

道路土工構造物の構成要素を対象にした出来形管理手法に関する一考察

大成建設株式会社 正会員 ○青木 瞭太
 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

国土交通省は、安全かつ長寿命な社会資本整備の実現を目的として、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（以下「TS」という。）を用いた出来形管理（以下「TS 出来形管理」という。）がある。TS 出来形管理は、「TS を用いた出来形管理要領（土工編）²⁾」に準じて、工事目的物が設計図（発注図）どおりに施工されているかを検査する手法である。

既往研究では、設計から維持管理における3次元の設計データの流通に着目し、工事目的物を面的な構成要素（天端、小段や法面等）で捉えた3次元モデルを定義している³⁾。本モデルによって、一定間隔の断面形状の出来形管理から工事目的物全体の形状を捉えた出来形管理が可能となる。しかし、既往研究ではデータモデルのみに言及しており、実用化に向けた具体的な計測手法や検査手順等は示されていない。

現行の出来形計測技術に着目すると、TSは定点の計測に適しているが、面形状の計測には適していない。面形状を計測する場合、点群データを取得できるレーザスキャナやカメラが適している。

以上の状況を踏まえ、本研究の最終目標を土工構造物における面的な構成要素を対象にした出来形管理手法の確立とした。その目標実現のために、本稿では、点群データを用いた構成要素の出来形管理手法の適用可能性を考察する。

2. 点群データを用いた出来形管理手法

本研究では、3次元の設計データが発注図として扱えることを前提として、土工構造物の構成要素を対象にした出来形管理手法の基礎的な手順を考案した。考案した手法を図-1に示す。

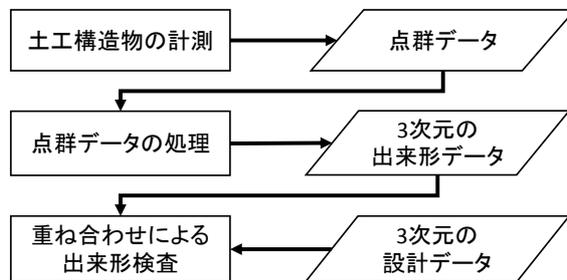


図-1 考案した出来形管理手法

(1) 土工構造物の計測

形状変化点に反射強度のある目印（白線等）を設置し、Unmanned Aerial Vehicle（以下「UAV」という。）に搭載したカメラやレーザスキャナを用いて土工構造物の形状を計測し、点群データを取得する。

(2) 点群データの処理

点群データに含まれるノイズを除去し、構成要素毎に面形状を把握するため、図-2に示すように、計測時に設置した形状変化点の目印を基準にトリミングする。

(3) 重ね合わせによる出来形検査

3次元の設計データと作成した3次元の出来形データとを構成要素毎に3DCAD上で重ね合わせる。面形状の差分発生箇所を可視化し、目視で確認する。また、土量差分を算出し、許容誤差と比較して合否を判定する。

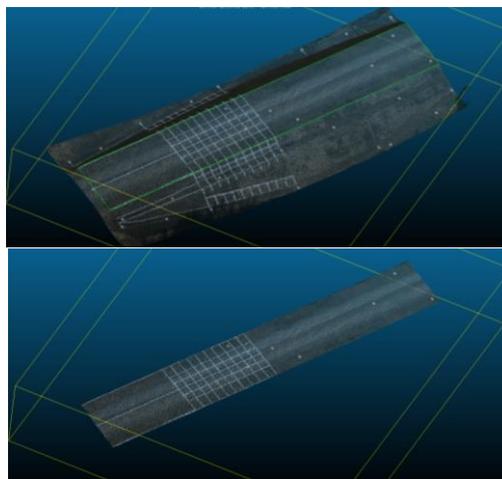


図-2 点群データの処理

3. 実証実験

本実験では、道路土工構造物の計測データを作成し、考案手法の有用性を検証する。

(1) 実験環境

計測対象は、本実験用に設計・施工した道路土工構造物(直線部と曲線部)とした(表-1 参照)。計測機器は表-2 に示すとおり 3 種 5 機を用いた。

(2) 実験データの作成

本実験では、3 種類のデータを用いる。「①正解データ」は、縦横断方向 1m 間隔の TS 計測値を 3 次元化する。「②現行の出来形データ」は、現行の出来形管理対象箇所の TS 計測値を 3 次元化して作成する。「③考案手法の出来形データ」は、2 種のレーザスキャナとカメラで取得した点群データを 3 次元化して作成する。さらに、これらすべてのデータを図-3 のような構成要素毎に切り分ける。

(3) 有用性の検証

考案した手法の有用性は、前節の①と②、①と③とを構成要素毎に重ね合わせ、形状差分発生箇所を可視化し、土量差分を算出して検証する。

(4) 実験結果と考察

土量差分の算出結果を表-3、差分発生箇所の可視化結果を図-4 に示す。土量差分の比較では、①と②に大きな差分があるのに対して、①と③は差分が少なく、③は、より実形状を再現できていることがわかる。また、考案手法は、断面部に加えて断面間の形状差分発生箇所を緻密に可視化できている。②は、管理対象の断面のみを測定して 3 次元形状を表現しており、断面間の微細な形状変化が土量に反映されていない。一方、③は、実形状に基づいた全体での比較が可能であり、断面間の形状差分も容易に把握できる。そのため、考案手法の有用性は高いと考えられる。

表-1 計測する道路土工構造物の仕様 (単位: mm)

道路土工構造物	延長	高さ	天端
直線部	40,000	5,000	10,000
曲線部	25,000	3,000	1,000

表-2 計測機器の詳細

機種	製品名	取得するデータ
TS	Trimble S6 5"DR300+ Series50XSET650xs	縦横断方向に 1m間隔の座標値
カメラ(UAVに搭載)	α6000	点群データ
レーザスキャナ	RIEGL	
	PENTAX	

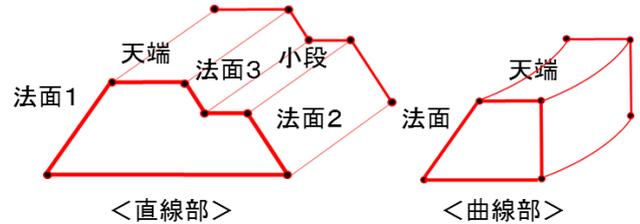


図-3 構成要素

表-3 正解データとの土量差分の算出値 (単位: m³)

構造物	構成要素	②現行の出来形データ	③考案した出来形データ		
			カメラ	レーザスキャナ	
			α 6000	RIEGL	PENTAX
直線部	法面 1	2.91	2.45	1.56	2.24
	天端	13.73	4.84	5.45	6.40
	法面 2	2.28	0.97	0.82	0.76
	小段	0.99	0.53	0.55	0.46
	法面 3	5.20	1.61	1.84	1.52
曲線部	天端	0.67	1.33	1.62	2.29
	法面	21.19	2.17	3.30	1.40

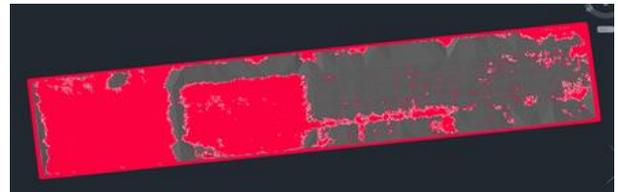


図-4 差分発生箇所の可視化結果

4. おわりに

本研究では、道路土工構造物の構成要素を対象にした出来形管理手法に対する点群データの適用可能性を検証し、その有用性を確認した。現状の研究成果は、土量差分の総量比較に留まっている。今後は、実用性を高めるため、目視検査と組み合わせ、各箇所の差分を個別算出する等の対応策を検討する予定である。

謝辞

本研究の遂行にあたり、関西大学の田中成典教授、窪田論准教授、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) 谷口寿俊, 青山憲明, 藤田玲, 重高浩一: LandXML を用いた道路形状の 3 次元設計データ交換標準に関する研究, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), 土木学会, Vol.70, No.2, pp.I_133-I_143, 2014.10.