおよびレベル・巻尺計測値と計測位置を合わせるため、図-6、図-7の横断図に示す計測位置に設置した現場設置杭および目串上を計測した。

RTK-GNSSの計測手法は、公共座標系の4級基準点

に基準局を設置して、そのまま公共座標系で計測する方法と現場座標系に合わせるために、出来形計測範囲を取り囲む基準点を用いてローカライゼーションを実施する方法の2パターンを実施した。

**(4) 実験結果**

**a) 現場計測精度**

現場 A の計測精度結果を以下に示す。図-6の横断面図に出来形管理の測定項目を示すが、巻尺計測は、築堤天端の法線中心で左右に分ける2幅員(W1, W2)と法長(S1)の3項目である。また、レベル計測の項目は各計測点の基準高(H1~H4)である。RTK-GNSSの計測結果を上記の測定項目に合わせて3次元座標から計算した結果をもとに比較を行った。

図-8にGNSSの計測値と巻尺計測値の比較結果を示す。図は、公共座標計測結果とローカライゼーション実施の計測結果であり、Y軸は巻尺計測との長さの差異、X軸は計測した管理断面の測点番号を示している。図より公共座標およびローカライゼーション実施による計測結果ともに、従来法の巻尺の計測結果と比

較すると長さの差異が±40mm 以内の範囲に収まっていることが確認できる。この差異は、2点間の距離計算から長さを算出しており出来形計測の条件がX座標、Y座標の較差25mm以内であるため、その2倍近くの40mm程度の誤差が発生したといえる。

図-9にGNSS計測標高値とレベル計測標高値の比較結果を示す。巻尺計測と同様に、公共座標計測結果とローカライゼーション実施の計測結果であり、Y軸はレベル計測との高さの差異、X軸は計測した管理断面の測点番号を示している。公共座標計測結果を見ると測点番号2350, 2450, 2500の箇所で差異が大きくなっているが、全体の約7割は、概ね±10mmの差異である。また、ローカライゼーションを行った計測結果は、全体の約8割は、概ね±10mmの差異である。計測差異が大きくなる要因は補正データの通信エラー、衛星配置等、詳細は不明であるが、計測データが安定的に取得できた場合は、高さ方向で概ね±10mmの誤差で計測が可能であることがわかった。

さらに、GNSS計測結果とTSの計測結果の比較を行

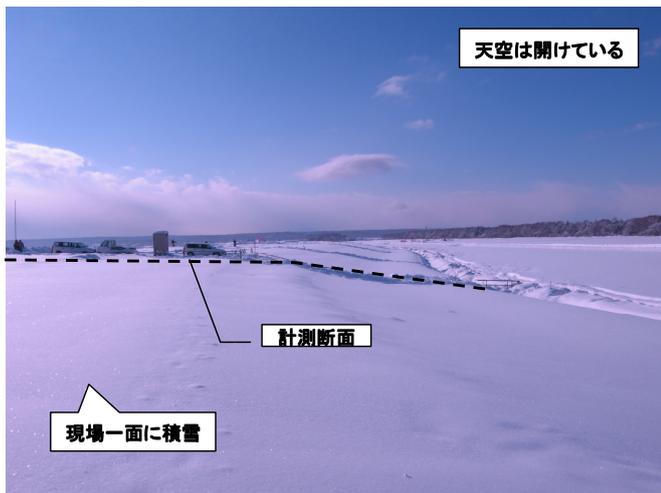


写真-1 現場Aの現場状況写真

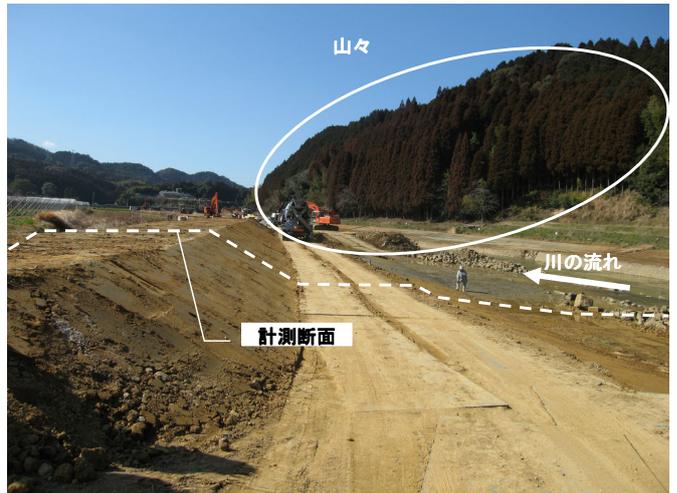


写真-2 現場Bの現場状況写真

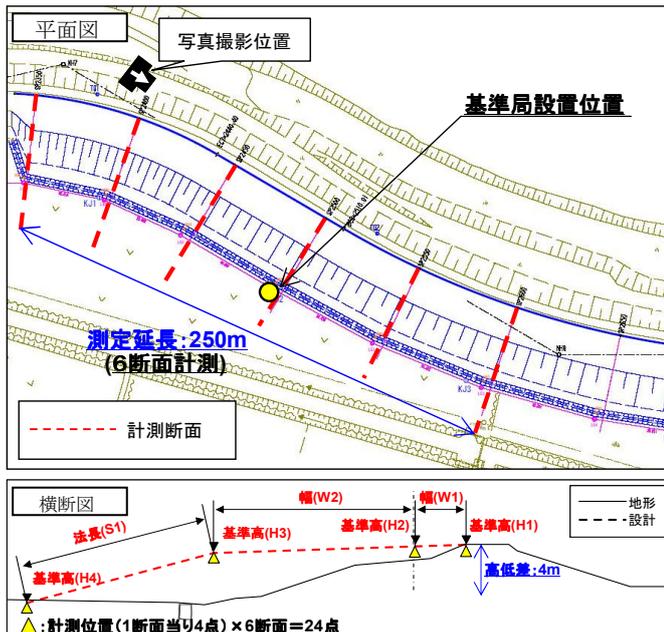


図-6 現場Aの平面図と横断面図

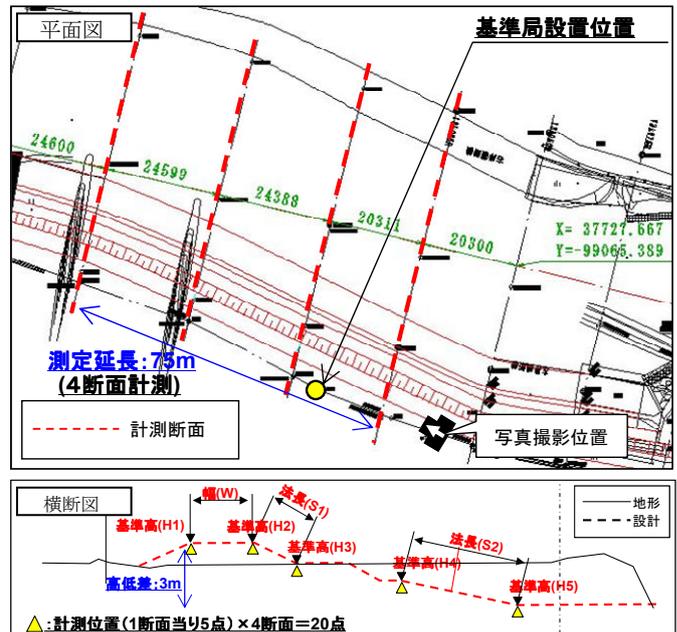


図-7 現場Bの平面図と横断面図

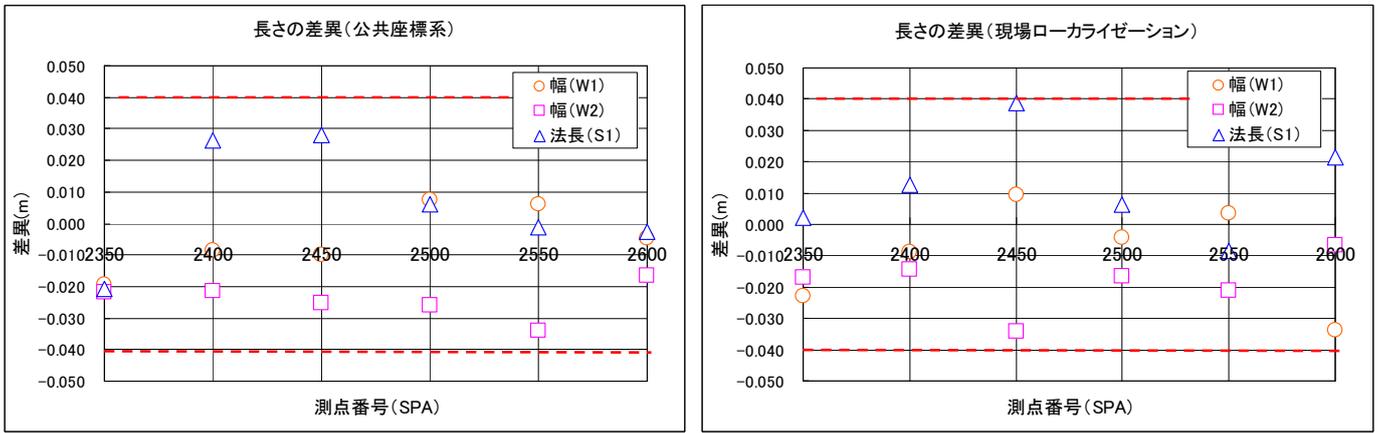


図-8 巻尺計測値の差異確認結果(現場A)

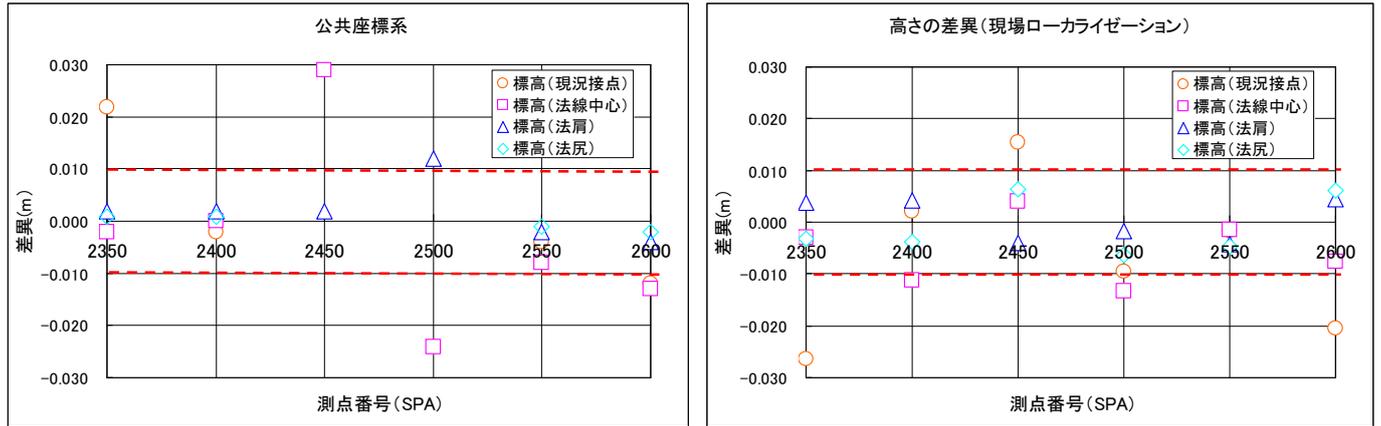


図-9 レベル計測値の差異確認結果(現場A)

った。出来形計測項目(長さ・標高)ではなく、計測点の位置精度(X座標、Y座標、Z座標)の比較を行った。図-10にGNSSの計測値とTSの計測値の差異確認結果を示す。公共座標計測結果とローカライゼーション実施の計測結果であり、図の左側が平面方向の差異(X-Y座標)を右側が鉛直方向の差異(X-Z座標)を示している。図の左側の平面方向の差異を見ると、公共座標計測結果は、ローカライゼーション計測結果と比較するとばらつきが大きい。これは、現場に設置された基準点の座標値の軸が回転しているためと想定される。ローカライゼーションを実施することで、ばらつきは小さくなったもののX軸誤差が+50mmに集中している。これはローカライゼーションに用いた基準点の誤差が計測値全体に影響したものと想定される。鉛直方向の差異は、ローカライゼーションを実施することで、ばらつきは±30mm以内に収束した。

次に、現場Bの計測精度結果を以下に示す。現場Aと同様に、現場計測精度を確認するためにGNSSの計測結果と従来法との計測結果の比較を行った。現場Bは、周辺の山の影響で現場右岸にある基準点の計測が不可能であったため、ローカライゼーション計測を実施せず、現場左岸に基準局を設置した公共座標計測のみを実施した。図-7に出来形管理測定項目を示す。巻尺計測は、築堤天端の1幅員(W)と法長(S1, S2)の3項目である。また、レベル計測の項目は基準高(H1

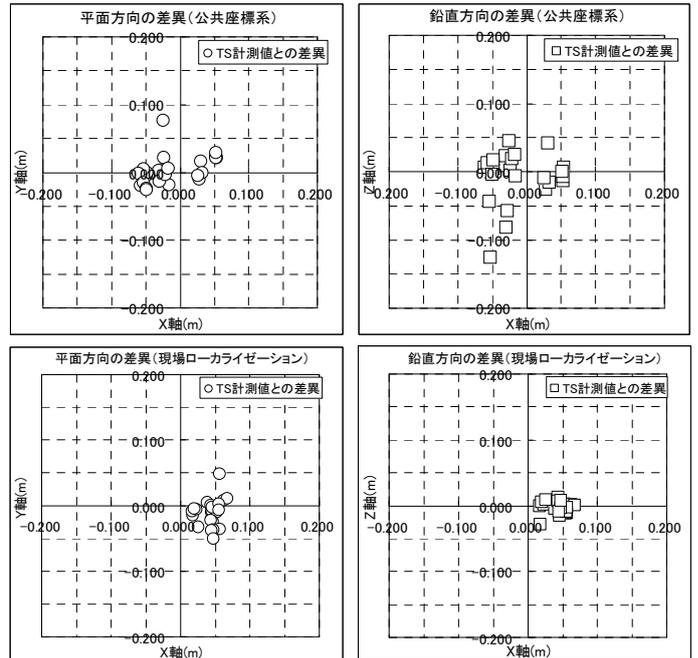


図-10 TS計測値との差異確認結果(現場A)

～H5)である。RTK-GNSSの計測結果を上記の測定項目に合わせて距離計算した結果をもとに比較を行った。

図-11にGNSSの計測値と巻尺計測値の比較結果を示す。図は公共座標計測結果であり、Y軸は巻尺計測との長さの差異、X軸は計測した管理断面の測点番号を示している。図より12950の断面以外の計測値は±40mm以内の範囲に収まっている。12950の断面の幅

(W)と法長(S2)は誤差が 100mm 以上で図の欄外であるが、GNSS にて再測した結果、較差が同様の結果であったため、この誤差は GNSS と巻尺の計測結果の誤差ではなく GNSS 計測時に計測位置を合わせるため設置した現場設置杭ではない箇所を計測したと想定される。

図-12に GNSS 計測標高値とレベル計測標高値の比較結果を示す。巻尺計測と同様に、公共座標計測結果であり、Y 軸はレベル計測との高さの差異、X 軸は計測した管理断面の測点番号を示している。前述の通り、12950 断面で示す誤差を除くと、最大で 24mm の差違があるものの、全体の約 8 割は、概ね±10mm の差異である。

現場 A の実験結果と同様に GNSS 計測値と TS 計測値の差異確認を行い、計測点の位置精度 (X 座標, Y 座標, Z 座標) の比較を行った。

図-13に GNSS の計測値と TS の差異確認結果を示す。左側が平面方向の差異 (X-Y 座標), 右側が鉛直方向の差異 (X-Z 座標) を示している。図の左側の平面方向の差異を見ると、3 点の誤差が大きい点が見られるものの、その他の点は、±30mm 以内に収まっていることがわかる。また、右側の鉛直方向の差異確認結果を見ると、平面誤差が大きいくずれている 3 点の鉛直誤差が大きいことを除けば、±30mm 程度の範囲内に収まっていることがわかる。

### b) 現場計測作業効率の検証

図-14は、現場 A での実験結果を用いた現場作業効率の実験結果を示す。実験区間 (6 断面, 測定延長 250m) 内におけるレベル・巻尺計測時間, TS 計測時間, GNSS 計測時間を比較した。GNSS の計測時間が長い理由は、GNSS 補正情報無線の通信状態が悪かったことと計測エポック数を 20 エポックとしたことであり、さらなる短縮が可能である。また、ローカライゼーションは、1 度行えば次回以降実施する必要がないため削減可能な項目となっている。

図-15は、計測工数での作業効率の比較結果を示す。GNSS 計測は、一人で実施可能であるのに対し、TS, レベルおよび巻尺計測では 2 人で実施するため、計測時間に計測人数を掛けた計測工数で比較した。現状でどの計測工数もほぼ同等の結果が得られたが、上記削減項目を加味すると、GNSS 計測がもっとも計測効率が良くなる可能性が高いと思われる。

## (6) 考察

### a) 現場計測精度

実験結果より提案した計測手法によって出来形計測を行うことで、従来手法との差異は、長さ方向で ±40mm 以内、高さ方向で概ね±10mm 程度で収まることわかる。出来形管理での利用を考えると、長さ方向の差異に関しては、土工の幅員の規格値が-100mm

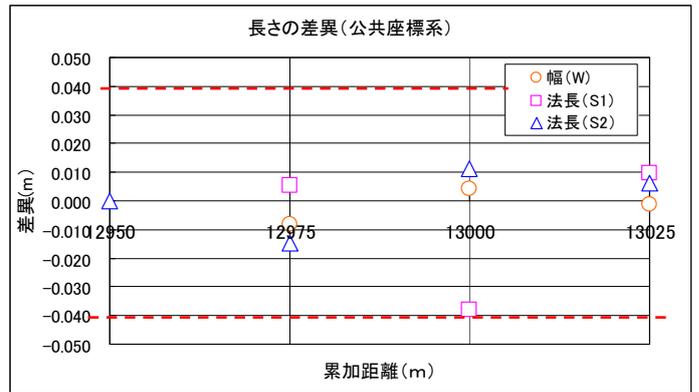


図-11 巻尺計測値の差異確認結果(現場B)

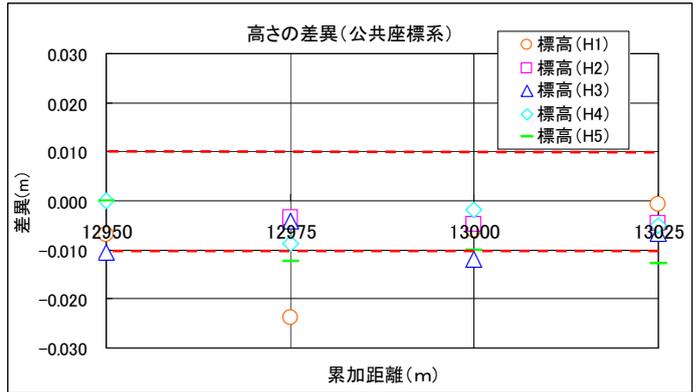


図-12 レベル計測値の差異確認結果(現場B)

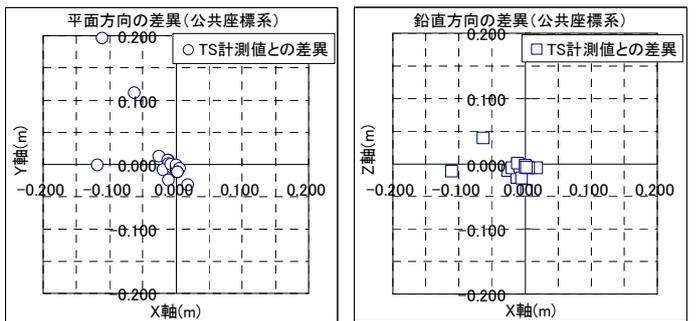


図-13 TS計測値の差異確認結果(現場B)

以上と下限値のみ規定されていることや従来手法においては現場設置杭 (50mm 角程度) を目安に施工していることから、十分管理に利用できる精度であるといえる。また、高さ方向に関しては、小石程度 (10mm) の差異であることから土工の出来形管理に利用できると思われる。

ただし、一部の計測結果においては、大きな差異がみられるため、この計測差異を排除するためには適正な計測値を取得できるように、計測者の判断を支援する機能として必要な情報を現場で確認できることが必要であると考えられる。また、本研究では、RTK-GNSS の計測環境として山間の不利な条件と下流域の天空が開けた好条件の現場の対照的な条件下で実施しており、この結果から以下のことが明らかになった。一つは両現場とも実用上十分な精度を確保した計測が可能であった。もう一つは、山間部等の不利な条件下での計測では、計測効率が著しく低下した。このことから計測

環境によって GNSS 計測が適している現場とそうでない現場があることが課題であり、現場導入の際には、GNSS による計測に適している現場なのかを事前に調査する必要がある。

**b) 現場計測作業効率**

実験結果より計測工数を従来手法と合わせて比較すると、TS による出来形計測およびレベル・巻尺による出来形計測と比較して RTK-GNSS は従来手法に比べて不慣れな点もあり若干不利であったが、計測時間に大きな差が見られない。1 人で計測できるため、熟練度の向上や計測エポック数の最適化によって、さらなる時間短縮も図れることから計測工数としては、優位性が認められるといえることができる。

**5. 結論**

本研究では、TS を用いた出来形管理を応用して RTK-GNSS の機器特性を考慮した出来形管理手法を提案した。提案した手法は「RTK-GPS を利用する公共測量作業マニュアル」に従って、基線長の制限距離を 500m 以内、既知点での較差を±25mm 以内とし、10 エポックの FIX 解を計測値として採用することとした。また、「RTK-GPS を利用する公共測量作業マニュアル」以外の計測方法では、計測精度を確保するために、現場座標系に変換する必要性の提示や既知点確認手順等の計測方法を示した。さらに、現場実験における従来手法との比較結果より、計測精度や作業効率について有効性を確認することで、RTK-GNSS を用いた出来形管理の実現の可能性を示すことができた。

今後の展開としては、さらなる現場試行を行うことで、本手法の実施に伴う効果や課題について整理し、本格運用に向けて管理手法の確立を推進していく必要がある。また、同時に RTK-GNSS を用いた出来形管理手法の要領化と出来形管理手法に従った計測を可能にするソフトウェアの開発も必要である。

このように、新しいツールを利用する場合には、情報化技術を活用した業務改善目的（サービス）に適した確実な使用方法が必要であり、本研究の成果が、RTK-GNSS を用いた出来形管理の手法確立の一助となることを期待している。

**謝辞：**謝辞は、本研究を進めるにあたり、有限責任中間法人日本測量機器工業会の江島裕氏と小野木健二氏には、RTK-GNSS における測量方法についてご協力を頂いた。また、日本大学佐田達典教授には、計測誤差や計測方法についてご教授頂いた。さらに、有限責任中間法人日本測量機器工業会 GPS 部門会の委員である株式会社トプコン、株式会社ソキア・トプコン、株式会社ニコン・トリンプル、ライカジオシステムズ

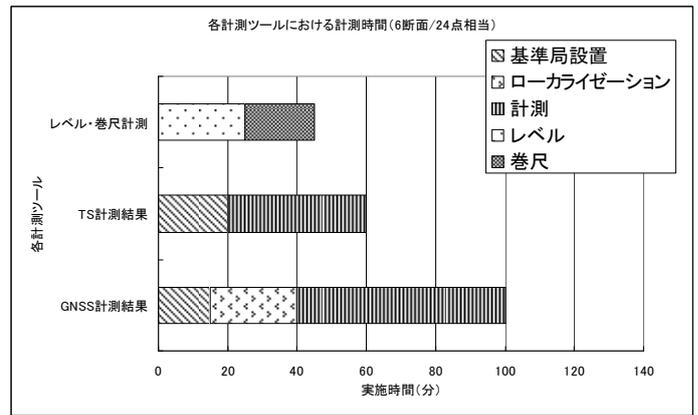


図-14 現場計測時間の確認結果

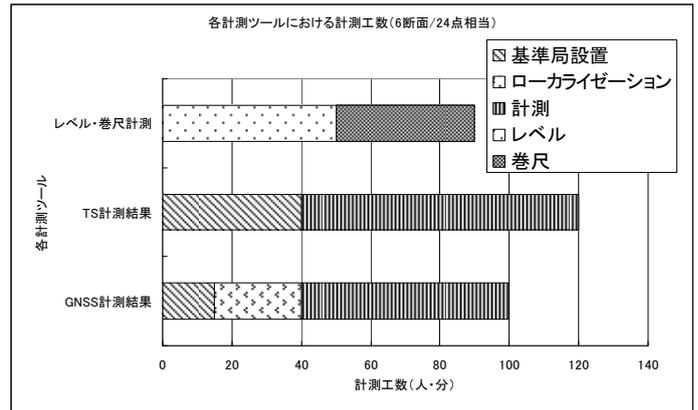


図-15 現場計測時間の試算

株式会社には、RTK-GNSS の機器特性や計測方法について多大なるご協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表する。

**参考文献**

- 1) 国土交通省ホームページ,報道発表資料,「情報化施工推進戦略」の策定について  
[http://www.mlit.go.jp/report/press/sogo15\\_hh\\_000009.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/sogo15_hh_000009.html),2009年5月現在
- 2) 国土交通省ホームページ,報道発表資料,「国土交通省 CALS/EC アクションプログラム 2008」の策定について  
[http://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08\\_hh\\_000045.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08_hh_000045.html),2009年5月現在
- 3) 篠原雅人他,河川土工(掘削工)の高度化に向けたICT活用手法の提案,土木情報利用技術論文集,Vol.17,2008年10月,pp.135-142
- 4) 有富孝一他,トータルステーションを活用した道路土工における出来形管理システムの構築と現場実証,土木情報利用技術論文集,Vol.15,2006年10月,pp.259-270
- 5) 関東地方整備局土木工事施工管理基準及び規格値,平成21年4月改訂
- 6) 国土交通省 国土地理院 RTK-GPS を利用する公共測量マニュアル 平成12年6月
- 7) 国土交通省 作業規定の準則,平成20年3月改正
- 8) 佐田達典他,RTK-GPS による移動体測位の特性に関する基礎的研究,土木情報利用技術論文集,Vol.17,2008年10月,pp.195-202
- 9) 佐田達典,GPS 基礎講座～誤差要因～,社団法人日本測量協会 機関紙 月間「測量」,1999年10月号,pp.42-45