

法面における3次元モデルの施工管理及び維持管理への活用

日特建設株式会社 正会員 ○ 藤田哲 正会員 宇次原雅之

1. はじめに

現在、国交省が推進している「ICT法面工」では3次元モデル(点群データ)を活用した施工管理、出来高、出来形管理の効率化が掲げられている。筆者らは、これまでにUAV撮影・SfM技術により取得した3次元モデルの法面工事の施工管理への活用について、現場試験を行い適用性の確認を行ってきた^{1),2)}。本手法を出来高、出来形管理に適用するためには、要求される精度で法面構造物の寸法測定を行う必要がある。また、得られた3次元モデルを有効に活用するためのソフトウェアの準備も必要である。本報告では、吹付法枠を対象として行った測定精度の確認試験および精度の向上検討の結果について報告する。また、施工管理への適用にあたって必要となる3次元モデルを活用した図面作成や施工情報のモデル上への記録を目的として試作したソフトの適用結果を合わせて示す。

2. 適用現場の概要

対象法面は、傾斜約45度、高さ約110m、幅20m~40m、法長約140m、面積約3200m²の地上から全容を把握することが困難な長大な法面で、斜面安定工として下部に吹付法枠工、上部にグラウンドアンカーが施工されている。

3. 実施方法

撮影に使用したUAVは、Mavic Pro(DJI社製)で、UAV搭載カメラ(横×縦:4000×3000画素)を使用し、高度20~140m、撮影距離15~30m、画像ラップ率はオーバーラップ(横方向)80%、サイドラップ(上下方向)60%で行った。撮影は、CASE1(正面~法面に垂直15m離れ)、CASE2(正面~法面に垂直30m離れ)、CASE3(上面から下方に15m離れ)、CASE4(上面から下方に30m離れ)の4仕様で行い、連続写真から専用ソフト(Pix4D mapper)により3次元モデルを作成した。空撮に先立ち標定点及び検証点としてGNSSロガー内蔵対空標識を6箇所設置し、測位した座標データを取得した(写真-1)。

試験 i 3次元モデル上での識別精度の検証

法面上に写真-2に示すようなマーキング(矢印貼り付け)を行い、CASE1~CASE4により得られたデータの識別精度を確認した。矢印の幅は①35mm、②25mm、③15mm、④6mmの4段階で、色は黒(横梁)と赤(縦梁)の2種類に分けて普通紙に印刷し切り取って使用した。



写真-1 標定点の設置状況(全景)

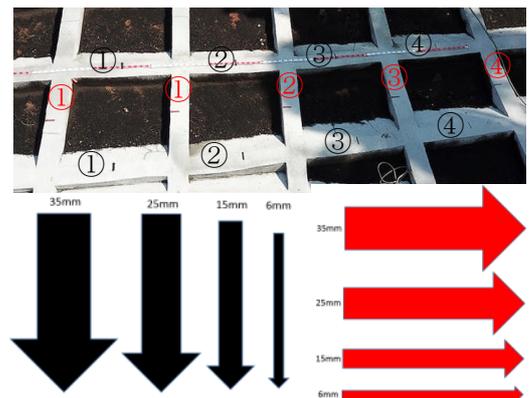


写真-2 矢印の種類、設置状況

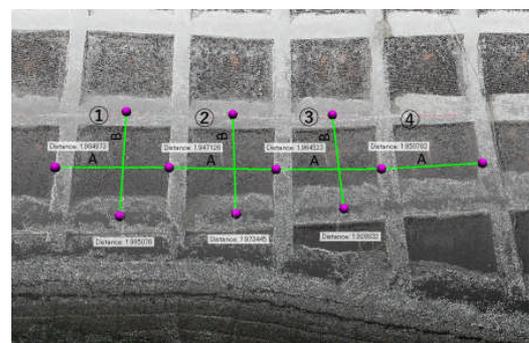


図-1 3次元モデル 出来形測定(枠中心間隔)

【キーワード】法面構造物、UAV、3次元モデル、出来形計測、維持管理

【連絡先】〒104-0003 東京都中央区東日本橋 3-10-6 TEL:03-5645-5110 FAX:03-5645-5113

試験 ii 法枠の出来形（枠の中心間隔）測定精度比較

3次元モデル上での寸法測定精度を確認するため、図-1に示す①～④の測定箇所 A,B の計測値と現場実測値との比較を撮影仕様 CASE 1～CASE4 毎に行った。

試験 iii 3次元モデルを用いた求積展開図の作成と面積精度の確認

得られた3次元モデルから、法枠の外周の折れ点をプロットした任意の面を選択し、求積展開図の自動作成を行った。図-2に dxf データ出力を示す。また、同時に出力されるヘロン式による面積数量表の合計値と現場測定値との比較を行った。

試験 iv 3次元モデルへの施工データ記録

得られた3次元モデルに法枠上部に施工されたグラウンドアンカーの諸元の記録を試みた。ソフトに取り込む際はテキストデータのポリラインへの変換を行った。

4. 結果及び考察

矢印を設置した試験 i では、表-1のように撮影距離 15m で作成した CASE1、CASE3 の3次元モデルでは矢印①35mm～③15mm の認識が可能であった。また、距離 30m で作成した CASE2 では①35mm は認識可能であるが CASE4 においては矢印が認識出来ず測定不能であった。矢印の色による違いは、赤よりも黒色のほうが吹付け面とのコントラストがはっきりしているため認識し易かった。

法枠間隔を対象とした寸法精度の比較結果を図-1、表-1に示す。計測誤差は現場実測値との差分の絶対値平均が CASE1 の撮影距離 15m で 0.66%、CASE2 の撮影距離 30m で 1.51%であった。撮影距離が近い方が点群の密度が大きくなり、誤差が小さくなると考えられる²⁾。また同じ撮影距離 15m でも CASE3 の上面からのデータより CASE1 の正面からの撮影距離データの方の精度が若干向上している。

試験 iii では現場での法枠施工面積の計測変化点と同様に 3次元モデル上で範囲を指定し求積図の自動作成を行った。その結果、現場計測値 3234.35m²に対し 3次元 CAD により CSV 出力された求積表の計測値は 3228.12 m²と -6.23 m²（誤差 0.2%）の差であった。

図-3は、試験 ivにより 3次元モデルにグラウンドアンカーの施工データを記録したソフトの拡大画面である。施工範囲の横には施工年月日、グラウンドアンカー及び受圧板の規格、設計アンカー力 Td 及び初期緊張力 Pi、各段のアンカー全長を記載した。このようなファイルを施工完了後に記録・保存しておくことにより、維持管理のデータベースとして活用可能であると考えられる。

5. まとめ

今回の結果より、法面構造物の点群データを使用した出来形測定は、撮影距離に応じて幅 15mm～35mm 程度の適切な大きさのマーキング（矢印）を行うことが有効であると考えられる。また、法面構造物の数量算出の基礎である施工面積についても、専用ソフトにより 3次元モデルから簡易に作成可能となり省力化につながる可能性が示された。今後も、法面工事での 3次元モデルの活用を進め施工管理の省力化、維持管理への適用を目指したい。本研究を行うにあたり熊本県阿蘇地域振興局、岩奥産業株式会社の皆様には多大なるご協力を賜りました。また、ソフトの作成・適用にあたっては（株）日本インシーク、応用地質（株）にご協力いただいた。ここに感謝の意を表します。

参考文献：1) 藤田・宇次原ほか, のり面工事における空撮画像及び3次元モデルの施工管理への活用, 土木学会全国大会講演集 (DVD), 2018
 2) 藤田・宇次原ほか, のり面構造物における3次元モデルの活用に関する研究, 平成30年度砂防学会研究発表会, 2018

表-1 3次元モデル出来形測定表（枠中心間隔）

位置	CASE 1		CASE 2		CASE 3		CASE 4	
	実測値	測定値	実測値	測定値	実測値	測定値	実測値	測定値
①A	2000	1984	-16	2019	19	2007	-7	
①B	1990	1995	5	2004	44	2013	23	
②A	1930	1847	-83	1904	-26	1907	-23	
②B	1980	1973	-7			1974	-6	
③A	1950	1864	-86			1924	-26	
③B	1950	1928	-22			1981	31	
④A	1980	1950	-30					
④B	1950							
法の枠外周の平均	1969.8		13.0		29.7		19.3	
(%)			0.66		1.51		0.98	

※注：実測値と3次元モデル上の計測値との差分

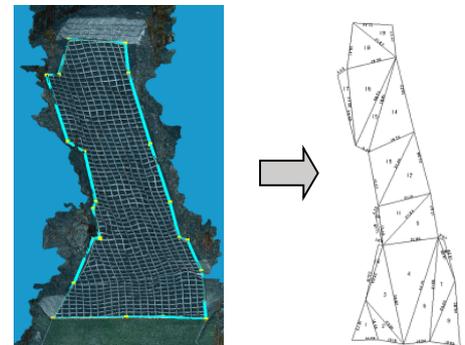


図-2 3次元モデルから作成した求積展開図



図-3 グラウンドアンカーの諸元を記録した3次元モデル