

独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ ○石田哲也、浅井健一、浅野広樹、渡 正昭
国土交通省富士砂防工事事務所 小泉市朗
日本工営(株) 井上公夫

1. はじめに

富士山大沢川では、これまでに数回に渡り土石流が発生している(表-1)。このように数回に渡り同じ渓流で土石流が発生する場合、土石流の発生・流下を確実に検知するためには、現在主として用いられているワイヤーセンサーでは、確実面での実績は高いが一度ワイヤーが切断されるとワイヤーを復旧するまでの土石流検知が不可能となり、一度発生してから短期間に発生した場合には土石流の検知が出来ないことになる。そのため、非接触型の土石流検知センサーの開発・検討がなされてきた¹⁾。

本研究では、非接触型センサーの一つである振動センサーに着目し、土石流検知センサーとしての有効性と実用化の可能性について、国土交通省富士砂防工事事務所管内である富士山大沢川で2000年11月21日に発生した土石流によって得られた地盤振動センサーの観測結果を基に検討したので、ここに報告するものである。

2. 富士山大沢川で発生した土石流

富士山大沢川では、低気圧に伴い2000年11月20日から21日未明にかけて連続雨量260mm、最大時間雨量37mm/hrの豪雨があり、土石流が発生した。この発生した土石流は富士砂防工事事務所の土石流観測システムによって観測された。VTR判読結果による土石流ハイドログラフを図-1に示す。雨量は4地点(御中道、大滝、上井出、笹原)で観測されているが、大沢川上流に位置する御中道観測所の10分間雨量で代表させた。土石流の規模は観測史上最大のもので、岩槻下流地点で土石流ピーク流量は約1,400m³/secを記録した。また、大滝、岩槻上流の観測結果は、3時20分以降欠測であり、その原因是土石流による観測機器の被災や電源ケーブルの断線である。

3. 土石流による地盤振動

3.1 土石流による地盤振動波形

地盤振動センサー(加速度計)は岩槻上流地点右岸と左岸に1基ずつあり、1秒間に500個のデータを記録するもので、観測を開始するトリガーレベルは2galで設定されている。左岸側はケーブルの断線などによりセンサーが正常に作動せず、観測が出来なかった。2000年11月21日に発生した土石流による地盤振動波形は、右岸の観測結果のみ解析をした。

解析を行うために、観測データを1秒毎に区切り、その最大値を取り出したものを図-2に、土石流が流下するにつれて、どのような地盤振動特性を持っているかを見るために、観測された地盤振動データを5つの時間区分に区切り、その区間毎のスペクトル変化を示したのが図-3である。また、図-2、図-3の地盤振動は、X、Y、Z方向の3成分観測しているが、全ての成分で同様の傾向が確認出来たので、ここではX方向を代表として示す。

波形処理した地盤振動データと同一観測地点の土石流流量を比較したものが図-2である。図-2を見ると、3時20分以降は、土石流観測カメラが土石流により

表-1 富士山大沢川で発生した土石流

土石流発生年・月・日	気象要因	連続雨量 (mm)	日雨量 (mm)	最大時間雨量 (mm/hr)	流出形態
1972年05月01日	低気圧に伴う大雨・融雪	168	144	26	土石流
1972年05月05日	低気圧に伴う大雨・融雪	139	129	22	土石流
1972年06月08日	前線に伴う大雨・融雪	213	117	31	土石流
1972年07月06日	低気圧に伴う大雨・融雪	293	188	81	土砂流出
1972年07月12日	低気圧に伴う大雨	551	361	100	土砂流出
1979年04月08日	前線に伴う大雨・融雪	150	150	45	土砂流出
1979年05月08日	前線に伴う大雨・融雪	140	111	26	土砂流出
1991年11月28日	低気圧に伴う大雨・融雪	226	166	39	土石流
1997年06月20日	台風に伴う大雨	321	221	63	土石流
1997年11月26日	低気圧に伴う大雨・融雪	298	283	33	土石流
2000年11月21日	低気圧	260	149	37	土石流

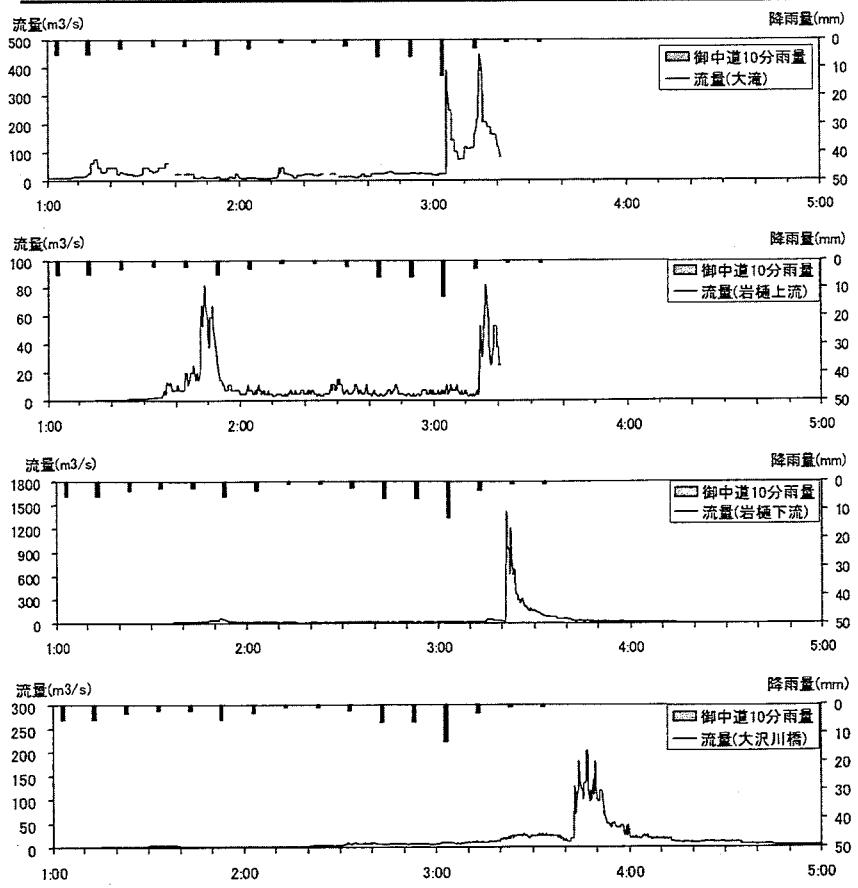


図-1 富士山大沢川で発生した土石流(2000年11月21日)

被災し、観測がされていないため、土石流ピーク時の比較は出来ないが、土石流流量の変化に合わせて地盤振動も変化している様子が分かる。

図-3を見ると、土石流による地盤振動による卓越周波数は二つのピークを持っており、全ての区間で 15Hz と 30Hz 程度が卓越しているのが分かる。

3.2 土石流流量と地盤振動波形の関係

既往の研究では土石流流量を地盤振動結果から推定することが試みられている²⁾。本研究でも同様の検討を行った。岩槻上流地点の土石流流量と右岸側での地盤振動の水平成分の加速度との関係を図-4 に示す。

図-4 を見ると、バラツキはあるが地盤振動加速度と土石流流量の間には概ね直線の関係が認められる。この図より求めた直線回帰式を用いて土石流流量を推定し、岩槻上流地点での観測値（VTR 判読結果）と比較したものが図-5 であり、概ね良好な推定値を得ることが出来た。また、バラツキの原因の一つとして VTR 判読によって土石流流量を求めており、この判読精度が判読者の主觀に左右される場合があることが考えられる。

4. おわりに

本研究の結果は以下のとおりである。

- ① 土石流の流量の変化と地盤振動の変化は、土石流流量の変化に合わせて地盤振動も変化しており、その変化は調和的である。
- ② 富士山大沢川での土石流による地盤振動の周波数特性は、卓越周波数が 2 つのピークを持ち、その周波数は概ね 15Hz と 30Hz で時間によって変化が見られない。
- ③ 富士山大沢川での土石流による地盤振動加速度と土石流流量の間には、直線回帰の関係が認められ、その回帰直線によって良好な土石流流量を推定が出来る可能性があることが分かった。

本研究の結果から、土石流検知に振動センサーを活用するためには、土石流流量の規模と地盤振動の間に相関関係があることを利用して、検知すべき土石流規模に相当する地盤振動レベルを設定することで、土石流検知センサーとして振動センサーが利用出来る可能性があると言える。

最後になるが、本研究において土石流による地盤振動特性を比較するために、富士山で地震観測を目的に設置されている地盤振動センサーの観測データを気象庁、並びに独立行政法人防災科学研究所から提供して頂いた。また、地盤振動データの解析について日本工営（株）大角恒雄氏、小原大輔氏には数多くの助言を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 山田 孝・南 哲行・水野秀明：土石流災害防止のためのセンサー開発の現状と今後の課題、砂防学会誌 Vol.50 No.5, pp.60-64
- 2) 諏訪 浩・山越隆雄・佐藤一幸：地盤振動計による土石流の規模推定、砂防学会誌 Vol.52 No.2, pp.5-13, 1999

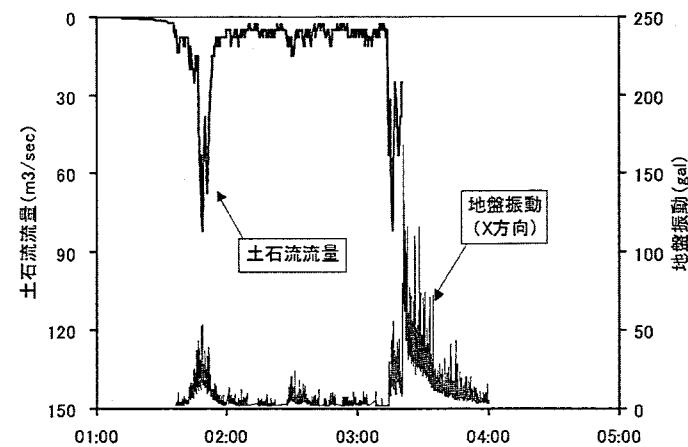


図-2 土石流による地盤振動波形（岩槻上流）

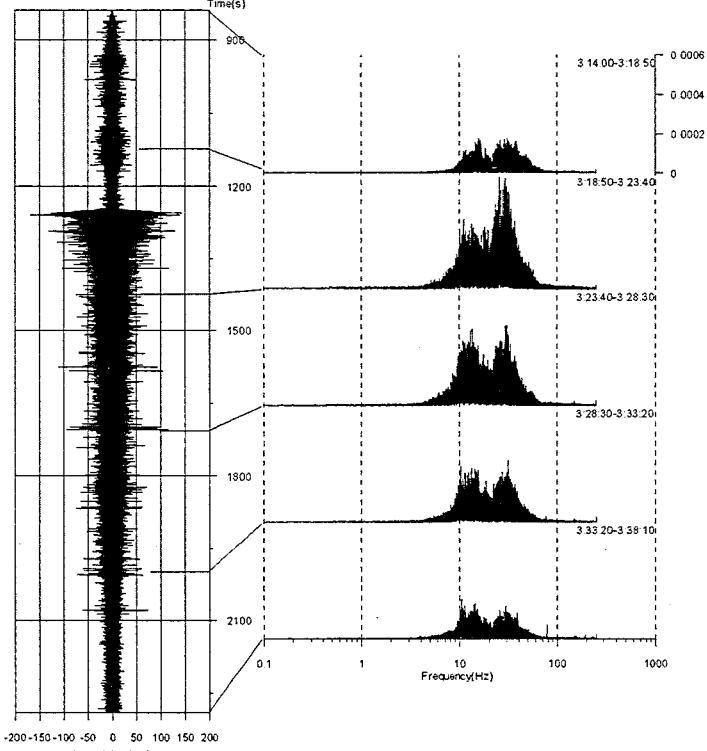


図-3 土石流による地盤振動のランニングスペクトル

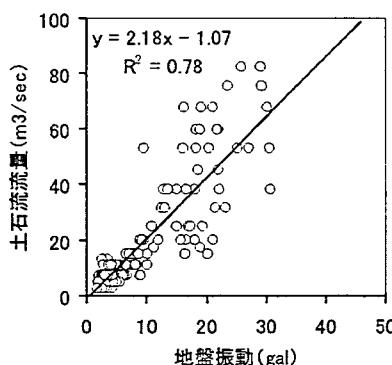


図-4 土石流による地盤振動値と
土石流流量の関係

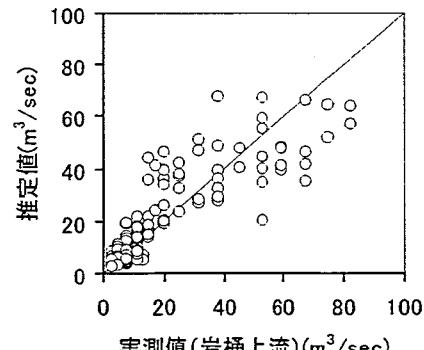


図-5 地盤振動値から土石流流量の
推定結果と VTR 判読流量との比較