

2016 年 4 月の熊本地震による特異な土砂移動現象の要因

広島大学大学院総合科学研究科 ○谷本進・海堀正博
日本工営株式会社 高田晃生

1 はじめに

2016 年 4 月に熊本県を中心に断続的に地震が発生し、一連の活動の中で最大震度 7 の揺れが 2 度観測された。この強い揺れに伴って、特に 4 月 16 日の本震の際には、建物の倒壊や様々な形態の土砂移動現象による被害が多数発生した。そこで本研究では土砂災害の影響が大きかった阿蘇地方を対象に、現地調査を行うとともに地震特性や土の特性に着目し、地震と土砂移動現象の関係性を明らかにすることを試みている。

2 現地調査

2017 年 11 月 14～17 日、21～23 日、2018 年 3 月 14～17 日の 3 回に渡って南阿蘇村の京大火山研究センター、火の鳥温泉・南阿蘇リゾート、山王谷川砂防堰堤付近を中心に調査を行った。

火山センターでは、オレンジ色の草千里ヶ浜軽石層の液状化が地滑りの原因になったとされているが、調査では軽石層の下層に厚さ数 mm 程度の白い物質の層が一带に分布しており(図 1)、一部ではその層の液状化が疑われるような跡も見られた(図 2)。

火の鳥温泉付近では地すべりが発生しており、すべり面となった可能性が高い白色粘土を確認することができた。白色粘土は振動を与えることにより流動化する性質を持っていた。

山王谷川砂防堰堤のすぐ上流の左岸側では、地すべりが発生しており、右岸側では山腹崩壊が発生していることを確認できた。崩壊地では火の鳥温泉周辺と同じように外力を与えることによって容易に流動化する白っぽい粘土が存在していた。また長野橋付近では土石流の痕跡を確認することができた。

3 地震特性の解析とその結果

気象庁、地方公共団体、防災科学技術研究所の観測点で記録されたデータをもとに最大加速度や、一定加速度以上の継続時間の分布を土砂移動発生個所と重ね合わせることでその関係性を評価した。

本震時の 3 次元合成最大加速度の分布の一例を図 3 に示す。400gal を超えるあたりで土砂移動現象が発生しているが、前震時は、この周辺では大きくても 350gal 程度であった。また、各成分に注目すると本震時の加速度は、水平動は 1000gal を超えていた場所があった一方で、上下動はその半分程度であったことから水平方向に卓越する揺れだったと思われる。

継続時間については、表 1 に示すように全ての条件において本震時の方が長く揺れていた。200gal 以上の継続時間は差がより顕著に表れている。前震時はほとんど土砂災害が発生していないことを考慮すると、200gal を超えるような比較的大きな加速度の数秒以上の継続が土砂移動に重要な影響を与えていた可能性が疑われる。

4 土質試験とその結果

土の液状化のしやすさを評価するためにコンシステンシー試験を行った。その結果、火山センターの白色物質、火の鳥温泉付近、山王谷川の白色粘土はコンシステンシー指数 $I_c = (W_L - W_n) / (W_L - W_p)$ (ただし、 I_c : コンシステンシー指数、 W_L : 液性限界 (%)、 W_n : 自然含水比 (%)、 W_p : 塑性限界 (%) である) が非常に小さかったため、不安定で地震動により液状化しやすい状態にあったと考えられる(表 2)。



図 1 軽石層と下部の白色物質
(2018 3/22 撮影)



図 2 白色物質の液状化疑い箇所
(2017 11/18 撮影)

表 1 土砂移動現象が発生した場所での一定加速度以上の継続時間

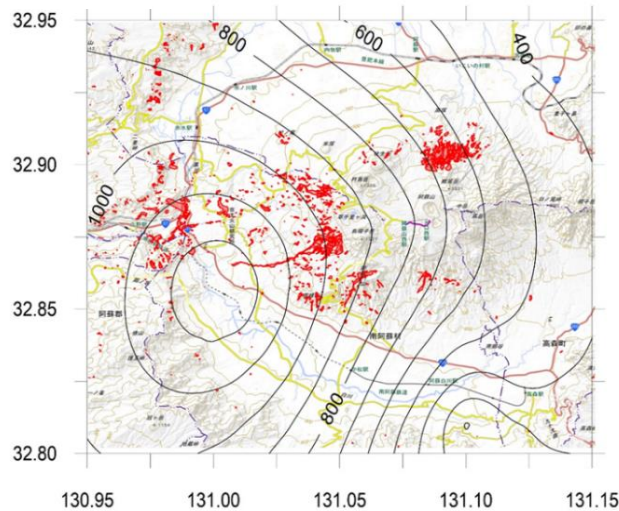
	前震	本震
200gal以上	0～2.5秒	6～12秒
100gal以上	6～12	12.5～15.5
50gal以上	11～16.5	15～23
30gal以上	19～22	20～30

※3秒以内に条件以上の加速度を記録した場合を継続したと設定している

表 2 コンシステンシー試験結果まとめ

層の種類	オレンジ軽石層 (火山センター、 火の鳥温泉)	白色物質層 (火山センター)	白色粘土層 (火の鳥温泉、 山王谷川)	黒ボク土層 (火山センター、 山王谷)	赤ボク土層 (火山センター)	埋没褐色土層 (火山センター)
コンシステンシー指数	3.23~4.27 安定	-0.03 不安定	-0.36~0.11 不安定	0.34~0.59 安定	0.30 やや安定	0.21 やや不安定

(Long.)



左図は地震観測データをもとに、描画ソフト Surfer9を用いて作成した。表示範囲は南阿蘇村周辺を拡大したものである。等値線は加速度 (gal) を示し、100gal 間隔で引いている。赤印は土砂移動の発生位置を示す。より大きな加速度が観測された場所もあるが、土砂移動現象が多く発生したのはこの領域に集中していた。なお、北東部で土砂移動が集中して発生している領域は、過去に豪雨災害によっても多数の土砂の移動が確認されているためリスクの高い素因を持っていた可能性がある。

なお、ベースの地図は国土地理院による。また、土砂移動判読図は防災科学技術研究所による。

図 3 本震時の最大加速度分布と土砂移動現象の発生位置との重ね合わせ図

(Lat.)

5 粘土分析

特に火山センター、火の鳥温泉付近、山王谷川で見られた白色に近い物質に注目した。肉眼では火山センターのものはやや粒径が粗いものを含んでいることが確認できた。また火の鳥温泉付近では白色の物質が一部ピンク色に変質しているところがあり、山王谷川では淡い黄土色に近い色のものも確認できた。

X 線回折分析を行った結果、各地の物質は全て類似したピークを持っていた。例として 2 つの物質の分析結果を図 4(a)、(b) に示す。この回折パターンを示すのは粘土鉱物であるハロイサイトである可能性が高いということが分かった。

6 まとめ

現地調査を行った地域では、ハロイサイトと思われる粘土鉱物を含んだ白色に近い物質の存在が多数確認され、その物質は土質試験により流動化しやすい状態にあったことがわかった。熊本地震ではそのような層に一定条件の地震動が加わることにより流動化が発生し、土砂移動現象の発生につながった可能性がある。今後は、白色物質の震動に対する挙動および、その分布範囲を調べることで、地震による土砂移動現象についてさらに明らかにしていきたい。

引用資料

- 1) 平成 28 年熊本地震による土砂災害に関する緊急調査報告書 (2016)
- 2) 砂防学会誌, Vol169, No4, p. 25-36, 2016
- 3) 熊本地震による土砂移動分布図
<http://map03.ecom-plat.jp/map/map/?cid=20&gid=587&mid=2908>

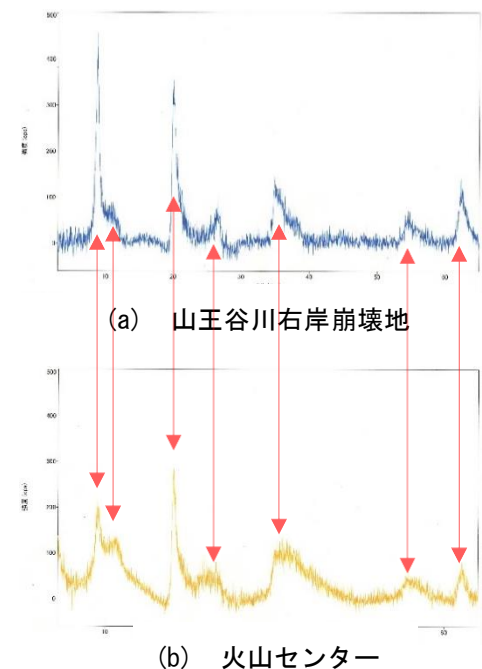


図 4 X 線回折分析の結果

横軸は 2θ 、縦軸は強度を示している。この 2 つの物質は 7 つのピークがほぼ一致しており、このパターンはハロイサイトのものと類似している。