

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の基礎的研究

東京都市大学 学生会員 ○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を実現することを目的として、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）を用いた出来形管理（以下、TS 出来形管理）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どおりに施工されているか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による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検討されていない。

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を用いた計測技術が適している。

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、本研究では、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明らかにする。

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。

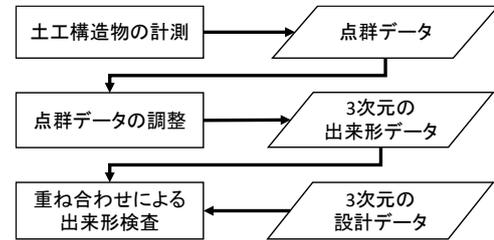


図-1 考案した出来形管理手法

(1) 土工構造物の計測

Unmanned Aerial Vehicle（以下、UAV）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) 点群データの調整

ノイズ処理のため、点群データから必要な構成点を抽出する。各処理の詳細を次に示す。

a) バッファ法による構成点候補の抽出

設計データの面上に点 $t_n(x_n, y_n, z_n)(n=1, 2, 3, \dots)$ を縦横断方向に一定間隔で配置する。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点群データの構成点として選定する。 t_n 各点で選定した構成点を 3DCAD 上で繋ぎ合わせ、3次元の出来形データを作成する。

(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 3DCAD 上で重ね合わせ、形状差分の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。

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、施工技術総合研究所内の表-1に示す道路土工構造物（直線部と曲線部）とした。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、縦横断面方向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（直線部と曲線部）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、①を設計データとして使用し、点群データから構成点を抽出して3次元化する。構成点候補のバッファは50cmに設定する。

(3) 有用性の検証

①と②、①と③とを重ね合わせ、形状差分発生箇所を可視化し、土量差分を算出する。

(4) 実験結果と考察

差分発生箇所の可視化結果を図-2、土量差分の算出結果を表-3に示す。考案手法は、断面間の形状差分発生箇所を緻密に可視化できている。土量差分の比較では、②の切土量に大きな差があるのに対して、③は切土、盛土共に差が少ない。②は管理対象の断面のみを測定し、3次元形状を表現している。そのため、断面間の微細な形状変化が土量に反映されなかった可能性がある。面的な構成要素を対象にした出来形管理は、断面間の形状も把握できることに優位性がある。そのため、断面間の差分発生箇所及び土量差を緻密に把握できる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+	縦横断面1m間隔の座標値
	Series50XSET650xs	
カメラ(UAVに搭載)	α6000	点群データ
レーザスキャナ	LMS-Z420i	
	S-3180V	
	Focus3D X 330	

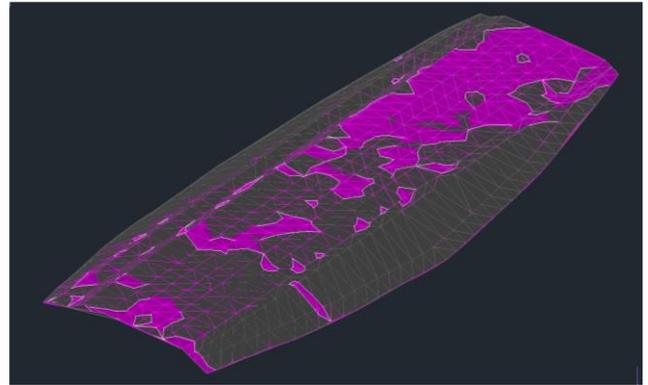


図-2 差分発生箇所の可視化結果

表-3 土量差分の算出結果（単位：m³）

データ種類	機種	直線部		曲線部	
		切土	盛土	切土	盛土
現行の出来形データ	Trimble S6 5"DR300+	23.07	2.21		
	Series50XSET650xs			21.60	0.02
考案手法の出来形データ	α6000	2.82	6.91	1.95	0.21
	LMS-Z420i	1.61	4.51	1.94	0.40
	S-3180V	1.65	5.03	0.02	0.98
	Focus3D	0.59	5.54	0.81	0.86
	X 330				

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、より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.