

急傾斜地の施工における3次元計測技術等の活用と効果

国土交通省 中部地方整備局 富士砂防事務所 川嶋浩一
 木内建設株式会社 時田和廣, 塩澤成文, 松下圭佑
 株式会社建設システム 富永孝太
 アジア航測株式会社 ○佐藤厚慈, 山崎廣二, 渡辺智晴

1, はじめに

大規模地すべりの地形が確認された由比地区では、中央防災会議の東海地震想定震度発表(震度 6 強～震度 7)を受けて豪雨や東海地震等による地すべり災害の発生を未然に防ぐことを目的に平成 17 年度より地すべり対策事業を行っている(図-1)。この地区には、日本の大動脈である国道 1 号・東名高速道路・JR 東海道本線が位置し、大規模地すべりが発生すると東西を結ぶ交通網が寸断され、甚大な経済被害・人的被害が発生する恐れがある。



図-1 由比地すべり対策事業箇所

本報では、由比地すべり対策工事における 3 次元技術を活用した工事の安全性確保や効率化に向けた取り組みについて報告する。

2, 工事概要

本工事は、標高約 120m, 斜面勾配約 50 度の極めて急峻な地形箇所に工事用道路を設置するものであった(図-2)。当該工事では、急斜面における作業員の危険回避や作業効率の改善を目的として試行的に UAV (Unmanned Aerial Vehicle) を活用した起工測量(写真測量)を実施した。実施にあたっては、木内建設が施工および管理、アジア航測が測量等の各種計測、建設システムが施工管理支援を実施した。

工事名:H27 由比大久保地区道路整備工事
 工事場所:静岡市清水区西倉沢地先
 工事延長:100m
 発注者:国土交通省富士砂防事務所
 工期:H28 年 1 月 19 日～H29 年 2 月 28 日

従来のトータルステーション等を用いた地形測量を行う場合は、急斜面で足場の悪い箇所において測

量機器を人力で運び計測を行う必要があり、滑落等の危険性を伴うとともに作業性が悪くなる。そこで、危険回避の取り組みや施工の効率化を図るため、新たな取り組みとして UAV による 3 次元起工測量を実施し、安全管理・品質管理・出来形管理等の向上を目指した。



図-2 工事箇所(急峻な斜面)

3, UAV 写真測量による起工測量

3.1. 実施概要

起工測量では UAV を用いた空中写真による 3 次元測量により地形データを取得した(図-3)。計測は平成 28 年 2 月に実施したが、計測に関する基準類が未整備であったため、以下の諸元で計測を実施した。

- ・撮影コース 2 コース
- ・オーバーラップ 80～90%, サイドラップ 50～60%
- ・地上画素寸法 5mm～10mm, 対地高度 20～40m
- ・標定点 12 点, 検証点 14 点



図-3 UAV による 3 次元起工測量

計測に先立ち実施した現地踏査結果をふまえ、安全な計測を実施するため、下記の留意事項に配慮してマニュアル飛行での計測とした。

【計測上の留意点】

- ・現場近傍の支障物（鉄塔・電線）
- ・常に海から吹き上げる強風

【精度向上への留意点】

- ・カメラ方向は斜面と正対させる
- ・樹木の影を小さくするため低い対地高度で計測

3.2. 実施結果

安全管理面では、UAV を用いることにより危険性の高い現場へ直接人が立ち入らず測量作業が実施できた。検証点における最大誤差は $X=-0.0194\text{m}$ 、 $Y=-0.0342\text{m}$ 、 $Z=-0.0134\text{m}$ 、標準偏差 σ は $X=0.0084$ 、 $Y=0.0147$ 、 $Z=0.0065$ であり、計測精度は、現行基準類の制限値（起工測量：10cm）を満足し、精度の確保が実現できた。

計測データは、メッシュデータとして面的に地形形状を取得するため、任意箇所での断面を容易に作成できる。また、表層面の形状を忠実に再現できることから、従来手法による地形測量よりも正確な土量算出が可能になった（図-4）。



図-4 起工測量結果（点群データ）

4. 出来形測量の検証

本工事では、道路構造物や舗装工に対する出来形の検証を試行的に実施した。

4.1. 実施概要

UAV 写真測量に加えて、MMS（Mobile Mapping System）による計測も併せて実施し精度を検証した。なお、計測にあたっては一般的な垂直撮影に加え直壁の側面部を考慮した斜め撮影を行うなどの工夫を行った（図-5）。



図-5 UAV・MMSによる出来形測量

4.2. 検証結果

UAV 写真測量の出来形計測精度は、検証点において最大誤差 $X=-0.011\text{m}$ 、 $Y=-0.008\text{m}$ 、 $Z=-0.027\text{m}$ 、標準偏差 σ は $X=0.0039$ 、 $Y=0.0040$ 、 $Z=0.0091$ となり起工測量時同様に高精度での計測を実現した。また、設計面に対する施工面の差をヒートマップで確認した結果、UAV の計測では、計測値にばらつきが多く認められた（図-6、7）。この要因としては、アスファルト舗装の路面に地形変化点（特徴点）が少ないことが考えられる。このため、地形変化が少ない場合は対空標識（目標シール等）を配置することによる精度向上対策を行っていく必要がある。



図-6 3次元設計データと点群データ重ね合せ

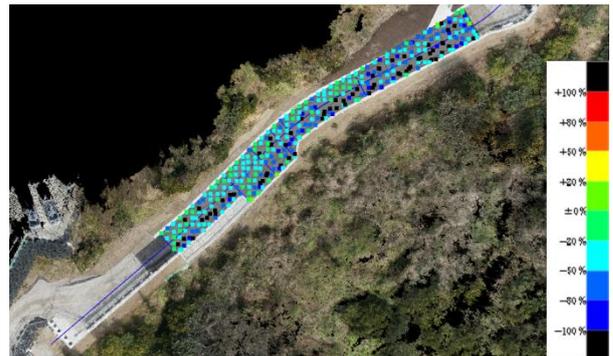


図-7 ヒートマップ（UAV計測）

一方、MMS の出来形計測精度は、検証点において最大誤差 $X=-0.016\text{m}$ 、 $Y=-0.033\text{m}$ 、 $Z=-0.006\text{m}$ の結果となった。また設計面に対しては、ばらつきが最大10mm程度であり良好な計測精度が得られた。このため、車両の通行が可能な場合においてはMMSの活用も有効と考えられる。

5. おわりに

本工事では、UAV を活用した写真測量の実施により急峻な現場において安全な計測作業と精度検証が実施できた。起工測量に対しては、制限値を満足しつつより高精度な土量算出が可能であることを確認した。一方で、出来形測量に対しては、特徴の少ないアスファルト面に対して特徴点が認識されにくく、精度面において課題が生じることも確認することができた。今後の i-Construction の実用化に向けて、更なる試行的取り組みを進めていきたい。