

ULS と MMS を併用した 3 次元レーザー測量による土量変化率の算定

大成建設(株) 技術センター 正会員 ○忠野 祐介
 大成建設(株) 東京支店 正会員 岩崎 孝夫, 宮崎 尚人
 (株)小林コンサルタント 非会員 新井 好実

1. 背景・目的

ICT 土工の分野では、面的に広範囲の測距が可能な 3 次元レーザー測量が一般に普及しつつある。特に、起工測量や出来形計測については、国交省が定める施工要領^{例えば 1)}に基づき、施工図面や検査書類における 3 次元データの活用による生産性向上が積極的に進められている。その中で著者らは、3 次元レーザー測量の新たな活用先として、3 次元の地形図面から得られる土量を用いて土量変化率の把握を試みている。従来の土量変化率の設定にあたっては、積算基準^{例えば 2)}や施工要領に記載されている標準値としての土量変化率を用いるか、試験施工によって工事毎に固有の土量変化率を設定してきた。しかし、土量変化率は土質によって変化し、土質毎に試験施工を行うことは現実的でないこと、粘性土では圧密沈下によって経時的な体積変化が生じることを勘案すると、施工を通じて継続的に把握することが望ましいと考える。

本論では、UAV 搭載型レーザースキャナ (ULS) と、車載型レーザースキャナ (MMS) の併用測量により得られた土量の計算結果から、擁壁構造物等の土以外の要素体積を除去し、さらには盛土の沈下量を考慮した上で、土量変化率の算出を行った結果を報告する。

2. 測量対象範囲の概要と測量方法

測量対象範囲は、全体工事面積 87.5 万 m^2 を有する大規模造成現場内において、測量期間中に土工を行っていた約 37 万 m^2 である。測量対象範囲には、高さ 30m 以上の切土および盛土や、戸建住宅、公園緑地、道路用の擁壁、道路舗装および道路付帯構造物等の構築工事エリアが点在している。当初設計の土量変化率は、ほぐし変化率 $L=1.10$ 、締固め変化率 $C=0.94$ が設定されていた。当該造成工事現場内で発生する土質は、主に関東ロームと砂質土である。

UAV は Matrice 600Pro、レーザーは YellowScanSurveyor を使用した。MMS には、TOPCON IP-S3HD1 を使用した。要求精度は $\pm 100\text{mm}$ 以内とし、ULS は最大対地高度 30m、有効計測角 38 度、航行速度 3.5m/s とし、MMS は 5.6m/s で工事用道路上を走行し、360 度の全周計測を行った。本論で対象とする測量期間は、2018 年 8 月から 2019 年 8 月の 13 ヶ月間であり、約 4 ヶ月毎に計 4 回の ULS と MMS による併用測量を行った。

3. 前処理方法、土量計算方法

点群の処理および土量計算には、福井コンピュータ製の TREND-POINT を使用した。図-1 に測量対象範囲全体の土量計算結果の一例を示す。測量された点群から $5\text{cm} \times 5\text{cm}$ の範囲に 1 点となるよう間引きを行い、重機・車両や樹木などの障害物を除去した上で TIN 法によりグリッドデータ化を行った。

土量計算は、プリズモイダル法の 4 点平均標高法³⁾で行い、メッシュサイズは 1m に設定した。なお、計算時間の短縮の観点から、測量対象範囲全体の 37 万 m^2 を 16 分割して土量計算を行った。

4. 土量変化率の算出方法

図-2 に土量変化率の算出フローを示す。はじめに、前述の方法で得られた土量を、地山からの切土量と仕上げ盛土量のほかに、仮置き土からの掘削による切土量と仮置きとしての盛土量の計 4 種に分類した。仕上げ盛土量については、擁壁のコンクリートや基礎碎石の地中埋設部、道路舗装や街渠ブロック等が含まれた状態で計算される。そこで、土以外の要素体積をコンクリート・舗装については設計図面から、碎石などの購入資材については搬入車両 1 台あたりの積載体積から計算し、仕上げ盛土量を補正した。さらに、高さ 30m 以上

キーワード 土量変化率, UAV, ドローン, ULS, MMS

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)技術センター TEL:045-714-7217

の盛土については、盛土内に設置しているクロスアーム式の層別沈下計の計測結果から盛土沈下量のみを抽出し、施工面積と沈下量から盛土沈下分の体積を計算し、仕上げ盛土量を補正した。

次に、土量変化率 L と C を $1.0 < L \leq 1.3$, $0.85 \leq C < 1.0$ の範囲で設定し、仮置き切土量および仮置き盛土量には L で除することで、仕上げ盛土量については C で除することで、それぞれを切土地山相当量、盛土地山相当量に変換し合算した。

最後に、切土地山相当量と盛土地山相当量の合算値同士の差分が最小になる L と C を収束計算により求めた。

5. 土量変化率の算出結果

土量変化率を、約 4 ヶ月毎の測量結果から隣接する計測回毎と、総当たり式で隣接しない計測回同士で算出した結果を図-3 に示す。

締固め変化率 C は、概ね $0.92 \sim 0.95$ の範囲で比較的安定して推移しており、全体の平均値は $C=0.934$ であった。当該造成現場においては、RI 計器を用いた密度計測による品質管理の下で盛土工事を行っているため、 C は各計測において安定した値が得られたものと考えられる。一方、ほぐし変化率 L は概ね $1.11 \sim 1.30$ の範囲で推移しており、 C と比較してばらつきが見られた。地山から掘削後に仮置きする場合には、仮置き期間や積上げ高さの違いで沈下量に違いが生じ、見かけの体積が変化するため、ばらつきが生じたと推察する。

当該造成現場において、竣工後の造成形状と、2017 年 4 月時点での造成形状から、20m メッシュの交点での標高差と格子面積から計算されるメッシュ法によって土量計算を行った結果、計画切土量は約 188 万 m^3 、計画盛土量は約 184 万 m^3 であった。この結果に、当初設計の締固め変化率 $C=0.94$ と、上記で得られた平均締固め変化率 $C=0.934$ の差を反映すると、計画切土量約 188 万 m^3 に対して計画盛土量は約 1.1 万 m^3 減と計算される。

以上の土量変化率や計画土量の算出結果を判断材料として、造成形状の変更による計画切土量および計画盛土量の調整を図り、竣工後の土量収支をゼロに近づけるべく、発注者と協議を進めていく。

6. まとめ

ULS と MMS を併用した 3 次元レーザー測量から得られた土量より、構造物等の土以外の要素体積や盛土の沈下量を考慮して土量変化率の算出を行った。その結果、締固め変化率 C については、ばらつきの少ない結果が得られた上で、当初設計の土量変化率と差があることがわかった。今後も継続的に 3 次元レーザー測量を実施し、土量変化率のさらなる精度向上を図り、土量収支管理に役立てていく予定である。

【参考文献】1)無人航空機搭載型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領（土工編）（案），2018.3，国土交通省。2)施工パッケージ型積算基準，1 章土工編，2018.3，国土交通省。

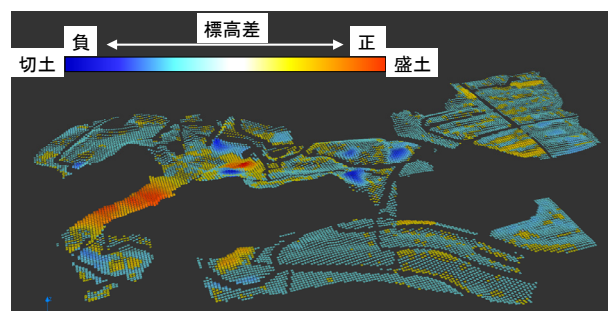


図-1 土量計算結果の一例

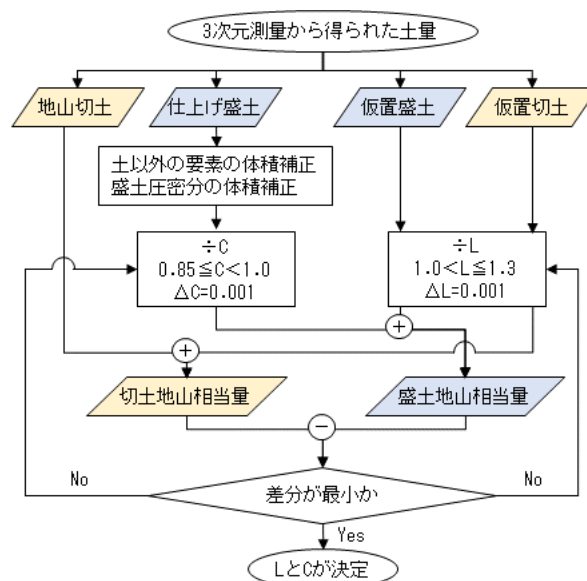


図-2 土量変化率の算出フロー

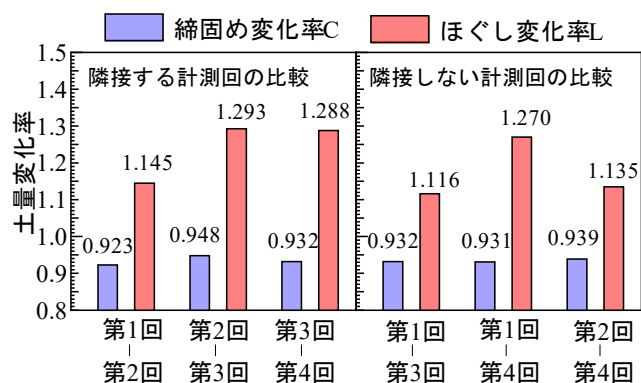


図-3 土量変化率の算出結果