

II-16 施工管理データを搭載した RTK-GNSS による 出来形管理の適用に関する検討

Study on application of as-built management method using
RTK-GNSS loaded with construction work control data

梶田洋規¹・北川順²・遠藤和重³・藤島崇⁴・椎葉祐士⁵

Hiroki KAJITA, Jun KITAGAWA, Kazushige ENDO, Takashi HUIJISHIMA, and Yushi SHIBA

抄録：近年、海外の大規模工事において、施工に用いる重機に対し位置特定技術、電子制御技術、および情報通信技術等を搭載することで施工の効率化を図る「情報化施工」の導入が進んでいる。我が国においても、一部の大手企業を中心に導入されてきており、国土交通省においても「情報化施工推進戦略」を策定し、産学官による取り組みを進めている。「情報化施工推進戦略」において取り組むべき課題の1つとして、新しい技術の導入と共に、対応した施工管理手法や監督・検査手法を掲げている。

本研究では、測位衛星を利用した測量機器である RTK-GNSS を用いた出来形管理手法を提案し、河川・道路土工の工事現場においてトータルステーションによる出来形管理手法と二重に実施し、現場適用性の確認および比較検証を行った。

キーワード：情報化施工、出来形管理、施工管理、GNSS、GPS、CALS/EC、設計データ、XML

Keywords：Intelligent Construction, As-built management, Global Navigation Satellite System, CALS/EC, XML

1. はじめに

情報化施工は、建設事業の調査設計から維持管理までの建設生産プロセスの「施工」において、ICT（情報通信技術）の活用により各プロセスから得られる電子情報を活用し高効率・高精度な施工を実現し、また、施工で得られた電子情報を他プロセスに活用することで、建設生産プロセス全体の生産性向上や品質確保を図ることを目的としたシステムである。近年、汎用の建設機械を用いる土工工事や舗装工事等の一般的な土木工事においても、進歩し廉価になった測量技術・制御技術・情報通信技術を用いて、情報化施工が大規模工事を中心に導入されつつあり、効果を上げている。

国土交通省では、情報化施工の戦略的な普及方策について検討を行い、直轄工事への導入を推し進めているところである。

その一環として、国土技術政策総合研究所では、効率的な施工管理（監督・検査を含む）を目的に、3次元座標の施工管理データを搭載したTS（トータルステーション）で出来形管理を行う手法の研究・確立を行った¹⁾。

しかし、精度確保のために計測距離は100m以内（3級TSの場合）の制限があり、それを超える場合は新たな工事基準点設置とTS移設が必要であり、約20分かかることから、現場より距離延長の要望が出ている。

そこで、TSに代え、より広範囲を1人で効率的に測量できる器械「RTK-GNSS」を用いた出来形管理手法を直轄工事に導入すべく取り組んでおり、本研究は、土工を対象に検討してきた3次元座標の施工管理データを搭載したRTK-GNSSによる出来形管理手法（出来形管理用RTK-GNSS）について、直轄の現場に導入し検証を行ったものである。

2. これまでの出来形管理手法

（1）出来形管理用基準

公共土木工事においては、工事目的物の出来形および品質規格の確保を図るため「土木工事施工管理基準及び規格値」が定められており、その中で出来形管理の測定項目や規格値などが図-1に示すように工種毎に決められており、監督・検査においても、その内容に沿って行われている。

1：非会員 工修 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
(〒305-0804 茨城県つくば市旭一番地, Tel :029-864-7480, E-mail : kajita-h8910@nilim.go.jp)

2：非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 情報基盤研究室 研究官

3：非会員 工修 国土交通省 国土技術政策総合研究所 情報基盤研究室 室長

4：正会員 工博 (社)日本建設機械化協会 施工技術総合研究所 技術課長

5：正会員 工修 (社)日本建設機械化協会 施工技術総合研究所

工種	測定項目	規格値(mm)	測定基準	測定箇所
道路 土工	基準高▽	±50	施工延長40mにつき1箇所、延長40m以下のものは1箇所	【盛土の場合】
	法長	L<5m	掘削：-200 盛土：-100	
		L≥5m	掘削：法長の-4% 盛土：法長の-2%	
	幅(W1, W2)	-100	道路中心線及び端部で測定。	
河川・ 海岸・ 砂防 土工	基準高▽	掘削：±50 盛土：-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箇所	【盛土の場合】
	法長	L<5m	掘削：-200 盛土：-100	
		L≥5m	掘削：法長の-4% 盛土：法長の-2%	
	幅(W1, W2)	-100（盛土のみ）	掘削部の両端【掘削】、各法肩【盛土】で測定。	

図-1 出来形管理基準及び規格値



幅員計測状況(巻尺) 高さ計測状況(レベル)

図-2 レベル・巻き尺による出来形管理

(2) 従前の出来形管理方法

従前の出来形管理は、図-2に示すように、計測する断面に丁張りを設置し、水糸や巻尺やレベルを用い長さや高さを計測しており、丁張り設置や計測に手間・人数を要し、また、帳票類作成時には転記作業を伴い、その際の転記ミスも懸念される。

(3) 施工管理データ搭載TSによる出来形管理

3次元測量機器であるTSに、図-3に示すような

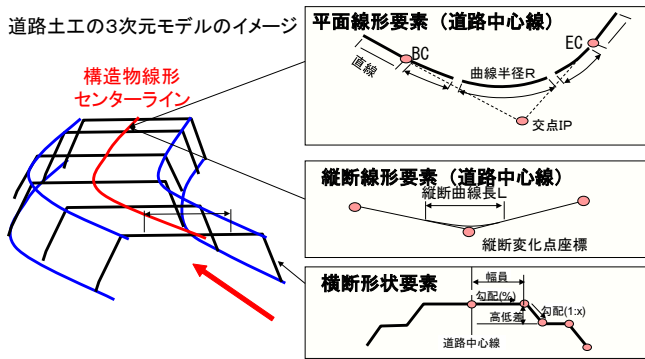


図-3 道路土工の3次元プロダクトモデル(イメージ)

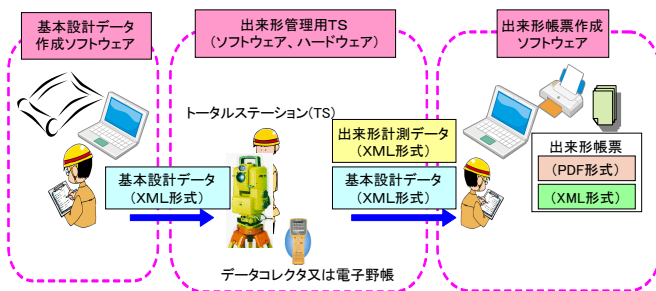


図-4 施工管理データ搭載TSによる出来形管理手法

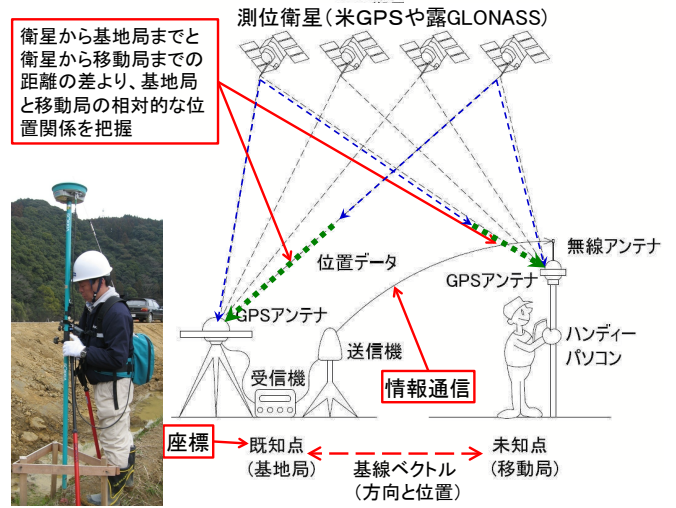


図-5 RTK-GNSSの概要

工事目的物(盛土など)を3次元モデル化した設計データ(施工管理データ)を搭載することで、現場の丁張削減や省力化を図り、また、帳票の自動作成が行える出来形管理用TS(図-4)の開発を行い、直轄現場に導入・普及を図ってきた。¹⁾

試行現場の調査結果より、効果は確認出来たが、3級TSで100mの計測距離制限に対し、施工者から、計測距離の長距離化の要望が多く寄せられた。

3. 出来形管理用RTK-GNSS

(1) RTK-GNSSの概要

RTK-GNSSは測位衛星(米国のGPS等)を利用した測量技術であり、TSに比べ、1つの基準点で広範囲の測量が可能である。通常のGPSでは測量には精度不足だが、5つ以上の衛星を利用し、座標が分かっている基準点に基地局を設置することで、高い精度を確保している。(図-5)

(2) RTK-GNSSの精度

実験を通じ取得したデータの誤差を見ると、図-6

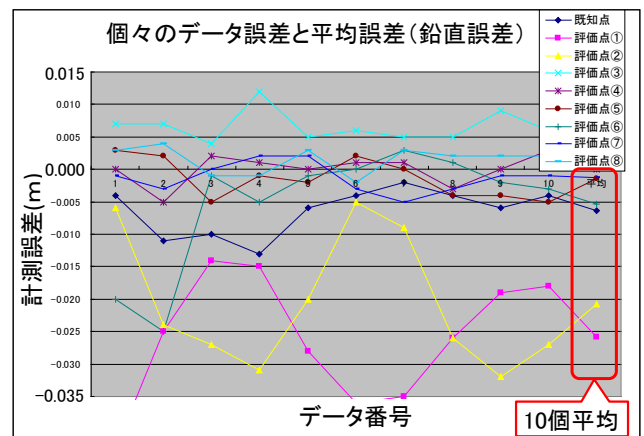


図-6 RTK-GNSSのデータ誤差と平均誤差

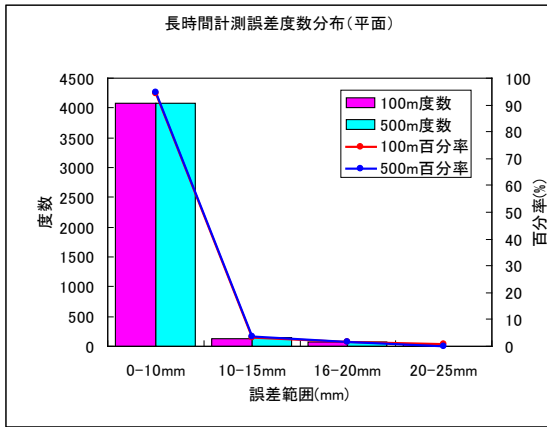


図-7 RTK-GNSS の誤差(水平方向)

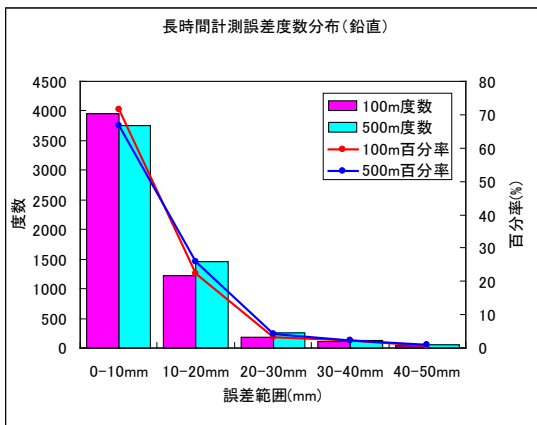


図-8 RTK-GNSS の誤差(鉛直方向)

のように1回の計測では誤差が大きな場合があるが、10回の平均値を用いることで誤差が安定し、土工の出来形計測に利用可能な精度を確保できた。より多くのデータで平均をとっても、10回平均とほぼ同程度の誤差であったことから10回平均することとした。

長時間、既知点を計測し、RTK-GNSSの計測誤差を検証した結果、ほとんどのデータが、水平方向に1cm以内の誤差(図-7)、鉛直方向に2cm以内の誤差(図-8)であり、土工の出来形管理に利用可能な精度であることが分かった。

(3) RTK-GNSSによる出来形管理手法

RTK-GNSSはTSと同じ3次元測量機器ではあるが、初期化など衛星測量特有の手順が必要となる。衛星は計測中に移動し、電離層など観測精度に影響を与える環境も変化することから、計測精度が確保されていることを確認できる必要がある。そのため、精度が保たれた状態で計測された出来形計測データであることを確認するために、出来形計測の前後に既知点で精度確保の有無を確認することとした(図-9)。なお、出来形計測作業の大幅な手戻りを防止するために、延長100~200mの出来形を実施する毎に確認し、出来形計測データを確定させていくこととした。

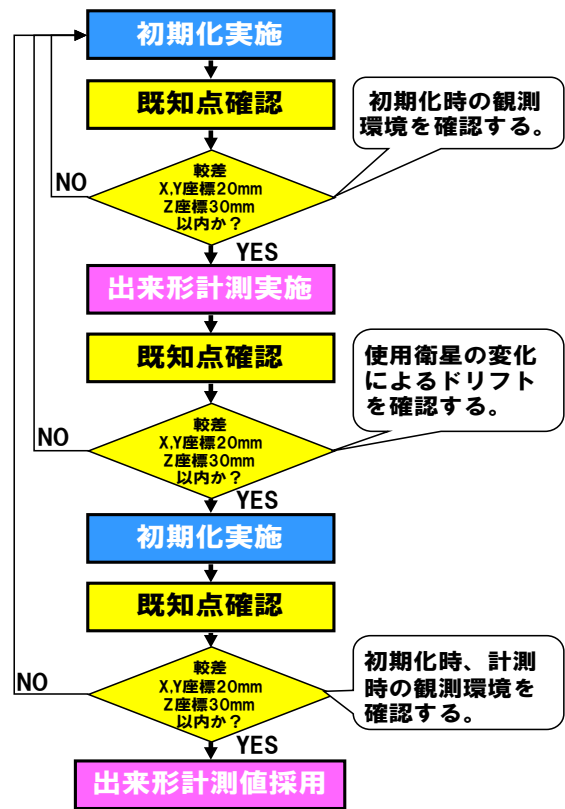


図-9 計測手順

4. 試行現場での検証結果

北海道から九州にかけ直轄工事のA~E現場の5箇所において、TSによる出来形管理とRTK-GNSSによる出来形管理の二重管理を行い、比較検証した。現場条件として、試行延長が40m×2箇所、約200m×2箇所、440m×1箇所である。なお、計測点数は、試行延長に概ね比例するが、現場条件により多少のばらつきがある状況である。

今回の試行において、固定局の移設をせずに計測できる範囲が、TS(3級)の100mに対し、RTK-GNSSは500mと設定し実施しており、広い現場ほど効率化が期待できるものである。

A現場は、比較対象のTSが1人で計測可能な高機能機種(ワンマンTS)であったが、8%効率の向上が得られた。これは、延長が5現場で最長の440mであったことから、TSは計測距離制限から器械の移設を4回行い機器設置に時間を要したためである。C現場はRTK-GNSSに適しており、逆に、TSでは同じ延長約200mのB現場の機器移設回数(盛り換え回数)が2回に対しC現場は3回を要していることから、5現場の中で一番の71%の効率の向上が得られた。E現場は、試行延長が40mと非常に短く、機器設置時間がTSもRTK-GNSSも変わらないことから、衛星測量として必要なローカライズの手間だけ余分にかかっており、TSより効率が悪い結果となった。(図-10)

現場	試行延長 (m)	計測点数 (点)	GNSS					TS					効率上昇率 (1-GNSS/TS) (%)
			計測人数 (人)	計測時間 (人・min)	1点当たりの計測時間 (min/点)	機器設置 (min)	ローカライズ (min)	計測人数 (人)	計測時間 (人・min)	1点当たりの計測時間 (min/点)	機器設置 (min)	盛り換え回数 (回)	
A	440	56	1	187	3.3	15	0	1	140	2.5	80	4	8
B	200	17	1	108	6.4	15	45	2	135.6	8	74	2	20
C	180	27	1	50	1.9	18	30	2	236.4	8.8	102	3	71
D	40	15	1	58	3.9	18	0	2	120	8	20	1	46
E	40	10	1	25	2.5	20	28	2	28	2.8	16	1	-66

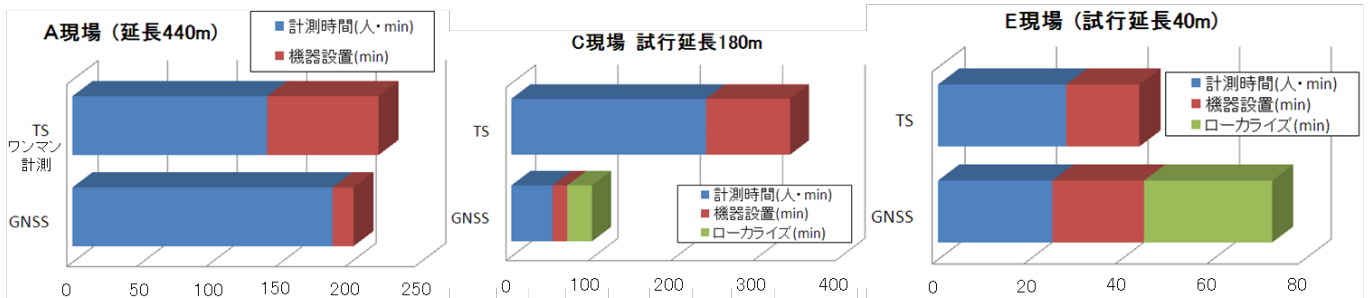


図-10 RTK-GNSSとTSによる出来形管理の結果

定量的効果の把握以外に、施工者へアンケートを実施した結果、RTK-GNSSのメリットとして、期待通り計測範囲拡大が1番多く、次いで、省力化があげられた。逆に、デメリットとして、衛星測量のデータのばらつきに起因する計測値の再現性があげられ、また、衛星の配置の変化などによる適用時間や条件が限定的な点もあげられた。また、1データ取得に1秒かかり、10秒間データ取得して平均して精度を高めているが、計測地点で10秒間以上静止する必要があり作業性の問題となるか聞いたところ、精度を高めるためであれば、10秒程度なら問題無いとの意見を得た。なお、今後、本技術を導入したいとの回答は75%であった。

5. RTK-GNSSの距離の精度への影響

試行現場において、500mの計測距離はもっと広い方がよいとの意見を受け、計測距離の精度への影響を調べるため、固定局からの距離が100m地点と1,000m地点のそれぞれに移動局を設置し同時にデータ収集した

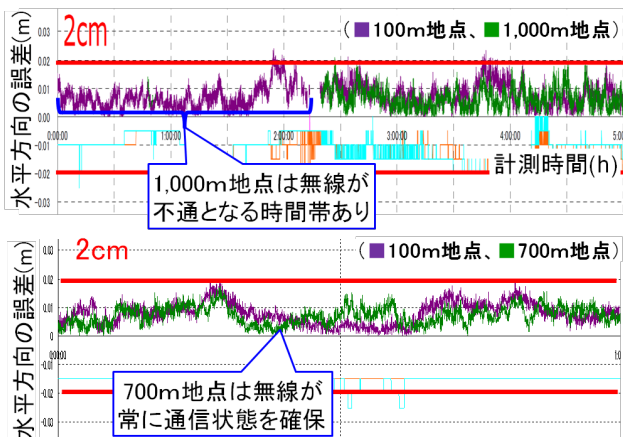


図-11 距離の精度への影響と無線通信状態

(図-11の上)。また、100m地点と700m地点も同様に実施した(図-11の下)。700m地点も1,000m地点も100m地点と比べ、データの誤差(ばらつき)は同程度であり、TSのように距離に比例した顕著な精度劣化は認められなかった。しかし、固定局と移動局間で無線通信を行っているが、免許不要の低出力無線装置を利用しており、1,000m地点では安定して受信できなかった。そのため、出来形管理要領では、当初500mの距離制限を設けていたが、距離は制限せず、無線通信能力による旨の記載にすることとした。

6. おわりに

今回、TSとRTK-GNSSで比較検証を行ったが、その特徴と現場条件により、効率的に作業が行える器械は異なってくる。また、衛星測量は、一般の施工業者は利用経験がなく不慣れな上に、利用に際してのノウハウが無いことから、今後、現場条件への適合性を判断したり、衛星配置予想ソフトなどツールの使い方などについて、分かり易い情報を発信していく必要があると考える。また、出来形管理用TSで策定した監督検査要領と同様に、より導入効果を上げるためにRTK-GNSSに適した監督検査要領も策定していきたい。

謝辞: 本稿の検証試験にあたり、試行現場において関係する施工者と発注者の皆様、また、RTK-GNSSの製造者としての知見を持った日本測量機器工業会より、多大なご協力やご意見を頂いた。ここに記して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ホームページ「トータルステーションを用いた出来形管理 情報提供サイト」
<http://www.gis.nilim.go.jp/ts/index.html>