

位置情報付の写真を用いた SfM による試掘工事での出来形計測

Measurement of workmanship in exploratory excavation by SfM using location-aware photographs

○(株)熊谷組 正会員 横田仁志
 (株)熊谷組 山中吹雪
 (株)熊谷組 正会員 石濱茂崇

1. はじめに

SfM (Structure from Motion) は、対応点の相対座標からカメラの相対的位置と向き(動き)を復元する技術を用いた写真測量方法で、基本的にはソフトウェア上で自動処理される。対応点は相対座標であることから、撮影範囲に3点以上の絶対座標(公共座標)を有した標定点を設けて位置合わせを行うのが一般的である。一方、SfM において復元するカメラの位置について、2 周波 RTK (Real-Time Kinematic) の GNSS (Global Navigation Satellite System) 受信機と組み合わせることにより、cm オーダーの絶対座標の位置情報をカメラに与え、標定点を用いずに絶対座標の位置情報を有した 3 次元モデルを SfM にて作成することも行われている(例えば、Phantom4 RTK による空中写真測量)。この方法を用いることにより、現地での作業の標定点の設置と解析作業での標定点の位置合わせを省略することが可能で、さらなる測量業務の業務効率化が期待されている。

このような SfM の土木工事への適用は、ドローンを用いて行うことが効果的であることから、大型造成工事で行われることが一般的であるが、小規模な土工事においても SfM は業務の効率化に寄与できると期待される。今回は SfM の適用事例の少ない試掘工事を対象とした。なお、工事規模からドローンを用いることが非効率なため、地上から撮影して SfM を実施し、写真に GNSS 位置情報を付与する方法を試行した。

2. 工事概要

今回の対象とした試掘工事は、推進工の到達部において既存の水道管の確認を行うものである。通常、推進工事は都市部で行われることが多く、ドローンを用いた測量は行うことが困難であり(申請等が必要となる)、SfM は地上から実施する方法が望ましい。

対象とした推進工事の概要は以下のとおり。

【工事件名】 企相南第 11 号北相送水管(中津支管)切回
 工事(道路改良) 第 2 工区

【発注者】 神奈川県企業庁相模原南水道営業所

【工事場所】 神奈川県相模原市南区下溝地内

【工事内容】

泥濃式推進工 Φ1000 L=284.3m

送水管布設工 PN. DIP Φ800 L=287m

NS. DIP Φ800 L=59.3m

3. SfM 計測方法

対象とした試掘工事は、縦断方向に約 4m、横断方向に約 2m、深さ方向に約 2m の掘削を行った(写真-1)。

今回実施した SfM 計測は、PIX4D 社製 viDoc を用いた写真に GNSS の位置情報を付与することにより標定点を用いない方法(以下、viDoc 法と表記)と通常の標定点を設置した写真撮影によるもの(以下、通常法と表記)との2種類を実施した。viDoc は、iPhone Pro (iPad Pro) に取り付けることにより取得した GNSS 位置情報を写真に付与するもので、専用の iOS アプリケーションである「PIX4D Catch」を用いて撮影を行う(写真-2)。検証点は確認したガス管上に1点設け、通常法用に掘削の周囲に標定点を4点設けた(図-1)。



写真-1 試掘の状況

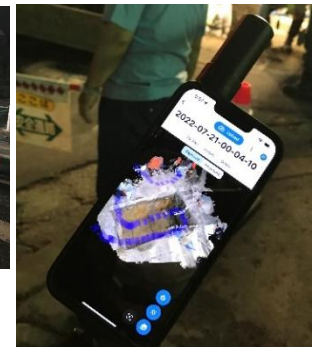


写真-2

PIX4D Catch 撮影画面
 (iPhone Pro に PIX4D
 viDoc を取付け)

キーワード: SfM, 写真測量, 試掘工, 業務効率化

連絡先: 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2丁目1番地 (株)熊谷組 土木事業本部 シールド技術部 TEL: 03-6387-8649

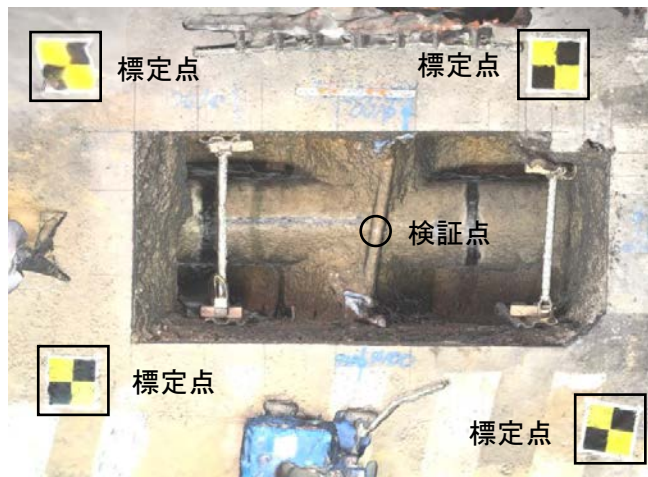


図-1 検証点と標定点の配置
(viDoc 法によるオルソ画像)

4. 結果

viDoc 法では、試掘の周りをビデオ撮影するように 3 回周回した。撮影枚数は 378 枚で、撮影時間は 5 分程度であった。

通常法では、試掘の周りをランダムに移動しながら撮影を行った。撮影枚数は 40 枚で、撮影時間は 3 分程度であった。

いずれの方法においても、水道管やガス管の形状を反映した良好な 3 次元モデルを取得することができたが、通常法において、壁面において点群の抜け落ちがみられた (図-2)。これは、一部の写真が SfM 解析に使用できなかったために生じており、現地で即座に解析結果が分からない SfM の弱点である。なお、写真-2 に示すように、viDoc 法では、撮影中に概略の 3 次元モデル化範囲が把握できることから (iPhone Pro の Lidar 機能により生成されている)、点群の抜け落ちが発生する可能性は少ない。

viDoc 法での誤差は最大で 11mm、通常法での誤差は最大で 10mm であった (表-1)。精度としては、いずれの方法においても、UAV を用いた公共測量マニュアル (案) による出来形管理の目標精度である 50mm 以下の誤差となっており¹⁾、問題ない結果が得られている。



図-2 viDoc 法 (左) と通常法 (右) の点群の比較

表-1 viDoc 法と通常法の検証点との比較

	X	Y	Z
検証点	-52260.044	-41261.161	70.159
viDoc法	-52260.041	-41261.167	70.170
誤差	-0.003	0.006	-0.011
通常法	-52260.053	-41261.157	70.164
誤差	0.010	-0.004	-0.005

5. 効果

通常は、試掘後に人力で寸法を計測する作業を行い、1~2 時間程度の時間がかかる。一方、SfM を用いる方法では、検証点の設置も含めて 10 分以下で作業が完了する。本方法では、3 次元モデルとなっていることから、任意の場所で断面を作成し、任意の場所の寸法を測ることができる (図-3)。このため、仮に寸法を測り忘れた箇所があったとしても、後から計測することができる。道路の通行止めを伴う試掘の場合、開放までの時間に追われて作業するため、効果は大きい。

なお、解析時間は 2 時間程度かかるものの、解析は PC 上で自動的に行われるため、通常業務への影響は少ない。また、検証点測量に 3 分程度、標定点測量に 10 分ほど要しているが、標定点測量は試掘作業と並行して実施できるため、試掘作業に影響を与えない。

このような結果から、SfM による出来形計測は業務効率化の効果があり、特に標定点を必要としない viDoc 法においてその効果は大きいと考えられる。



図-3 3次元モデル上での断面作成と寸法計測

6. 今後の課題

今回は、周囲に高い建物がなく (2 階建ての民家程度)、上空が非常に開けた状態で実施したことから、GNSS の受信状況が非常に良好であったことが、良好な精度の結果が得られたことにつながったと考えられる。今後は、GNSS の受信状況が良好でない箇所での適用方法を検討していく必要がある。

文献

- 1) 国土交通省国土地理院 (2017) : UAV を用いた公共測量マニュアル (案), p.20.