

神通川水系谷内谷での地すべり性土砂移動における GNSS 観測について

富山県砺波土木センター 丹保 富美雄(現 立山土木事務所), 寺崎 秀治(現 富山県港湾課)
日本工営株式会社 馬場 貴志, 長山 孝彦, ○窪寺 洋介, 渡部 春樹

1. はじめに

平成 29 年 1 月に、富山県南砺市利賀村上百瀬地区谷内谷の上流斜面を崩壊発生源とする土砂災害が発生した。本報告では、この土砂災害の概要を報告すると共に、安全対策として設置観測を行った GNSS 等による監視観測状況及び結果について報告する。

2. 土砂災害の概要

平成 29 年 1 月 16 日と 1 月 20 日に百瀬川支川谷内谷の旧利賀スキー場の斜面上部(土砂生産域)において、融雪等に起因した地すべり状の崩壊が発生し、移動土塊(約 17.7 万 m³)が下流へ流出・堆積した。その後、1 月 30 日には斜面上部に残っていた土塊の一部が崩落流出し、上流側に設置していたワイヤーセンサを切断し、下流堆積域付近まで到達した(図 2)。

3. 土砂流出後の対応状況

土砂崩壊並びに土砂流出が発生した 1 月 20 日以降、土砂生産域では緊急の排水工、下流堆積域では応急の土留工や排土工を始めとした応急対策が実施された。それに合わせ、土砂生産域ではワイヤーセンサ・移動杭監視カメラなどが、下流堆積域では伸縮計や GNSS の測地観測、カメラ画像解析による移動土塊の監視を実施した。なお現在、土砂生産域にて排水ボーリング工や土留工などの恒久対策が、下流堆積域では排土に加えて堆積工や導流堤等の整備が実施中である。

4. 移動土塊の概要

4.1 上百瀬地区の地形・地盤特性

上百瀬地区は、広域地質図から新第 3 系岩稲累層と花崗岩類、変成岩類を主体とした地質構成を呈しており、元来堅固な地質ではなかった。現地形状況から古い時代に地すべりブロック頭部付近で地すべりまたは崩壊が発生し、崩土が谷部を埋塞したものと推測される(埋没谷)。この緩傾斜の埋没谷がスキー場として使用されていたものと考えられる。

4.2 移動土塊の性状

今回崩壊流出した移動土塊は、斜面上部で地すべり状の崩壊が発生しその崩壊土砂が積雪を巻き込んで土石流化し谷に沿って流出したものと考えられる。流出し斜面に堆積した土砂の層厚は周辺の元地形から 3.0m 程度と想定された。粘土質で含水比が高く泥濘化したものであり、積雪を巻き込んでいるため非常に軟質化したものであった。崩壊後は積雪面を圧雪しつつ乱れた状態で滑り落ち、下流側堆積域に到達していた。移動速度は 10m/分前後であり、一般的な地すべりで捉えられる初期変位よりも速く流動的であった¹⁾。

5. GNSS 設置・観測概要

5.1 GNSS 設置位置・方法・観測期間

土砂移動の速度は地すべりよりも速いが、一般的な土石流よりは遅いことから移動土塊の全体的な動きを捉え、下流域での移動土塊の再移動監視及び対策施工時の安全管理のため GNSS(全球測位衛星システム)を用いた観測を行った。また早い動きの検知、補完するため監視カメラを使った画像解析システムを設置した。

GNSS の設置位置は移動土塊の全体的な動きを捉えるために上流側・下流側で全 5 箇所(G-1~G-5)に設置したが、G-2, 4, 5 については途中排土工事の進捗に合わせ工事の影響のない位置に移設を行った(図 5)。監視カメラは上下流の中間部から上流側方向と下流側方向、各 1 基(計 2 基)による土塊の監視観測を行った。観測期間は H29.2 月~11 月末まで約 10 ヶ月間である。



図 1 位置図

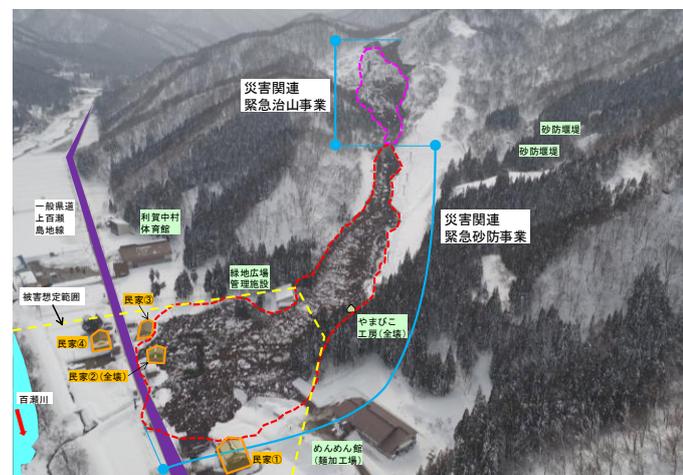


図 2 土砂堆積状況と被災状況 (H29.1/20 時点)

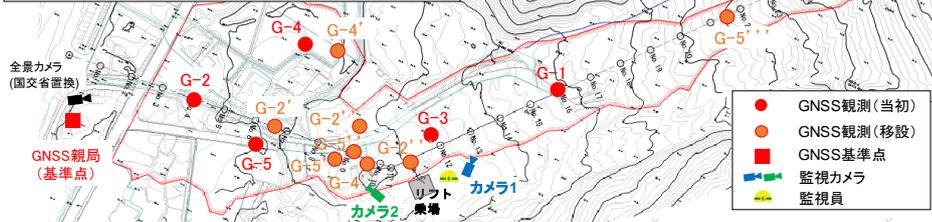


図 3 発生区間・流下区間の状況



図 4 GNSS 計測セグメントの構成

【監視システム整備状況】
 ①GNSS(G-1,G-2,G-3,G-4,G-5):下流域土砂の動態監視
 (※途中排土工事の進捗のよりG-2, G-4, G-5は移設)
 ②カメラ1:堆積域作業時の安全確保を目的とした土塊の再移動監視
 +上流域からの土砂移動監視
 ③カメラ2:堆積域作業時の安全確保を目的とした土塊の再移動監視



流下区間上部の状況

図 5 GNSS 及び監視カメラによる監視・観測状況

5.2 GNSS 観測

GNSS は X・Y・Z 軸で測っており、キャリブレーションをするため観測値は 1 時間毎となる。また簡易な架台で設置し、地表～30cm 位の土塊を対象とした。

5.3 GNSS 観測結果

災害発生後の期間ごとに総量でとりまとめると、上百瀬地区における土砂動態は以下の特徴があった。

	①GNSSの変位	②降水量	③気温
(1) 災害発生～災害発生1ヶ月後 (H29. 2月～3月) (図6)	<ul style="list-style-type: none"> ■概ね5～10mm/日 ・上流側に設置したG-1の土塊の移動量がG-2(下流側)よりも大きく、上流側の土塊の移動が顕著。 ・2/19には245mm/日の変位(期間中最大) 	最大35mm/day (2017/2/23)	平均3.0℃ 最大7.7℃
(2) 災害発生1ヶ月後～2ヶ月後 (H29. 3月～4月) (図7)	<ul style="list-style-type: none"> ■0.1～5mm/日程度 ・上流・下流側の移動量の変化率がほぼ同等程度であり、土塊全体で移動したと推測 ・この時期は融雪期に当たり、固定部の地表の沈下による変位が大きい。 	最大27mm/day (2017/3/15)	平均7.5℃ 最大16.2℃
(3) 災害発生2ヵ月後～4ヵ月後 (H29. 4月～6月) (図8)	<ul style="list-style-type: none"> ■0～3mm/日程度の変位 ・下流側(G-2, 3, 4)の土塊の移動が顕著 	最大25mm/day (2017/4/11)	平均15.9℃ 最大23.6℃
(4) 災害発生4ヵ月後以降 (H29. 6月～11月) (図9)	<ul style="list-style-type: none"> ■0～2mm/日程度の変位 ・G-5は左岸側の流路形成による侵食により145mm/日が確認されたが局地的な変動 ・上下流の移動量の変化率が少なく、土塊全体の動きはほとんど見られない。 	最大202mm/day (2017/10/23)	平均19.6℃ 最大29.0℃

5.4 考察

災害発生1ヶ月後付近は、融雪も影響し、概ね5～10mm/日の変位が確認され、2/19には期間中最大の245mm/日の変位が確認された。その後、3月以降も融雪の影響もあり0.1～5mm/日程度の変位となり上下流で様な動きが見られた。融雪期の終わった5～6月には部分的に下流側の排土工事の影響により下流側土塊が上流側より押される形になり145mm/日の変位が確認されたが、全体的に0～3mm/日程度の変位となり、土塊の動きはほぼ納まったと言える。その後7月以降も部分的な変位は確認されるが、0～2mm/日程度の変位となり、土塊は安定していると推定される。

6. おわりに

災害発生直後から約10ヶ月にわたって計器(GNSS, 定点カメラ)による観測・監視を行った。対象土塊が崩壊土砂であり、積雪を巻き込んでおり非常に軟質なものであったこと、途中排土工事の進捗により移設を繰り返しながらの観測であったが、移動後の土塊の動きを監視・観測を行うことが出来た。途中、台風等の大規模降雨(最大202mm/day)も経験したが、変動は5mm/日程度であり、最小限にとどまったと考える。GNSSは土砂動態を絶対座標系で一括して監視管理でき、その特性から広範囲で微細な変状にも比較的追従することなどメリットも多い。一方で今回の観測が1時間毎であったことから即効性・応答性には課題があると言える。またGNSSの固定方法は今回、固定部が軟質な土塊であったため、そこを支点として回転するような変位が見られたため土塊全体の変位か地表部の局所的な変位かの瞬間的な判断は困難であったことから設置方法についても課題がある。今回は対象土塊が軟質で動きが速いものであったが、このような事例も含め、設置・活用に関して改良検討を加えて行き、活用範囲が広がることを期待したい。

【参考文献】 1) 石田ら:南砺市利賀村で発生した地すべりの特徴と移動体の土質性状について,平成29年度日本地すべり学会研究発表会概要集,2017

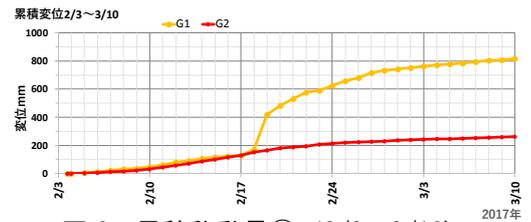


図 6 累積移動量① (2/3～3/10)

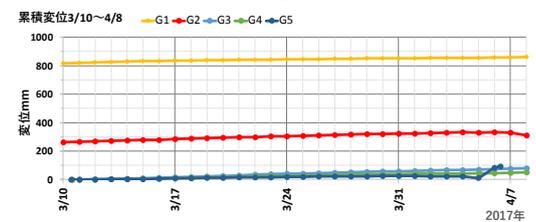


図 7 累積移動量② (3/10～4/8)

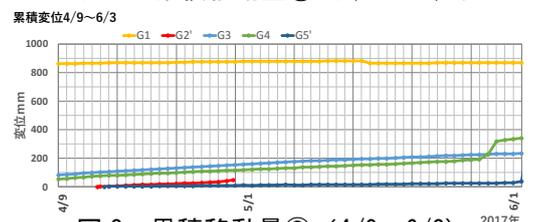


図 8 累積移動量③ (4/9～6/3)

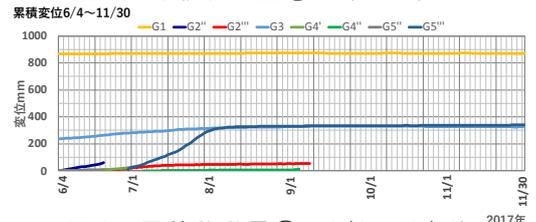


図 9 累積移動量④ (6/4～11/30)