

熊本地震における斜面崩壊の状況把握手法と課題

国土交通省 九州地方整備局 熊本河川国道事務所 徳田浩一郎
応用地質株式会社 砂防・防災事業部 ○正木光一 平松晋一
ルーチェサーチ株式会社 渡辺 豊 福田信行

1 はじめに

日本国内は地震で大規模な斜面災害に見舞われることが多い。余震が頻発する中、しかも大規模な斜面ほど危険性が高く初期の斜面安定状況を把握しにくい。今回は熊本地震で発生した阿蘇大橋付近の大規模斜面崩壊現場における初期対応について回顧し、今後の斜面災害の初動対応のありかたについて考察した。

2 手法

平成 28 年 4 月 16 日未明に発生した熊本地震で大規模斜面災害が発生。国土交通省は被災した国道 57 号および落橋した阿蘇大橋などの土砂災害の状況把握にあたる必要があった。斜面が大規模であること、余震で二次被害の可能性があること、迅速に地形状況が把握できることで有利な「UAVによる地形調査」を実施することになった。現場での第 1 印象は以下のものであった。行方不明者捜索で全国から消防および自衛隊がヤードを確保し災害箇所周辺を動き回っている。上空にはテレビ局や新聞社のヘリコプターが無数に旋回している。そのなかで UAV の大きさはワゴン車で運べる程度であり、迅速な準備組立が可能であった。機種の特徴を表 1 に示す。レーザースキャナーを搭載した無人飛行機（UAV：SPIDER-eX）から地上の物体にレーザー光を照射し、地表面で反射してきたレーザー反射位置の三次元位置を計測する。三次元位置の計測は、GNSS、IMU 装置、レーザ測距装置（レーザースキャナー）及びこれらの機器を制御し記録したデータを記録する記録制御装置から構成される。図 1 に機械の外観を示す。システムは大きく分けて以下の 3 つの構成から成る。GNSS(地上および無人機)による 3 次元空間位置の特定。IMU(慣性計測装置)による無人機の 3 軸の回転および加速度の検出。レーザ測距装置によるレーザ測距からなる。



図 1 無人飛行機（UAV：SPIDER-eX）

表 1 レーザー計測装置一覧表

機体サイズ	110×110×70cm
フライトタイム	15分
フライト重量	24.5kg
飛行可能範囲	1,000m
レーザクラス	アイセーフクラス 1
最大測定距離	920m
有効測定レート	50万測定/秒
視野角（FOV）	330°
取得パルス	オンライン波形解析

3 結果

約 80 万㎡を約 3 時間で測定し、その後 3 時間かけて簡易フィルタリングを行い、地形図を作成した。これを図 2 に示す。

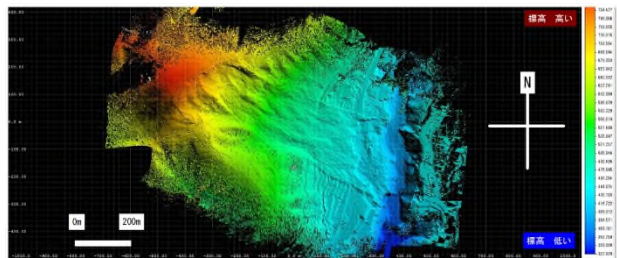


図 2 簡易フィルタリングで作成した地形図

次に反射強度図を作成し凹部からのレーザー反射が弱いと想定した開口亀裂の分布を抽出した。これ

を図3に示す。崩壊地崖線最高部から南にかけて、連続する明瞭な開口亀裂が崖地を囲んでいる。

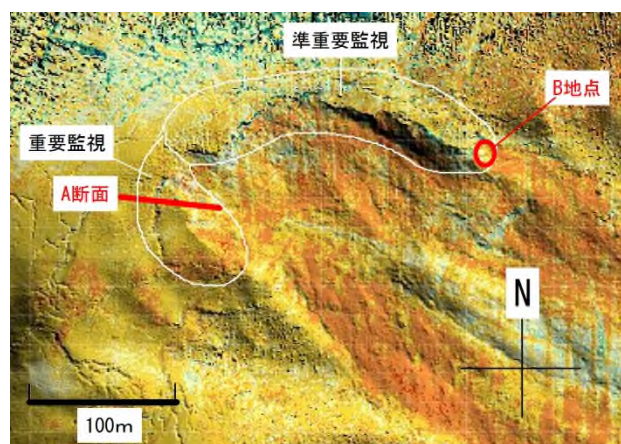


図3 崩壊地頭部付近反射強度図

図3崩壊地頭部における3次元データの断面作成を実施した(図3中A断面)。拡大してみると落差が3m位、開口幅4m位ありオーバーハングして落ちかけている様子やその大きさもよくわかる。これを図4に示す。

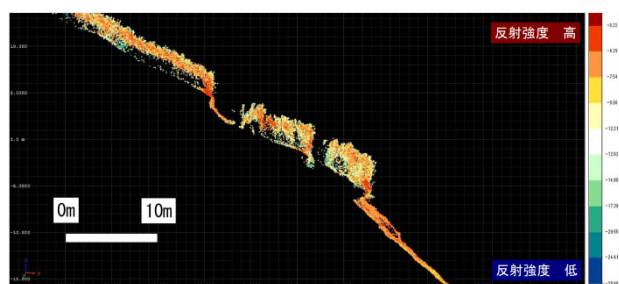


図4 迅速処理した断面図

この情報取得により、崩壊地を取り囲む崖の安定性評価および発生土砂量推定が可能となった。

4 課題

図3で示された明瞭な開口亀裂に対し重要ブロック、やや不明瞭な亀裂群からなる準重要ブロック(B地点側)でそれぞれを伸縮計で計測モニタリングした。(他にも多数センサーでモニタリングしているがここでは割愛する。)驚くことにA断面ではその後の豪雨でも伸長せず安定していることが判明した。一方B地点ではその後に変位が断続的に継続し6月の豪雨で末端部分が崩壊した。幸いこれにより事故はなかったものの当初の評価順位が反対であったことが判明した。検討課題としては、崖を取り巻

く開口亀裂の性状の比較をすることが重要と考えられる。またその分布状況に重み付けを行い今後の初動時の判断基礎として詳細に今後検討することを試みる。当面は表2に示す要素を提案する。

表2 初動時の亀裂の性状と形状評価

		崩壊斜面背後の亀裂形状			
		明らかに亀裂が 取り巻く	断続的に亀裂が 取り巻く	崖面から放射状 に延びる	崖と明らかに並 行ではない亀裂 が分布
亀 裂 の 性 状	段差がある(頭部 陥没)	◎	○	●	△
	地表水が亀裂に入り 込んでいる	◎	○	○	●
	基盤層(基礎岩盤) を切断する	◎	○	●	△
	開口幅が広い	○	●	△	△
	1本の亀裂が長い	●	△	△	△

◎かなり重要 ○重要 ●ある程度重要 △状況に応じ重要

UAVによる亀裂調査は広範囲に短時間で実行できる手法であり、面的に分布する開口亀裂の進展がないかモニタリングを施行した。これを図5に示す。これは発災直後と降雨期を過ぎた11月に測定したものを並列したものである。亀裂の進展は見られないことが判明した。

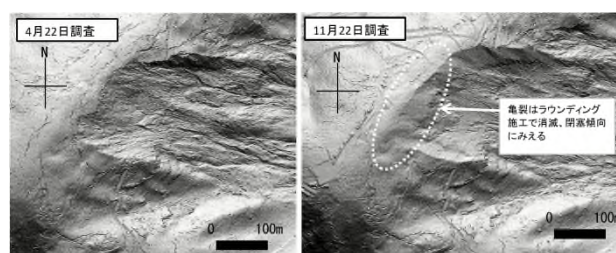


図5 開口亀裂分布フィルタリング比較図

5 今後の方向性

UAV調査により亀裂の進展などの情報は評価できる。今後は長期的な変動の確認や平常時からの地形情報を定期的にストックしておき、豪雨・地震時の安定性を相対的に評価しておく斜面リスクマネジメントをすることが望ましい。また天然ダム形成後の貯水位の変化、閉塞崩積土の形状変化など迅速判断が必要な調査を展開したい。