

特集報文：現場の情報化・ロボット化

# TSを用いた出来形管理の適用工種拡大 ～護岸工におけるTSでの計測手法立案及び省力化効果の検証～

近藤弘嗣・長山真一・椎葉祐士

## 1. はじめに

国土技術政策総合研究所では、情報化施工技術の一つとして、測定作業や工事書類となる帳票作成作業の効率化をもたらす「トータルステーション(TS)を用いた出来形管理」の実用化に向けた取組みを進めてきた。既に実用化されている土工・舗装工におけるTSを用いた出来形管理を周辺工種に拡大し、トータルでの更なる省力化を求むべく、護岸工について、TSによる計測方法の立案、現場における試行、計測精度の検証、及び効率面での効果確認を行ったので紹介する。

## 2. 計測方法の立案

### 2.1 ターゲットとする周辺工種

出来形管理にTSの適用を目指す工種は、護岸工(コンクリート張)である。利用頻度や、土工の計測作業内容の流用可能性の観点から選定した。

### 2.2 施工管理基準とTS測定箇所

コンクリートブロック張の管理項目は、基準高、法長、コンクリートブロック厚さ、裏込厚さ、延長となっている。TSを用いた場合の測定箇所との関係は図-1のとおりである。なお、それぞれの測定箇所は同一の管理断面上に置くこととする。

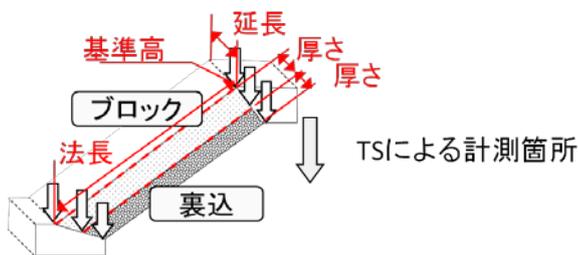


図-1 コンクリート張護岸の施工管理基準とTS測定箇所

TSで得られる点座標から2端点間のユークリッド距離を算出し、「法長」等の「長さ」を算出するが、具体的には表-1のとおりとする。このうち厚さの計測について、既に公表している施工管理データ交換標準(案) Ver.4.1では水平でない厚

みは表現できない。そこで次に示す式(1)、式(2)により、法面と直交方向の厚さtを算出することにした。なお、Aは計測点①と②を結ぶ線分と鉛直線のなす角、Bは計測点②と③を結ぶ線分と水平線のなす角、w、xは計測点の座標間水平距離、v、yは計測点の座標間標高差、zは計測点の座標間斜距離で算出できる(図-2)。

表-1 算出方法

測定項目	該当工種	算出方法
基準高	コンクリート張	対象となる点の標高値
法長	コンクリート張	対象となる2端点の斜距離
厚さ	コンクリート張	上面を構成する2端点から決まる平面と下面を構成する2端点から決まる平面間の距離

$$t = z \sin C \dots \dots \dots \text{式(1)}$$

$$C = 90^\circ - (A+B)$$

$$= 90^\circ - \{ \tan^{-1}(x/y) + \tan^{-1}(v/w) \} \dots \dots \text{式(2)}$$

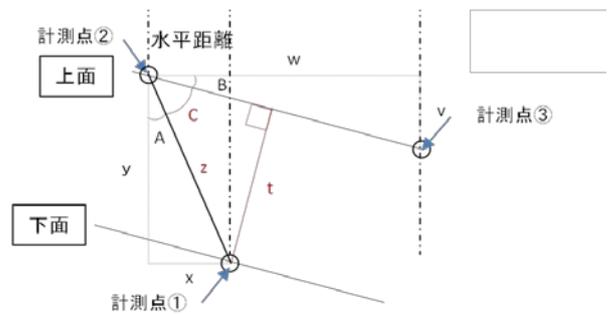


図-2 厚さ算出方法

## 3. 時間短縮効果及び計測精度の検証

### 3.1 工事概要及び試行条件

- (1) 工事の概要は表-2のとおり
- (2) TSを用いた出来形管理に係る作業及び従来施工の現地作業は共同研究者が実施
- (3) 護岸工に対応した出来形管理用TSソフトウェアは存在しないため、エクセルで別途算出(作業時間についてはソフトウェアが存在するものと仮定)

表-2 試行工事概要

工事名	工事概要	備考
平成26年度庄内川吉根護岸工事	施工延長:601.4m 工期:H26.6.24~ H27.3.27	・対象測点はNo.14~No.21(140m) ・裏込コンクリート施工は無し

### 3.2 検証する作業項目について

河川土工及び護岸工のTS出来形管理について現場試行を実施し、内業から出来形計測に要する作業時間・人員について、全てを従来手法で行った場合と全てをTSを用いた出来形管理を適用した場合で比較した。比較対象とする作業の流れの詳細は図-3のとおりである。



図-3 試行での比較対象作業の内容

このうち、TSの場合は⑤・⑩を除いて現地ですべてに作業を実施して作業時間を測定した。従来施工の場合は、①・④・⑤・⑥・⑨・⑩を除いて、現地作業の作業時間の実測結果に基づくものである。測定の様子を写真-1に示す。



写真-1 従来手法(左)とTS(右)測定の様子

### 3.3 時間短縮効果

現場試行の結果を図-4に示す。ケース1と3の比較で約23%作業時間短縮が見られた。

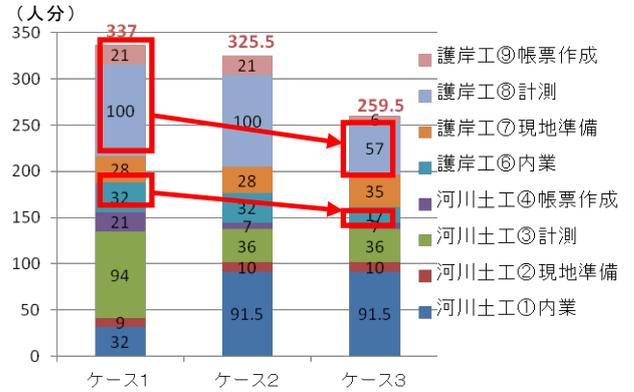


図-4 従来手法とTSの作業時間比較

ここで、ケース1が河川土工も護岸工もレベル、テープによる測定、ケース2は河川土工のみTSで計測(現行制度による方法)、そしてケース3が全てをTSで計測した場合である。なお、立会準備(図-3における作業⑤、⑩)については、ヒアリングの結果いずれのケースでも変わらないことが想定されるので比較からは排除した。

この結果から分かることは、護岸工における計測(⑧)や帳票作成(⑨)の効率化といった、TSを活用することそのものによる時間短縮効果が見られることはもちろんのこと、丁張設置のための内業時間(⑥)を土工と合わせて行えることで圧倒的に効率化していることがうかがえる。それは、基本設計データ作成作業において護岸工単独でTSを用いた出来形管理を行う場合に入力が必要となる「平面線形」、「縦断線形」の情報について、河川土工で入力したデータをそのまま流用できるためであると考えられる。

なお、昨年度も2現場、3管理断面での比較を行い、作業時間で14%の結果が得られた<sup>1)</sup>が、今回の試行でも時間短縮効果が確認できた。

### 3.4 計測精度の検証

測定項目のうち、既にTSによる測定手法が確立している幅、法長、基準高を除いた厚さについて、TSによる厚みの算出結果と、従来の厚さの測定手法である水系下がり計測結果との較差を評価したものが図-5である。概ね±10mm程度の差となっていることが分かる。(最大10mm。) TS

の性能限界として、±5mm程度の誤差は見込まれることから、2端点の差からの算出値としては期待される範囲の精度であると評価できる。

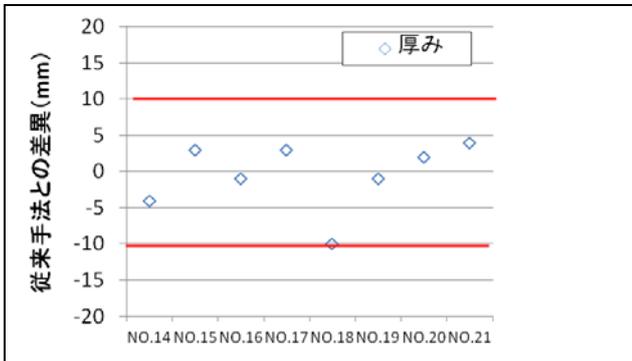


図-5 従来手法とTSによる算出値の較差

#### 4. 基本設計データの作成手法

##### 4.1 標準的なデータ作成の流れ

TSを用いた出来形管理では、設計形状を3次元データ化した「基本設計データ」を作成する必要がある。厚さの算出だけであれば必要ではないが、護岸工では法長や基準高の管理も必要であるためである。

護岸工の場合、中心線形は河川土工で作成する築堤法線や測量法線の線形データがそのまま活用できる。また横断形状は、河川土工の横断形状を複製、修正しながら、土工面（裏込下面）、裏込上面（護岸下面）、護岸上面の横断形状を図-6のように順次作成することになる。

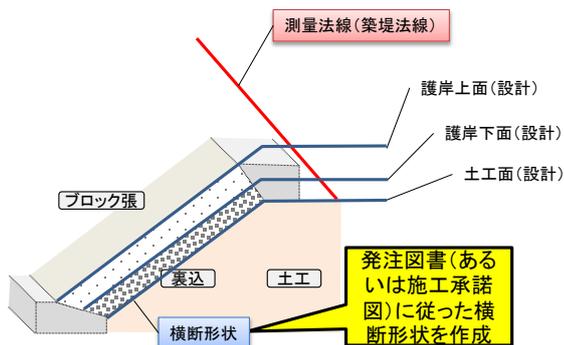


図-6 護岸工の基本設計データの標準的な作成方法

ここで、TSの出来形管理は丁張の代替として日々の施工管理に利用されることを考えると、土工面の沈下による影響を考慮し、実際の土工面の測定結果を反映して、より上層の基本設計データをオフセットさせる必要が生じる。

しかし、複数の施工者へのヒアリングによると、

従来から行っている護岸工の丁張計算でも、当初の設計の高さを用い、施工で沈下分を想定して高めに盛土することで対応しているとのことである。

したがって、護岸工のデータ作成においても土工と同様に、設計値を基に作成することとする。

##### 4.2 プレキャスト護岸での高さ管理

工場出荷段階で厚さが決まっているプレキャストブロックの場合は実態としてブロック設置後の厚さの出来形管理は行われていない。管理上重要なのはブロックの表面の絶対的な位置であり、試行現場でもそのための丁張りや水糸を設けて管理していた（写真-2）。



写真-2 プレキャスト護岸ブロックの丁張り

このことから、厚さの代わりにプレキャストブロック上面の高さの設計との較差を管理項目としても施工の手法上ほとんど違いはなく、また、厚さ確認のための水糸下がりによる計測や写真管理が省略でき、現場計測がより効率化することが期待される。

この管理手法においては、計測作業性を考慮して護岸上面あるいは裏込上面の任意位置とする。計測点と、鉛直方向に下ろした線と基本設計データ上の護岸上面の交点との標高較差により出来形を評価することになる（図-7）。

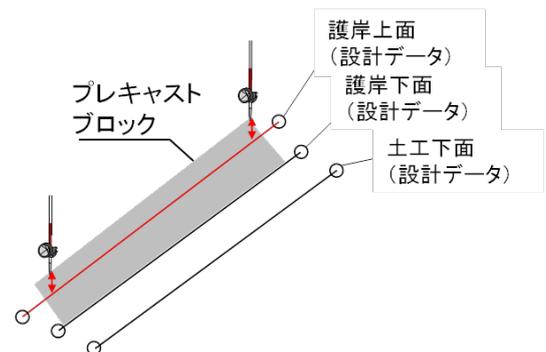


図-7 プレキャスト護岸出来形管理における高さの定義

この場合、施工管理基準として新たに高さの規格値を定める必要がある。従来手法の管理基準では、法面に垂直な方向の厚さの規格値が-50mmとされている<sup>2)</sup>。計測点と設計面との標高差の許容値に $\cos \theta$ を乗じたもの（法面勾配を $\theta$ とする）が、従前の厚さの規格値に相当する（図-8）。

したがって、プレキャスト護岸についての施工管理基準を図-9のとおり提案したい。

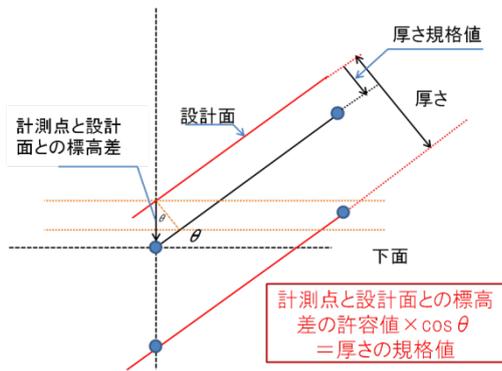


図-8 高さの規格値と厚さの規格値の関係

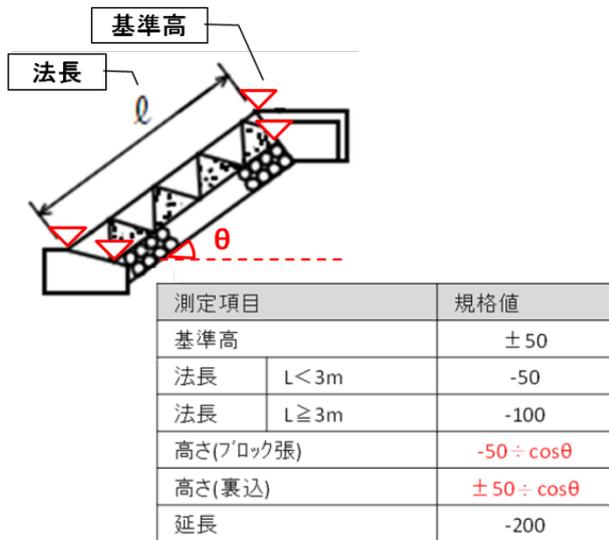


図-9 プレキャスト護岸工の施工管理基準

## 5. まとめ

本稿では、TSを用いた出来形管理の護岸工への適応拡大の可能性とそれによる省力化の可能性について論じた。国土技術政策総合研究所では本稿で紹介したブロック張護岸以外にも、1)護岸工（コンクリート積）、2)土留工（矢板工）、3)擁壁工（場所打ち）についても出来形管理へのTSの適用を目指して現場試行を進めているところであり、効果の高い工種については、順次出来形管理要領（案）等の基準類に反映し、施工者が利用できる環境整備を進めたいと考える。これら研究成果については取りまとめ次第、順次紹介させていただければ幸いである。

## 謝 辞

このたびの現場試行の対象とさせていただいた施工者（(株) 可児建設、(株) 小島組、山正建設(株)）、発注者（中部地方整備局庄内川河川事務所）の皆様には、ご協力いただきまして感謝致します。

## 参考文献

- 1) 平成26年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集、pp.33～36
- 2) TSを用いた出来形管理要領（国土交通省）  
[http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou/pdf/240329jouhouka\\_kanrikantoku01a.pdf](http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou/pdf/240329jouhouka_kanrikantoku01a.pdf)

近藤弘嗣



国土交通省国土技術政策総合研究所防災・メンテナンス基盤研究センターメンテナンス情報基盤研究室 主任研究官  
Koji KONDO

長山真一



国土交通省国土技術政策総合研究所防災・メンテナンス基盤研究センターメンテナンス情報基盤研究室 研究官  
Shinichi NAGAYAMA

椎葉祐士



(一社) 日本建設機械施工協会施工技術総合研究所研究第三部主任研究員  
Yushi SHIIBA