

UAVによる航空レーザ計測結果を活用した斜面災害対応と更なる災害リスクの抽出

東日本高速道路(株) 正会員 ○谷口 夢実
 東日本高速道路(株) 非会員 元木 修
 東日本高速道路(株) フェロー会員 横田 聖哉
 (株)高速道路総合技術研究所 正会員 村上 豊和

1. はじめに

令和元年10月の台風21号による集中豪雨により、圏央道外回り(茂原長南IC～市原鶴舞IC間)において、写真-1に示す切土のり面脇の自然斜面が崩壊(以下、「崩壊斜面」という)し通行止めが生じた。従来であれば、復旧に向けて、現地踏査や地上からの測量を行うが、崩壊後の傾斜は35°前後と急傾斜であり、隣接する出尾根部(写真-1の崩壊斜面右側)においても崩壊が懸念されたことから、二次災害のリスクを回避する必要性が生じた。また、迅速に災害復旧を行うためには、効率的に災害状況を把握する必要性があった。以上のことから、従来の測量では、二次災害が懸念され且つ準備やとりまとめに膨大な時間を要することが想定されたことから、本現場では、高速道路でも採用事例の少なかった小型無人航空機(以下、「UAV」という)を用いた航空レーザ測量を採用し復旧に向けた災害状況把握を行うことにした。なお、同様の災害を防ぐため、近隣箇所での災害リスク把握を目的に写真-1に示すトンネル上を含む広範囲での計測も併せて行うこととした。



写真-1 災害直後の状況 (UAV撮影)



写真-2 応急復旧の状況(R2.4)

2. 被災概要

崩壊斜面は、沢地形に堆積した表土・崖錐堆積物が集中豪雨(時間最大雨量69.5mm/h)によって、高さ約50m(斜長にすると約80m)、幅約10mに渡り崩壊した。周辺地質は、万田野砂礫層と笠森層により構成されている。崩壊後、大型土のうと仮設落石防護柵で緊急対策を行い、応急復旧として、写真-2に示すモルタル吹付(厚さ15cm)を約1,350m²、切土補強土工を252本(L=2.7m:97本, L=2.0m:155本)を施工し、排水対策としてドレーンも設置した。

3. UAVの飛行方法

本現場では、図-1に示す作業フローで調査を進めた。前述のとおり、高速道路の災害現場での採用事例も少なかったことから、まず、計測計画を立てるにあたり、航空法に基づく許可及び承認が必要となる事項を調べた。UAVの飛行の許可が必要となる空域として、空港等周辺の空域(A)、150m以上の高さの空域(B)、人口集中地区の上空(C)があり、これ以外の空域が飛行可能範囲となる。ここで、(A)、(C)の確認は、国土交通省国土地理院の地理院地図¹⁾を使用し範囲外であることを確認した。また、(C)については、150m以下の飛行に計画上制限した。なお、緊急要務区域は飛行前に確認を行った。また、(A)～(C)以外にも、



図-1 作業フロー



図-2 飛行ルート

キーワード UAV, 災害復旧, 調査計画, 航空レーザ測量, 地形差分解析, 点群データ

連絡先 〒292-0008 千葉県木更津市中島2533 東日本高速道路(株)東京湾アクアライン管理事務所 TEL0438-42-0099

夜間飛行，目視外飛行，人又物件から 30m 未満の飛行等，地方航空局長の承認が必要な項目があり，本現場では，目視外飛行が該当する可能性があったことから，見張り役を配置し，常に目視化に置きながらの飛行とした。また，高速道路の路肩からは，常時 30m 以上の離隔を確保する計画とし図-2 に示す飛行ルートとした。今回，許可や承認事項ではないが，あらかじめ上空を飛行させる箇所に関係者に連絡を行った際，飛行禁止区域外であっても，上空の飛行を断られた箇所もある。このように供用中の高速道路やその沿線での飛行には，航空法に基づく事項以外にも，供用中の高速道路特有の制約が生じることに今後は注意が必要である。

4. データの取得

図-3 に UAV による航空レーザ測量から取得したオリジナルの三次元点群データを示す。要求点密度は，UAV 搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案)²⁾を参考に，100~200 点/m²とし，要求精度は，0.1m とした。UAV は上空から広範囲の撮影ができるため，路肩から 30m 離れた飛行や測量箇所の直上を飛行させなくても必要範囲におけるほぼ全てのデータを取得することができた。

5. 地形差分解析や地形判読による後続調査計画の立案

測量データより作成した等高線を用いて地形差分解析を行った結果，崩壊土砂量は，2,013m³であった。また，今回発生した崩壊斜面の周辺には，図-4 に示すとおり①崩落斜面やその付近の 0 次谷を含む凹状斜面(図-4 の赤色範囲)②トンネル坑口付近の溪流部(図-4 の青色範囲)の 2 エリアが分布していることがわかった。①は，崩壊斜面と同様な 0 次谷を示し表流水が集まりやすく，急傾斜なことが確認され，豪雨時に崩壊や土砂流出の可能性がある。また，②は 2 つの溪流の出口がトンネル坑口部に向かっており，上流域で崩壊が発生した場合，土石流が高速道路まで流入する可能性が確認できた。そのため，今後は，図-5 に示す凹地状斜面調査と溪流調査の詳細な現地調査を行い，地形判読結果とあわせて，周辺斜面崩壊・土石流リスク評価と対策工設計を行う予定である。このように，災害状況把握や周辺のリスク箇所抽出には，今回の要求点密度と要求精度で適用可能であることも確認できた。

6. まとめ

今回，UAV を用いた航空レーザ測量を実施したことにより，地上からの測量では難しい被災箇所周辺の地形状況まで確認することができ，予想していなかった範囲に存在する災害リスク箇所を事前に抽出することができた。また，広範囲に及ぶ調査計画，安全性の高い工事計画の立案が可能となった。これらは，災害現場において，UAV を活用することにより業務の効率化を図れることに加え，高速道路を利用されるお客様や工事を行う方々の安全・安心にも繋がると考える。今後は，本復旧に向けて設計を進めるとともに，今回抽出した隣接の危険箇所については，詳細な調査を進め対応を図っていく。

参考文献

- 1) 国土交通省国土地理院 HP : < <https://www.gsi.go.jp/>> (参照 2022.2.25)
- 2) 国土交通省国土地理院 : UAV 搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案)，令和 2 年 3 月改正



図-3 三次元点群データ

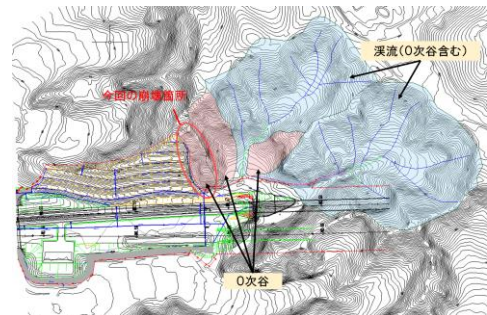
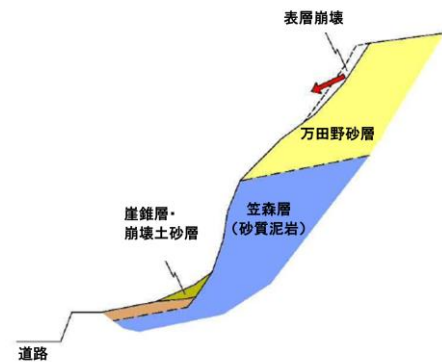
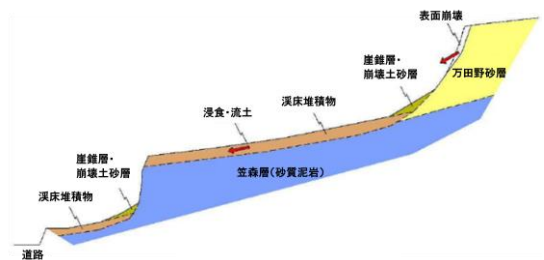


図-4 周辺斜面のエリア区分図



(a)凹地状斜面(崩壊リスク評価箇所)



(b)溪流部(土石流リスク評価箇所)

図-5 後続調査計画の提案