

土工の横断測線に着目した出来形管理手法に関する一考察

東急建設株式会社 正会員 ○小俣純也
 東京都市大学 正会員 今井龍一
 青山学院大学 非会員 谷口寿俊

1. はじめに

国土交通省では、建設施工の生産性の向上、品質の確保等を目的として情報化施工推進戦略¹⁾を鋭意推進している。その一環として、トータルステーションを用いた出来形管理²⁾(以下、TS 出来形管理)がある。

TS 出来形管理では、トータルステーション(以下、TS)を用いて土工構造物の横断形状変化点を1点ずつ計測し、設計データと比較することで寸法(基準高、法長及び幅)が規格値内かを検査する。寸法から形状の管理に移行すれば施工品質の確保が期待できるが、横断測線の形状を表現するには多数の計測点が必要となる。

計測技術の発展により、レーザ測量や写真測量において、地形や構造物を無数の点で表現する点群データの取得や利用方法が研究されている。既往研究³⁾では、河川定期横断測量へのレーザプロファイラ(以下、LP)の適用可能性を検証している。LPで取得した点群データは、形状を網羅的かつ面的に計測した点の集合体である。この特長を活かして、点群データから部位毎の横断測線を生成し、50cm間隔で標高較差を評価している。検証結果では、点群データが河川定期横断測量業務実施要領の要求精度を満たす可能性を示唆している。

このように、点群データから横断測線を生成し、土工の出来形管理の要求精度を満たすことができれば、計測点数の問題を解決できるとともに、横断測線(形状)による出来形管理を実現できる可能性がある。

本研究では、施工品質の確保を目的として、横断測線に着目した出来形管理手法を考案し、その有用性を検証する。

2. 出来形管理手法の考案

本研究では、点群データから横断測線を生成し、設計データの横断測線との比較によって出来形を検査する手法を考案する。横断測線に着目した出来形管理手法(以下、考案手法)の手順を図-1に示す。

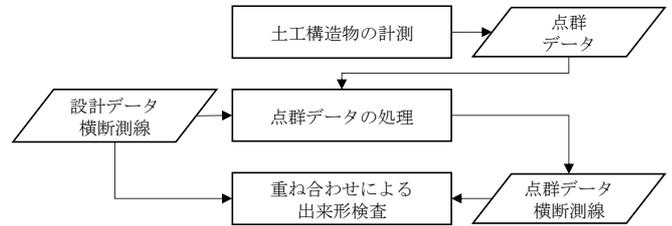


図-1 横断測線に着目した出来形管理手法

(1) 土工構造物の計測

レーザスキャナやUnmanned Aerial Vehicle(以下、UAV)に搭載したカメラを用いて土工構造物を計測し、形状の点群データを取得する。

(2) 点群データの処理

設計データの横断測線と点群データとを重ね合わせて、点群データの横断測線を生成する。点群データの処理方法の詳細を次に示す。

a) バッファ法による構成点候補の抽出

設計データの横断測線上に点 $t_n(x_n, y_n, z_n)$ ($n=1, 2, 3, \dots$)を一定間隔に配置する。次に、 t_n を中心として、 x, y, z 方向に距離 d の探索範囲(バッファ)を設定する。点群データの点 $P(P_x, P_y, P_z)$ に対し、式(1)を満たす点を構成点候補として抽出する。

$$x_n - d < P_x < x_n + d, y_n - d < P_y < y_n + d, z_n - d < P_z < z_n + d \quad (1)$$

b) 直線距離を用いた構成点の選定

式(2)によって、設計データの横断測線上の点 t_n から構成点候補の点 P までの直線距離 D を算出する。

$$D = \sqrt{(P_x - x_n)^2 + (P_y - y_n)^2 + (P_z - z_n)^2} \quad (2)$$

全候補に対して D を算出し、 D の値が最小となる点を構成点として選定する。 t_n 各点で選定した構成点を直線で結び、点群データの横断測線を生成する。

(3) 重ね合わせによる出来形検査

設計データの横断測線と点群データの横断測線とを重ね合わせて、標高較差を算出し、許容範囲内に収まっているかを確認する。

3. 実証実験の実施

本実験では、TS で計測したデータ（以下、TS データ）と点群データとを比較し、考案手法の有用性を検証する。

(1) 計測の概要

本実験では、直線部及び曲線部の 2 種類の土工構造物を計測する（表-1）。計測機器は表-2 に示すとおり、3機6種を用いる。TS では、1m 間隔で横断を計測する。

表-1 土工構造物の仕様

土工構造物	延長(mm)	高さ(mm)	天端(mm)
直線部	40,000	5,000	5,000
曲線部	25,000	3,000	1,000

表-2 計測機器の詳細

機器	製品名	取得するデータ
TS	Series50XSET650xs	TSデータ
	Trimble S6 5"DR300+	
レーザスキャナ	LMS-Z420i	点群データ
	S-3180V	
Focus3D X 330		
カメラ(UAVに搭載)	a6000	

(2) 考案手法の有用性の検証

a) 実験データの作成

TS データからは、1m 間隔で実形状に近い形状を再現した「①TS データの横断測線」と、現行の出来形計測箇所を直線で繋いだ「②現行管理の TS 横断測線」とを作成する。点群データからは、バッファ 50cm の考案手法で「③点群データの横断測線」を生成する。

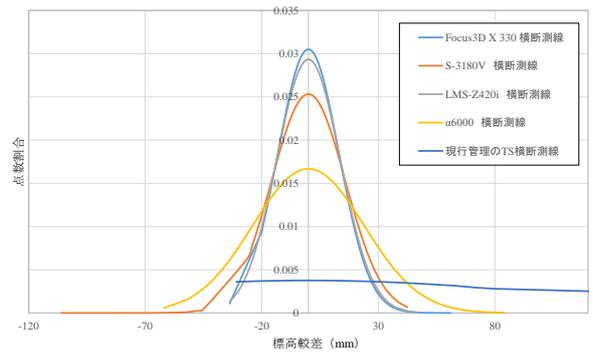
b) 実験内容

本実験では、最も実形状に近い①を正解データとして、①と②、①と③の標高較差を算出し比較することで、現行の手法と考案手法とのどちらがより実形状を捉えているかを確認する。

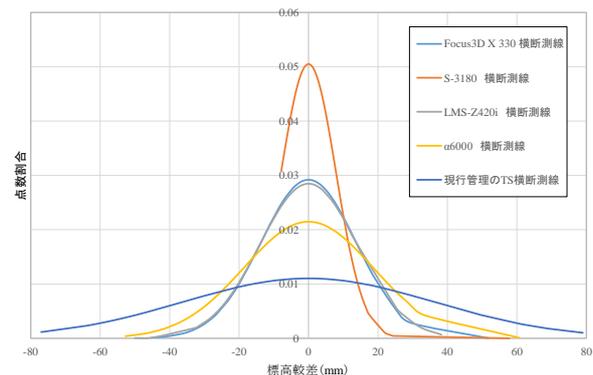
c) 実験結果と考察

直線部及び曲線部の標高較差の正規分布を図-2 に示す。考案手法は、カメラ、レーザスキャナ共に、現行の手法よりも多くの点が正解データへ集積しており、より実形状を捉えていることがわかる。レーザスキャナに加え、より安価なカメラも現行の手法を上回る結果であることから、考案手法の有用性は高いと考えられる。UAV に搭載したカメラによる計測精度は、UAV の飛行高度や、土工構造物の特徴量に依存すると考えられる。これらの点に関して、適切な高度での計測に加えて、高解像度のカメラやマーカーの設置等で特徴

量を補強することで精度向上が期待できる。



a) 標高較差の正規分布(直線部)



b) 標高較差の正規分布(曲線部)

図-2 直線部及び曲線部の標高較差の正規分布

4. おわりに

本研究では、施工品質の確保を目的として、横断測線に着目した出来形管理手法を考案し、その有用性を確認した。今後の課題として、UAV の高度を変更し計測する等、考案手法を引き続き検証するとともに、横断測線に着目した新たな評価基準の検討が挙げられる。

謝辞 本研究の遂行にあたり、関西大学の田中成典教授、窪田諭准教授、櫻井淳氏及び関係各位、大阪経済大学の中村健二准教授、国土技術政策総合研究所及び施工技術総合研究所の関係各位には実証実験で多大な協力を賜った。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 国土交通省：情報化施工推進戦略，2013.3.
- 2) 国土交通省：TS を用いた出来形管理要領（土工編），2012.3.
- 3) 今井龍一，松井晋，中村圭吾，重高浩一：河川定期横断測量へのレーザプロファイラの適用可能性と今後の展望，土木技術資料，vol.57，No.7，pp.26-29，2015.7.