

大規模土工事における ICT 施工と CIM 化への対応

ー 陸前高田市震災復興事業での生産性向上事例 ー

清水建設株式会社 正会員 ○中牟田 直昭 正会員 定月 良倫
正会員 山本 修一 正会員 鈴木 正憲

1. はじめに

本事業では、硬岩を含む今泉地区の山（標高 125 m）を標高約 45m まで掘削して、約 500 万 m³ という大量の土砂や破碎岩を巨大ベルトコンベヤで仮置き場まで搬送する。その後、仮置き場から高田地区のかさ上げ部に盛土材を運搬して敷均し・転圧する大規模土工事である（図-1、図-2）。本稿は、これまでに類を見ない規模で ICT 施工を導入して、大規模土工事における精度の高い土量管理、効率的な盛土施工管理を達成した。ここでは、UAV（無人飛行機）航空写真測量による 3 次元出来形管理、また、GNSS 敷均し・締固め管理システムによる品質管理、さらに 3 次元データをモデル化し、材料や施工管理情報を属性情報として管理する CIM 化を試みたので報告するものである。

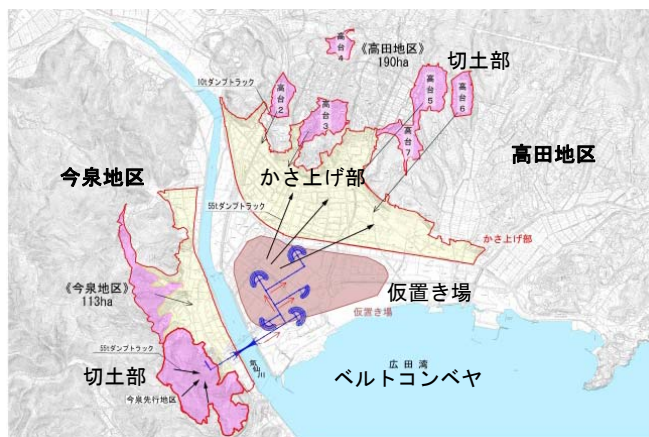


図-1 切土部(赤)とかさ上げ部(黄)までの土運搬の流れ

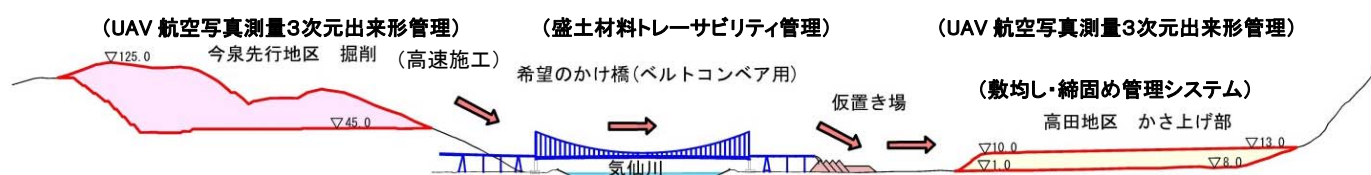


図-2 今泉地区から高田地区かさ上げ部へ土の運搬イメージ（断面図）

2. 急速施工における土量管理・盛土品質管理上の課題

本事業は、300ha という広大な敷地面積において、毎月平均 30 万 m³、合計約 1,100 万 m³ という大量の土砂・岩石を掘削する超大規模土工事であり、かつ、震災復興事業として急速施工が求められる現場である。また、今泉地区切土部は、土砂を掘削している箇所と岩材料を掘削している箇所が点在する。このため土砂と岩材料の比率により、ベルトコンベヤで搬送される材料の粒度分布が変化する。粒度分布が変化した盛土材料は、仮置き場に集積された後、再度切り崩してかさ上げ部へ運搬される。面積約 140ha、高さ約 10m のかさ上げ部では、敷均し厚 30 cm、約 33 層の積み上げ作業が必要である。

このように、広大な測量範囲（20m メッシュで 5,000 点以上）、膨大な切盛土量、膨大なデータ量の管理が求められる当現場の出来形管理・盛土品質管理上の課題は、下記の 4 つである。

- ①【出来形管理の課題】従来の方眼測量では毎回 1 ヶ月以上の測量期間必要となり、日々の土工量が大きい当現場は測量中に出来形形状が大きく変化し、精度の高い出来形管理・土量管理ができない。
- ②【盛土材料管理の課題】日々土砂と岩石の混合比が変化する盛土材料の仮置き場での精度の高い材料管理が難しい。
- ③【盛土施工管理の課題】広大なかさ上げ部の高精度な敷均し厚さ・転圧回数管理の確認が難しい。

キーワード 震災復興、大規模造成、盛土品質管理、土量管理、UAV（無人飛行機）、ICT 施工
連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋 2-16-1 TEL 03-3561-3917

3. 課題に対する対応策

3.1 UAV（無人飛行機）航空写真測量による省人化、工程短縮

まず、測量上の課題を解決するため、1～3日間、3人で測量が可能なUAV（無人飛行機）航空測量（写真-1）を導入し、従来の20m方眼測量と比較して大幅な省人化と測量の工程短縮を図った。土工事の進捗状況を正確に把握する目的で、航空測量はほぼ毎月実施している。プロペラを駆動させるモーターのバッテリー能力から、測量対象エリアを4分割（写真-2）し、GNSSによる自動操縦により飛行高度230m（今泉地区）、180m（高田地区）で測量している。また沿岸に位置する現場特有の強風、突風に対応できるよう、局地的な気象情報の提供システムを導入し、各飛行高度での風速（図-3）をリアルタイムで確認しながら慎重に実施した。



タイプ	固定翼
質量	2.5kg(カメラ・バッテリー搭載)
外寸	100cm×65cm×10cm
飛行速度	80km/h
搭載カメラ	SONY デジタル一眼カメラα5100

写真-1 UAV（無人飛行機）UX5



写真-2 UAV 飛行ルート
(飛行時間 約50分/ルート)

安全△建設気象KIYOMASA				
高度別／最大風速予測				
高度選択				
地上の風速予測				
岩手県 陸前高田市 180mの風速予測(m/s)				
03月10日(木)				
時刻	平均	最大	極まれ	
08時	8	11	15	
09時	5	8	10	
10時	5	8	11	
11時	5	8	10	
12時	5	8	10	
13時	5	8	10	
14時	8	11	15	
15時	8	11	15	
16時	5	8	10	
17時	5	8	10	
18時	5	8	11	

図-3 高度別風速予測

3.2 測量データの3次元モデル処理

当現場では、80%ラップ率で合計約4000枚の写真撮影し、写真合成処理を行っている。具体的には、専用ソフトにより写真のひずみ処理（オルソ補正）を施した航空合成写真（オルソ画像）（写真-3）と1mおよび20mメッシュxyz座標の点群データを作成している。また、対象範囲の外周部と内部に約50点の標定点をバランス良く設置し、GNSSの測量精度を補正している。誤差は最大で10cm程度である。さらに、1mメッシュ点群データから面データおよび3次元モデル（写真-4）を作成し、土工事施工状況の正確な情報共有および土量解析に活用している。

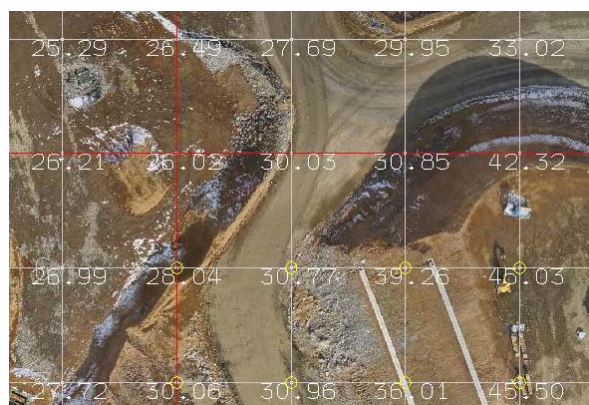


写真-3 航空写真オルソ画像と
20mメッシュ標高データ

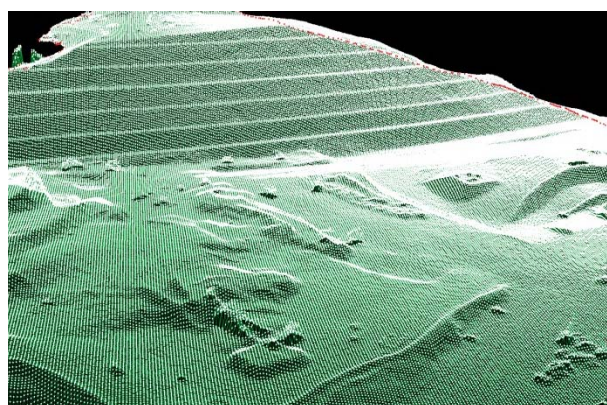


写真-4 1mメッシュ座標による
3次元モデル

3.3 3次元モデルによる土量管理と出来形確認

当現場では3次元モデルにより毎月の土工量を短時間で算出し、グラフ管理（図-4）している。併せて、土工事進捗状況を視覚的に把握するため、3次元モデルとオルソ画像を重ねた鳥瞰図を作成し、毎月の出来形管理（図-5）を行っている。3次元データ管理により、造成計画変更時の全体土量バランスの確認作業や運土計画の修正への早急な対応も可能にしている。

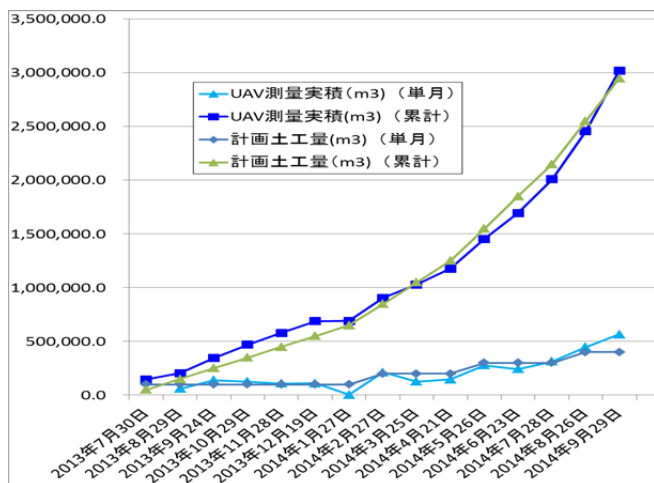


図-4 土量管理グラフ

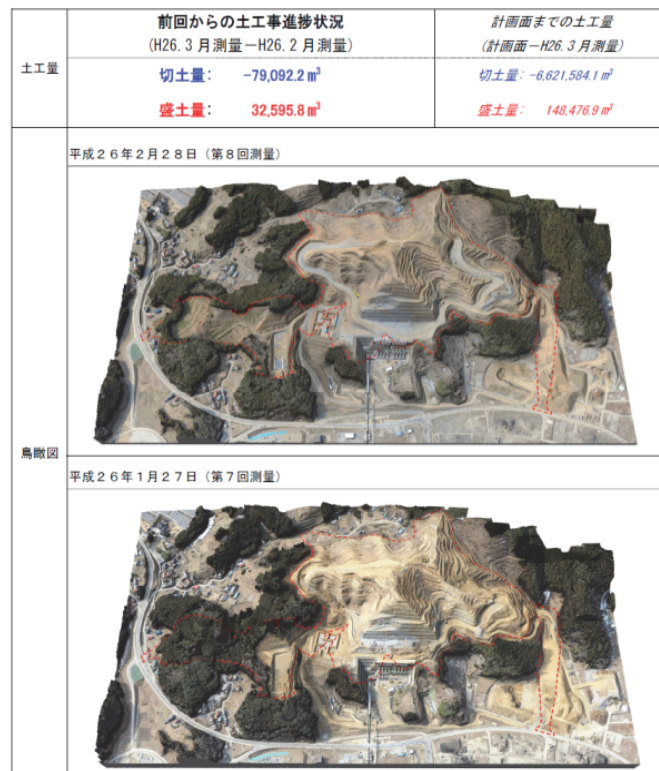


図-5 月別出来形管理図

3.4 盛土材料のトレーサビリティ管理

盛土品質管理上の課題に対応するため、盛土材料情報や締固め管理情報を伝達と共有化する方法として、GNSSを利用したトレーサビリティ管理と敷均しガイダンス、締固め管理システムを導入した。各施工段階での対応を（図-6）に示す。

盛土材料情報については、GNSS機能付きスマートフォンを装備したダンプトラックにより積荷の土軟岩区分とともに積み込み地点から荷降ろし地点の位置情報を取得してサーバーに保存する。このデータを各運搬段階（切土～仮置、仮置～かさ上げ）で引き継ぐとともに、土質試験結果を追加して敷均し・締固め工程のデータへ引き渡す。



図-6 盛土材料のトレーサビリティ管理

3.5 GNSS 敷均しガイダンス、締固め管理システム

敷均しは、GNSS 搭載ブルドーザで敷均し厚 30 cm を高精度に確保している。また、締固め管理については、材料管理データに基づく締固め仕様に従って締固め軌跡・回数を GNSS 搭載振動ローラで転圧管理している（図-7）。転圧管理データはサーバーを経由して複数台数の振動ローラで共有でき、広範囲エリアの同時・引継施工が可能となっている。また、この位置情報を 3 次元モデル (CIM) に利用している。敷均しについても排土板位置・高さを GNSS で管理している。

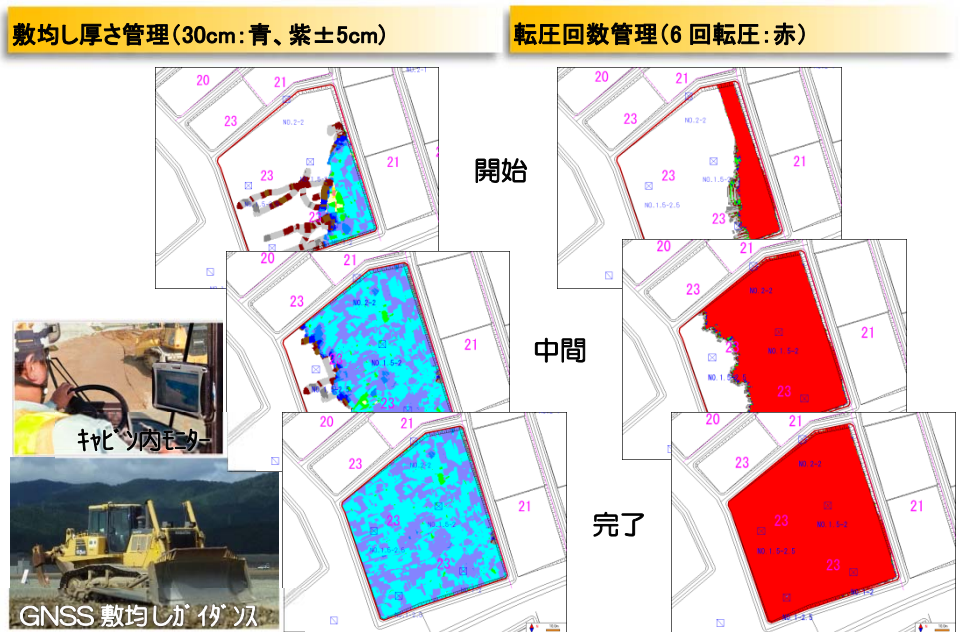


図-7 GNSS 敷均し・転圧管理

3.6 GNSS データを活用した CIM モデル

ICT を活用して得られた管理データは、工事が大規模であることから施工データは膨大になる。この膨大なデータを効率良く蓄積・管理し、将来にもデータ共有を図るためには CIM 化が必要と考えられた。このため、ICT 施工による締固め管理において、GNSS から得られる 3 次元データ (GNSS 搭載振動ローラ) を活用して、1 層毎の締固め終了

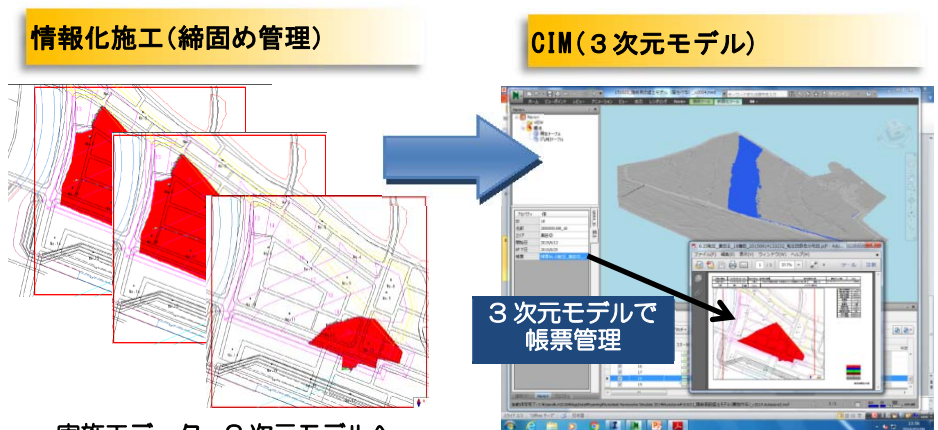


図-8 CIM 化への対応

後の面データを重ね合わせ、実施工モデルを作成した（図-8）。ここに、締固め管理で得られた情報を属性情報として持たせることで、3 次元モデルとして CIM 化し一元管理するよう試みている。属性情報としては、作業期間、施工高さ、走行時間、まき出し厚、転圧回数、施工面積、盛土材品質情報である。

4. おわりに

平成 30 年 3 月の 1 次造成が完了するまで UAV 航空写真測量を継続するとともに、さらに測量解析技術、土工管理技術の向上と効率的かつ高精度の土量管理に取り組む所存である。また、今泉地区も 45ha のかさ上げ部があり、高田地区と同様に管理している。今後も ICT 土工システムを積極的・効率的に活用し、またさらに CIM への取り組みも継続して、品質確保に万全を期す所存である。