

# トータルステーション搭載機能による3次元出来形計測の効率化

五十嵐 祐一（株式会社ニコン・トリンプル）

## 1. はじめに

建設生産システム全体の生産性向上を目指す国土交通省「i-Construction 2.0」では、直近の取り組みの一つに、3次元モデルの標準化とデータ連携のオートメーション化が掲げられている。これらの実現において、設計→施工→維持管理の建設生産プロセス全体で3次元データの流通を可能にするためには、土木構造物の工事完成品質を、3次元計測技術を用いた出来形管理で担保することが非常に重要となる。

データ連携可能な3次元計測を行うためには基準となる3次元座標が必要であるが、日本の国家座標体系は、水平方向は基準点、高さ方向は水準点による2+1次元であるため、施工局面で基準点体系と水準点体系の両方に紐づく「点」を設置しなければならない。例えば、標定点、調整用基準点、検証点（これらを、以降「標定点等」と記す）が、それに相当する。

現地に基準点かつ水準点である兼用点があれば、昨年度、技術報告<sup>1)</sup>させていただいたように、トータルステーションの3次元放射トラバー

ス測量によって標定点等を効率良く高品質で設置できる可能性があるが、現実では、トータルステーションによる水平方向の測量とレベル・標尺による高さ方向の測量を、個別に行わなければならないケースが多い。

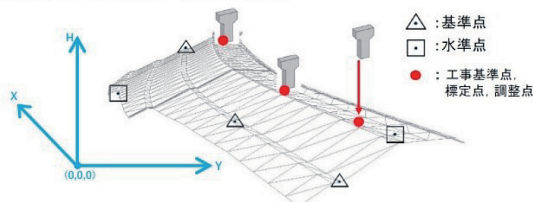
本報告では、国土地理院「作業規程の準則」<sup>2)</sup>に定める測量機器級別性能分類表では考慮されていないトータルステーション搭載機能を活用すれば、トータルステーションでも3級自動レベルを用いた水準測量と同等の高さ品質を持つ標定点等の設置が可能であることを示し、これにより3次元出来形計測の効率化を図ることを提案する。

なお、報告者は交流研究員として国土交通省国土技術政策総合研究所（国総研）社会資本マネジメント研究センター社会資本施工高度化研究室に在籍中であり、本報告は、昨年度の研究成果に基づくものである。

## 2. 現代のトータルステーション搭載機能

トータルステーションの測量機器級別性能分類表上の測角、測距性能は、1950～60年代のセオドライトと測距儀の性能が準用されている。一方、登場以降、トータルステーションは技術的進化を続け、現在では、二軸補正、ノンプリズム測距、サーボ駆動、オートフォーカス、画像記録（静止画、動画）、レーザーポインタ、オートトラック（自動追尾）、無線通信などの機能を搭載する機器が見られるようになってきている。このうち、ノンプリズム測距は「作業規程の準則」の地形測量に記述が見られるが、それ以外の機能の利用は規定されておらず、単なる便

データ連携の前提となる国家座標体系の基準点、水準点に加えて、施工プロセスで設置される工事基準点、標定点、調整点によって、設計データと3次元実空間の土工モデルとの一致を確保する。



2次元の地図情報で、基盤地図情報に構造物を重ねるのと同じ。

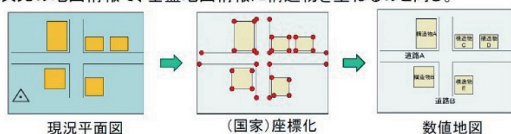


図1 設計データと土木構造物の連携（イメージ）

利な機能として、利用は作業者の判断となっている。本報告では、これら規定化されていない機能のうち、二軸補正とサーボ駆動を利用した三次元計測の効率化を考える。

二軸補正は、トータルステーションに内蔵した電子気泡管によって自身の傾きを検知し、瞬時に観測水平角・鉛直角を補正する機能である。また、サーボ駆動は、モーターによりトータルステーション本体の水平回転と望遠鏡部の鉛直回転を秒単位で制御する機能である。この両方の機能を持つトータルステーションは、モータードライブトータルステーション、サーボトータルステーションなどと名付けられている。

トータルステーションに内蔵した電子気泡管によって自身の傾きを検知し、瞬時に観測水平角・鉛直角を補正する機能。



図2 トータルステーションの電子気泡管

### 3. 3級自動レベルとしての性能

「作業規程の準則」測量機器級別性能分類表に規定されている3級自動レベルの性能と、代表的なモータードライブトータルステーション、サーボトータルステーション2機種について、カタログ等に記載された性能を表1に記す。いずれも3級自動レベルとしての性能を満足していることが分かる。

また、FOCUS 50について、弊社技術部門にて3級自動レベルとして「作業規程の準則」

測量機器検定基準に基づいた検査を実施した結果、表2（対象性能項目のみを記載）の通り、「コンペンセータの機能する範囲」を除いて3級自動レベルに適合との判定を得た。ここで、FOCUS 50の「コンペンセータの機能する範囲」は自己制限値で、機器が正しく整置されていれば水準観測精度に影響を及ぼさない。

表2 FOCUS 50の3級自動レベルとしての検査

性能項目	結果	適合判定
合焦による視準線の偏位	0.7"	6"以下
コンペンセータの機能する範囲	5.4'	6'以上
視準線の水平精度（標準偏差）	1.0"	1.5"以下
観測による較差	0.1mm	0.50mm以下

### 4. 試験観測による確認

国総研内の建設DX実験フィールドに図3のような測点を配置し、2級標尺を使用して、前掲のトータルステーション2機種について、実際に昇降式・器高式の水準観測を行った。トータルステーションは、二軸補正をONにし、観測の際にサーボ駆動で鉛直角0°（天頂角90° = 水平）にセットした。真値は3級自動レベル（ニコン AE-7）での観測値とし、研究室の皆さんにご協力をいただき、計3班の観測で点検を行い、±1mm以内の較差であることを確認した。

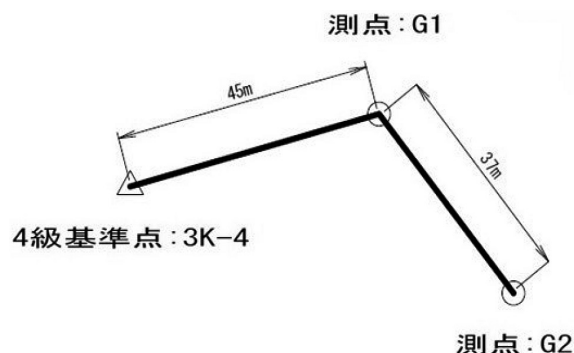


図3 試験観測時の配点

表1 自動レベルとしての性能比較

	ソキア iX-1201 (1級トータルステーション)	ニコン・トリプル FOCUS 50 (2級トータルステーション)	3級自動レベル
最短視準距離	1.3m	1.5m	2.5m以下
自動補正装置公称設定精度	1.0秒	0.5秒 (Trimble S5機と同等)	1.6秒以下
円形気泡管公称感度 (分/目盛)	6/内円上 (電子気泡管)	8/2mm	10以下

表3 昇降式観測結果 (3K-4を既知点とした3K-4~G1~G2の往復高さ)

往/復	測点	被検機		
		iX-1201	FOCUS 50	AE-7 (真値)
(既知点)	3K-4	28.314m		
往	G1	28.417m	28.416m	28.417m
往	G2	28.846m	28.845m	28.846m
復	G1	28.416m	28.417m	28.416m
復	3K-4	28.313m	28.315m	28.314m

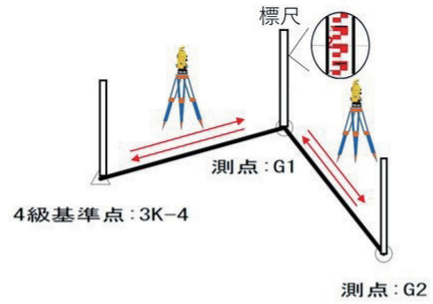
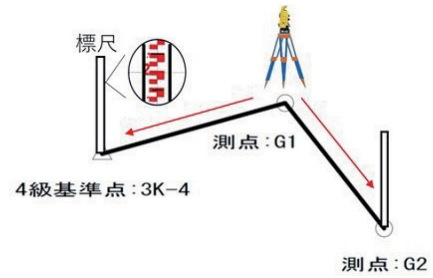


表4 器高式観測結果 (3K-4を既知点、G1付近を器械点をとしたG2高さ)

測点	被検機		
	iX-1201	FOCUS50	AE-7 (真値)
G2	28.846m	28.845m	28.845m



結果、表3、表4の通り、昇降式・器高式とも、モータードライブトータルステーション、サーボトータルステーションによって、3級水準測量の最小読定単位1mmに対し、±1mm以内の較差で3級自動レベルと同等の水準観測を行えた。

### 5. まとめ

「作業規程の準則」では考慮されていない二軸補正とサーボ駆動のトータルステーション搭載機能を利用することで、トータルステーションを3級自動レベルとして使用できることが確認できた。

これは、単に1台の測量機で作業できるよう

になるという利点だけではない。例えば、図4のように、水平位置の基準となる基準点に設置したトータルステーションから隣接水準点(仮BM含む)へ器高式水準測量を実施すれば、トータルステーションの標高+器械高を水準高さ品質で求められ、この器械点から新設する標定点等へ3次元放射トラバース観測を行えば、高品質な3次元座標を持つ標定点等を効率的に設置することができる。これらの標定点等を使用して計測された3次元データを用いた出来形管理は、国家座標に基づく土木構造物の地理空間情報データ連携に高い信頼性を与えるものとなる。

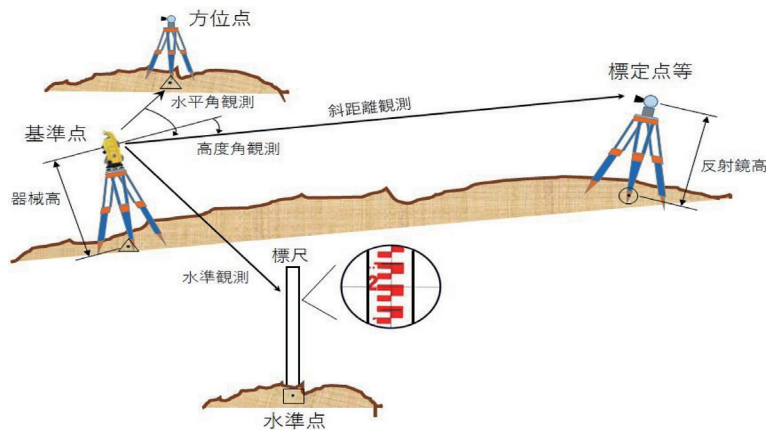


図4 隣接する水準点等からのトータルステーション器械高の取り付け

## 6. 今後の課題

国土交通省のi-Constructionは、平成28年(2016年)の取り組み開始時に、トップランナー施策として、

- ・ICTの全面的な活用 (ICT施工)
- ・全体最適の導入 (コンクリート工の規格の標準化等)
- ・施工時期の平準化

が掲げられた。その後、ICT施工は施工局面において3次元データを活用することで実績を積み上げ、令和6年度(2024年度)における適用工種の国交省直轄工事での実施率は公告件数の約9割<sup>3)</sup>と、その利用拡大が確認されるところとなった。

しかしながら、トップランナーだったゆえに、従来の平面図、縦断図、横断図の2次元設計図書の3次元設計データ化を施工局面で行わなければならないという現実があり、3次元での設計や計測の導入ハードルの高さから、現時点では中小建設業までの普及拡大を図ることが課題となっている。

今後、i-Constructionが広く普及し、真価を發揮できるか否かは、図5に示すように高品質の3次元地理空間情報が、調査→設計→施工→維持管理の各プロセスで適切に作成、交換、

利用、更新されることが不可欠である。これには、土木建設分野だけではなく、測量分野も含めた対応が必要となる。例えば、

- ①公共基準点の3次元化
- ②応用測量に関する作業規程の3次元対応
- ③測量機器性能基準の見直し

による測量作業の効率化が望まれる。

## ■参考文献

- 1) 五十嵐 祐一：ICT活用工事におけるトータルステーションを利用した3次元測量技術の適用，先端測量技術122号 (pp.63-69)，2025
- 2) 国土交通省：公共測量「作業規程の準則」(令和7年3月一部改正)，2026年2月1日確認
- 3) ICT導入協議会：ICT施工に関する状況報告，第21回(令和7年6月27日)，資料-1 (<https://www.mlit.go.jp/tec/constplan/content/001899631.pdf>)，2026年2月1日確認

## ■執筆者

五十嵐 祐一 (いがらし ゆういち)  
株式会社ニコン・トリンプル



図5 土木工事におけるデータ連携のイメージ