

法面保護工におけるUAV航測技術の活用

～モルタル吹付け工の施工管理手法～

大成建設(株) 技術センター 土木技術開発部 正会員○江田 正敏
 大成建設(株) 関西支店 土木工事作業所 正会員 今井 拓也
 ライト工業(株) 西日本支社 施工技術部 藤原 知弥
 国土交通省 近畿地方整備局 紀伊山系砂防事務所 吉村 元吾
 国土交通省 近畿地方整備局 淀川河川事務所 中澤 啓尚

はじめに

国土交通省が提唱する「i-Construction（以下、i-Con）」に基づき、工事現場では ICT（情報通信技術）を活用した技術による効率化・省力化等が望まれている。特に、UAV（Unmanned Aerial Vehicle：無人飛行体 以下 UAV）による計測・処理技術は、i-Con 中枢の技術として発展が期待されている。ここで、i-Con の先駆けとなった土工のなかで大半の掘削工事に生じる法面保護工は、広大な面積の斜面に対する施工が主であるため、掘削面や吹付け出来形の人力による計測には、多大な手間と危険を伴う作業であった。本稿は、この法面保護工の計測作業に UAV を活用し、3次元による施工精度と安全性の向上を図るための施工管理手法を考案したもので、モルタル吹付け工での検証結果を報告し、i-Con の次なる管理基準の一考となれば幸いである。

1. システム概要

UAV：エンルート社 QC730（ソニー製 α 6000 カメラ搭載）

処理ソフト：Photoscan, Pix4D

処理機：Windows7 64bit, CPU:Core-i7-6700(3.4GHz),

メモリ：32GB, GPU：GeForce GTX 970

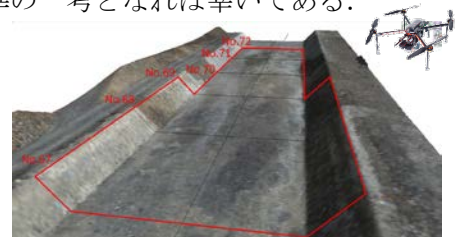


図 - 1 仮排水路（出来形モデル）

2. 検証現場

平成 23 年 9 月台風 12 号による豪雨によって、新宮川水系熊野川（十津川）支流の栗平川（流域面積約 8.7km²）を閉塞し「天然ダム」を形成した山地斜面の深層崩壊が発生した。この災害復旧工事の中で、仮排水路工掘削後のモルタル吹付けについて、UAV 航測技術を活用した管理手法の検証を行った(図 - 1, 2)。

工事件名：栗平地区砂防堰堤他工事

工事場所：奈良県吉野郡十津川村内原地先

発注者名：国土交通省近畿地方整備局

土工内容：約 25 万 m³（切土掘削）L=300m, W=100m

仮排水路：モルタル吹付け 厚さ 7cm（規格値-2cm 以下）

排水断面 A=69 m², L=300m

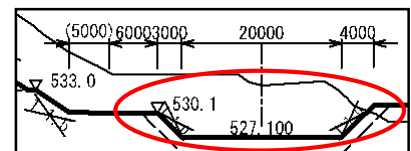


図 - 2 仮排水路断面

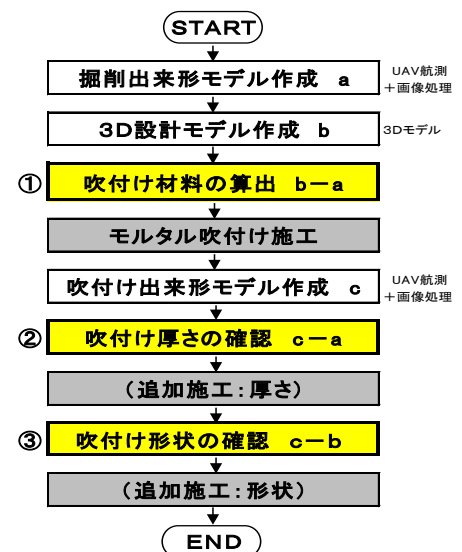


図 - 3 施工管理フロー

3. 施工管理手法

国土交通省「空中写真測量（UAV）を用いた出来形管理要領（土工編 H28.3 版）」による測定精度 ± 5 cm 等の要求仕様・精度を満足する UAV 航測技術を有効に活用して、図 - 3 のようなフローの施工管理手法を検証した。

キーワード i-Construction, UAV, 3D モデル, TIN 法, ヒートマップ

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター TEL045-814-7247

上記の管理手法は、管理断面のみの計測による材料数量の算出や、吹付け後の厚さ・形状の出来形確認を行う従来方法に対し、施工範囲全面を対象とした形状把握による、精度の高い出来形管理を可能とするものである。掘削後と吹付け施工後に UAV 航測を実施し 3 次元画像処理を加え (a, c), 3D 設計モデル (b) や相互間 (a, c) で 3D モデルの差分を求め (図 - 4), 50cm×50cm 格子毎の高さ数値を色別に表すヒートマップで表現したものである。数値は図 - 5 の凡例の通りの色別表現としているが、i-Con で採用されている求積方法の TIN 法により 50cm 格子毎の計算結果を格子の面積 (0.25 m²) で除した値である。この際、体積も同時に算出される。管理項目は以下の 3 項目をフローの各段階で実施し適宜施工に反映させる。

- ① 吹付け材料の算出：掘削出来形モデルと 3D 設計モデルとの差分で、掘削出来形の凹凸による材料の食込みの把握、精緻な体積算出によるロス率の低減（設計仕様が厚さ管理の場合は不要）。
- ② 吹付け厚さの確認：掘削出来形モデルと吹付け出来形モデルとの差分で、吹付け厚さを要求性能とした場合の施工不足箇所の確認。
- ③ 吹付け形状の確認：3D 設計モデルと吹付け出来形モデルとの差分で、出来形精度を要求性能とした場合の施工不良（過度の凹凸による流水障害）箇所の確認。

4. 検証結果

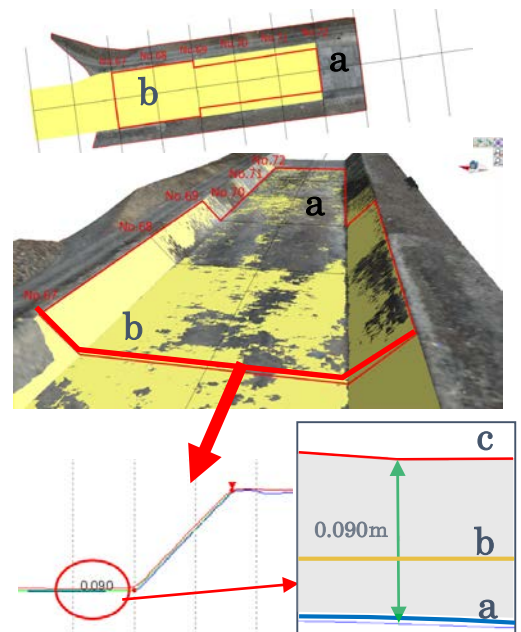
上記①～③の検証結果をヒートマップで表現する（図-5）。

- ① 水路下流側斜面部で青色が目立ち、掘削断面が大きくなっている。
- ② 全体的に吹付け厚さ 7.5cm 以上が大半を占めているが、中流部で断面の不足している箇所がある（施工・検査済）。
- ③ 水路床版はほぼ全面的に一樣な厚みを示し凹凸も少ない状況であるが、下流側斜面部では①の掘削断面が大きくなった影響のためか設計に対しても斜面勾配が緩くなっている（施工・検査済）。

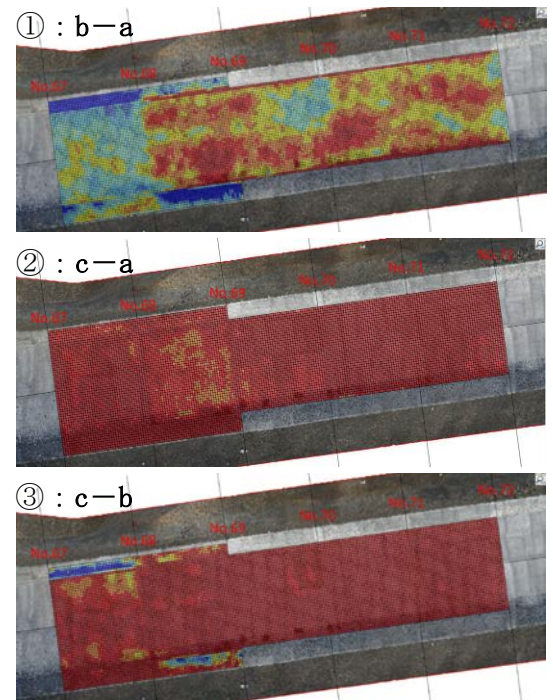
その他、体積計算の結果からは、①が設計より大きい数値であること、②が設計量 196 m³に対し、検証量が 198 m³であるため平均施工厚さが確保されていること、③が①と②の合計体積に近似していることから体積計算の精度が良好であることが分かる。

5. まとめ

検証結果より本管理手法は、施工前後の全点の形状を精度良く把握することができ、材料ロスの低減や設計・規格通りの施工を実現可能とするものであることが分かった。今後は厚さの薄い吹付けに対する本管理手法の適用、GNSS の測位精度向上、UAV 搭載型 3D スキャナの普及により更なる技術の向上を目指したい。



* a, b, c は、3D モデル。数値はモルタル厚さ
図 - 4 3Dモデル差分のイメージ



判例	色	標高(cm)
	濃赤	7.5 < ~
	赤	5 < 7.5
	オレンジ	2.5 < 5
	黄色	0 < 2.5
	白	0
	水色	-2.5 < 0
	空色	-5 < -2.5
	青	-7.5 < -5
	濃青	~ < -7.5

図 - 5 管理項目検証結果

表 - 1 施工数量算出結果

計算項目	盛土	切土	合計
①吹付け量の算出 b - a	59.9	-24.8	35.2
②吹付け厚さの確認 c - a	197.7	0.0	197.7
③吹付け形状の確認 c - b	234.7	-3.6	231.1