

UAV（小型無人飛行機）による盛土の品質管理手法の検討

立命館大学

正会員

○小林 泰三

国土防災技術株式会社

正会員

藤原 美波

国土防災技術株式会社

正会員

戎 剛史

1. はじめに

平成 28 年度より、道路盛土等の土工現場において、ICT 技術を全面的に活用する i-Construction¹⁾が本格始動した。ここでは、起工測量から設計、ICT 建設機械による施工、出来形検査に至る一連のプロセスが 3 次元データに基づいて行われることになる。i-Construction では、主に地形に関する 3 次元サーフェスデータが扱われるが、さらに土構造物の内部情報（例えば、土質区分や施工履歴、施工管理値、土質パラメータ等）をデータ化し、記録していくことができれば施工時の品質管理や将来の維持管理の効率化・高度化に繋がられる可能性がある（図-1）。本研究では、i-Construction で用いられる UAV（小型無人飛行機）の高い機動性に着目し、これを用いた盛土の締固め品質管理および盛土内部の情報化手法を提案する。

盛土は一般に、盛土材のまき出しと締固め（転圧）の作業を繰り返して造成される。本研究では、まき出し後（敷き均し後）と転圧後の地形をそれぞれ UAV 測量し、標高の差分から圧縮量に関する面分布を求める手法を提案する。これを各層で積み上げることで、盛土内部の締固め状況に関する 3 次元情報化を実現しようとするものである。

2. モデル盛土の造成と UAV による空中写真撮影

上述した手法の実現性を検証するために、福井県あわら市内の土取り現場において、写真-1 に示すモデル盛土を造成して実証実験を実施した。モデル盛土は、勾配 1 : 1.8 の地山を MC バックホウで 1 : 0.6 に掘削した上で、腹付けする形とした。天端面は 8×5.35 m、のり面勾配は 1 : 1.5、盛土高さは 30 cm×5 層の 1.5 m である。土質は周囲の地山から採取された山砂であり、施工時の含水比は 13 %前後であった（含水比調整は行っていない）。各層の締固めは、バックホウの法面バケットによる土羽打ち（第 1 層についてはプレートコンパクタ）によるものとし、盛土を 2 区間に分け（区間 A：軽転圧面、区間 B：重転圧面）、土羽打ち回数に差をつけて締固めの程度を変化させた。

上述したように、本盛土は 5 層の転圧層から構成されており、各層において転圧前（まき出し後）と転圧後に UAV による空中写真撮影を行った。UAV の空撮および評定点・検証点の設置については国土地理院の UAV を用いた公共測量マニュアル（案）²⁾ に準じて行った。UAV の空撮条件は表-1 に示す通りである。

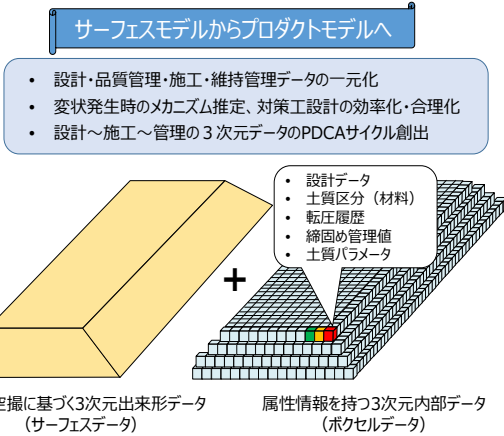


図-1 盛土内部の情報化

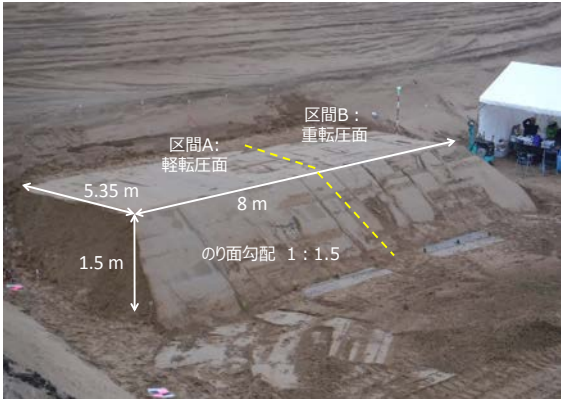


写真-1 実証実験用モデル盛土

表-1 UAV の空撮条件

項目	条件
地上解像度	4～7 mm
目標対地高度	15～25 m
水平移動速度	1～2 m/s
移動幅	5～10 m
撮影インターバル	2秒
撮影範囲面積	100 m ²
飛行距離	419 m

キーワード：i-Construction、盛土、UAV、締固め管理、情報化施工

連絡先：〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 立命館大学 理工学部 都市システム工学科 TEL 077-599-4183

3. UAV 空撮に基づく圧縮ひずみ分布の算出

本研究では、各層における転圧前と転圧後の UAV 空撮によって得られた数値表層モデル (DSM : Digital Surface Model) の差分値に基づいて、転圧による面的な圧縮量を評価する。ここでは、第 n 層における任意点の圧縮量の度合いを次式に示す圧縮ひずみ ε として評価することとした (図-2)。

$$\varepsilon = \frac{\Delta H}{H} = \frac{(n\text{層転圧前標高}) - (n\text{層転圧後標高})}{(n\text{層転圧前標高}) - (n-1\text{層転圧後標高})} \quad (1)$$

ここに、 ΔH : 任意点における圧縮量 (n 層の転圧前後における DSM 差分値)、 H : 任意点におけるまき出し厚 ($n-1$ 層の転圧後と n 層転圧前との DSM 差分値) である。

4. 圧縮ひずみの計測結果

転圧各層で得られた圧縮ひずみ (%) の面的分布図を図-3 に示す (第 3 層については、撮影時の光量不足によるデータ欠損があったため、図化していない)。いずれの層も 5~20 % を中心とした圧縮ひずみが分布しており、重転圧と軽転圧の差異は明確には表れていないが、図 c) と d) の第 4 層および第 5 層では、西側に比べて東側がやや大きな圧縮ひずみを示しており、施工時の締固め度合いを反映した結果が得られているようである。

なお、CAD ソフト上で、これらの面データを層厚毎に積み上げることで、圧縮ひずみを属性に持つ盛土内部の 3 次元情報化が実現できる。図-4 は、盛土中央を切る横断および縦断断面における圧縮ひずみ分布 (10 cm グリッドの点群を 30 cm 分積層) をカラーチャートで表示したものである。横断断面ではのり面バケットが届きにくかったと推察される地山との境界付近、縦断断面では軽転圧面である西側 (左側) に圧縮ひずみの比較的小さい領域を確認することができた。

5. おわりに

本報では、実証実験を通じて、盛土施工時の UAV 空撮により、盛土内部の圧縮ひずみ分布を 3 次元的にデータ化・表現する手法を提案した。ICT を活用した施工技術が進展していく中、従来の手法 (砂置換法や RI 計測器による密度の点管理) に代わる (あるいは補完する) 品質管理手法としてだけでなく、将来の維持管理フェーズにおけるトレーサビリティ確保に貢献できる可能性がある。今後、実施工現場での精度検証実験をはじめ、実用化に向けて更なる検討を進めていきたいと考えている。

謝辞 : 本報告は、国土交通省近畿地方整備局の新都市社会技術融合創造研究会における産学官プロジェクトのひとつである「3 次元データ活用に関する研究」で行った成果の一部を発表するものである。福井コンピュータ(株)、五大開発(株)、前田工織(株)、近畿地方整備局との共同研究によるものであり、実証実験には、(株)大城組や轟建設(株)、(株)田中地質コンサルタントをはじめ、多くの関係者に協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献 : 1) 国土交通省 HP : http://www.mlit.go.jp/tec/tec_tk_000028.html、2) 国土交通省国土地理院 : UAV を用いた公共測量マニュアル (案)

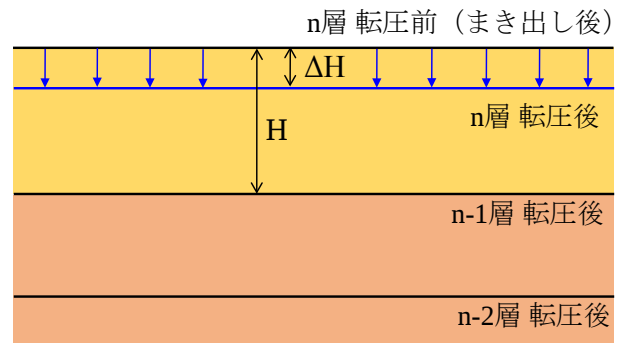


図-2 圧縮ひずみの算出

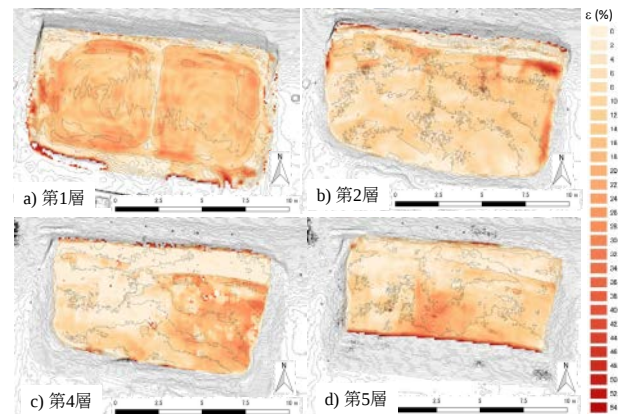


図-3 転圧各層の圧縮ひずみ分布

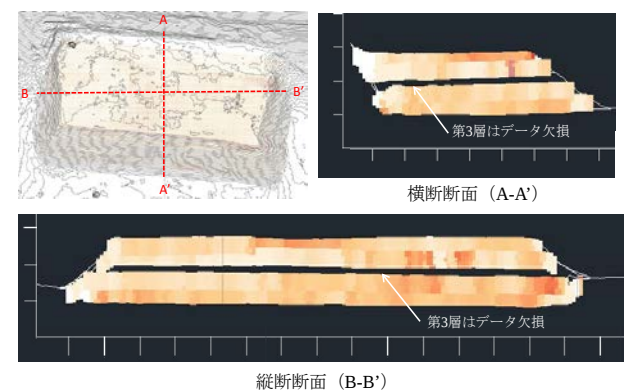


図-4 盛土内部の情報化