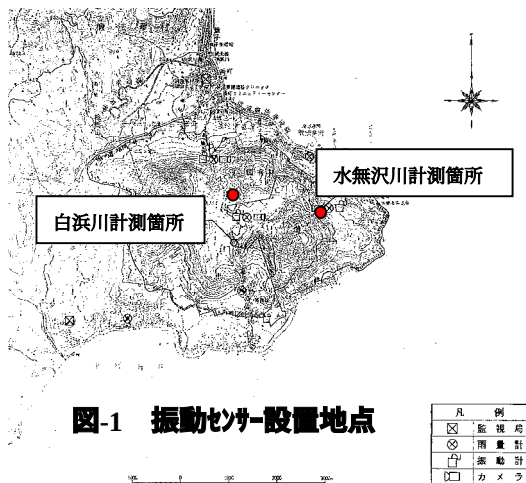


振動センサーによる土石流検知システムの構築に関する一考察

日本工営（株）中央研究所 正会員○大角 恒雄

札幌支店 長山 孝彦

北海道函館土木現業所 事業第二課 楨納 智裕



1. 検討目的

土石流災害が懸念される地域で災害を軽減するためには砂防設備に加え、警戒避難体制の確立、災害直後に行方不明者の救出作業に伴う際の二次災害防止が重要な課題となっている。その手段の一つとして、各種センサーの中で振動センサー計画し、振動センサーを白浜川上流域と水無沢川上流域（SP1200地点）にそれぞれ設置した。当該における土石流検知システムにおいて振動センサーを用い適用性を検討し、ここに報告する。

2. 検討概要

土石流の振動を検知する振動センサーは、通常の地震計よりも高い振動数(100Hz 前後まで)を検知できる広帯域の感知精度 (0.1~100Hz 程度) を満足するボアホールタイプセンサー型振動計（東京測振：SV355）とした。収録装置は、1/1000 秒程度の記録に追従できる装置が必要となる。継続時間も地震の数十秒に対し、3000 秒以上の継続時間に対応できる Windows2000 の環境で作動できる装置（TL-DAQ2002SS）を開発した。また、商用電源の使用は現時点では困難なため、太陽電池とバッテリーによる電源供給とした。水無沢川では携帯電話の受信が可能であり、水無沢川での携帯電話による観測状態供給をした。解析の対象とする事象は出水が確認された平成 15 年 8 月 28 日 18 時 37 分に発生した水無沢事例と地震他のノイズとの比較および振動センサーによる土石流検知の有効性について以下に紹介する。

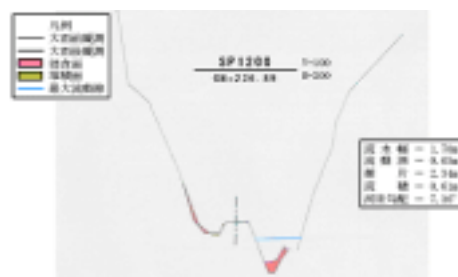


図-2 河道断面観測状況

3. 振動データと流量等との関係

上記水無沢川では、平成 15 年 8 月 28 日に小規模な土砂移動が観測された。この土砂移動の前後で河道測量および現地調査が行われている。土砂移動は振動センサーを設置した SP1200 付近の上流域の区間延長 100m 程度の間で合計 200m³ 程度の土砂が移動したことが分かり、現地の流水痕跡（図-2）より想定されるピーク流量は 1~2m³/sec であった。振動波形観測によると、数分間の未計測期間を挟んで合計 14 分半以上継続した事が観測されている。このことから、2山のピークをもつ 14 分間に及ぶ土砂移動があったと想定される。この継続時間と、現地の河床材料粒径、等を用いて林・尾崎式によって流砂量を試算したところ、およそ SP1200 地点（上流域；振動計設置位置）で 200m³ 程度となり、測量結果とも調和的であった。今回の観測において、この現地観測情報と振動継続時間情報を合わせることで、大凡の流量と流出土砂量が想定可能であることが示された。

4. 振動波形の周波数特性

水無沢川地点の出水（起動時刻：2003/08/28 18:37）、地震は観測最大応答事象（起動時刻：2003/11/24 21:18）、ノイズ（起動時刻：2004/01/08 11:26）を比較した（図-3）。出水は 20Hz、80Hz、地震波は 4Hz に、ノイズは 4.5-7Hz にピークを持つことがわかった。この特性は、感知した振動数のピークがどの帯域であるかの判断が

キーワード：土石流、振動センサー、フーリエスペクトル、土石流検知、エンベロップ解析

〒300-1259 茨城県つくば市稲荷原 2304 TEL. 029-871-2037 FAX. 029-871-2022, a3850@n-koei.co.jp

できればノイズ、地震と出水の区別が可能となり、また、10Hz 以上のハイパスフィルターをかけることで、土石流の検知にも有効であることが推測される。これは警戒装置の自動判断化へとつながるものである。

5. エンベロップ解析の応用

地震観測において、取得した振動の特徴把握や微動源の震源を決定する手法として、エンベロップ解析法がある。エンベロップとは振動の包絡形状を表すものであり、その解析手法を上記3事象に適用した。出水は全体的になだらかな連続的な振動の包絡形状となる。地震は P 波と S 波の到達時刻に大きな応答が生じる包絡

形状となる。ノイズはノイズが発生時はスパイク的な包絡形状となる。土石流のような連続的な事象を判断する手法として有効であることがわかった。

6. まとめ

水無沢川における振動センサーの観測データおよび振動センサーについて、以下の一考察を得た。

(1) 出水は 20Hz 以上、地震波、ノイズは 10Hz 以下にピークを持つことがわかった。この特性は、感知した振動数のピークがどの帯域であるかの判断ができればノイズ、地震と出水の区別が可能である。

(2) エンベロップ解析を行うと、地震、ノイズはスパイク的な包絡形状となるのに対し、出水は全体的になだらかな連続的な振動の包絡形状となる。

今後の課題としては、流下方向に連続的に振動センサーを配置することも一つの手段である。感知が流速と距離に相当する遅れで、連続的に感知することで、土石流発生を確実に把握することがさらに感知精度を向上させることとなるであろう。

参考文献

・石田哲也, 浅井健一, 浅野広樹, 渡正昭, 小泉市朗, 井上公夫: 富士大沢川で発生した土石流の地盤振動特性, 砂防学会研究発表会概要集, 平成 15 年 5 月, pp.172-173

・大角恒雄: 振動センサーを用いた土石流感知システムの試み, 北陸の建設技術, Vol.148, 2003.10, pp.34-35.

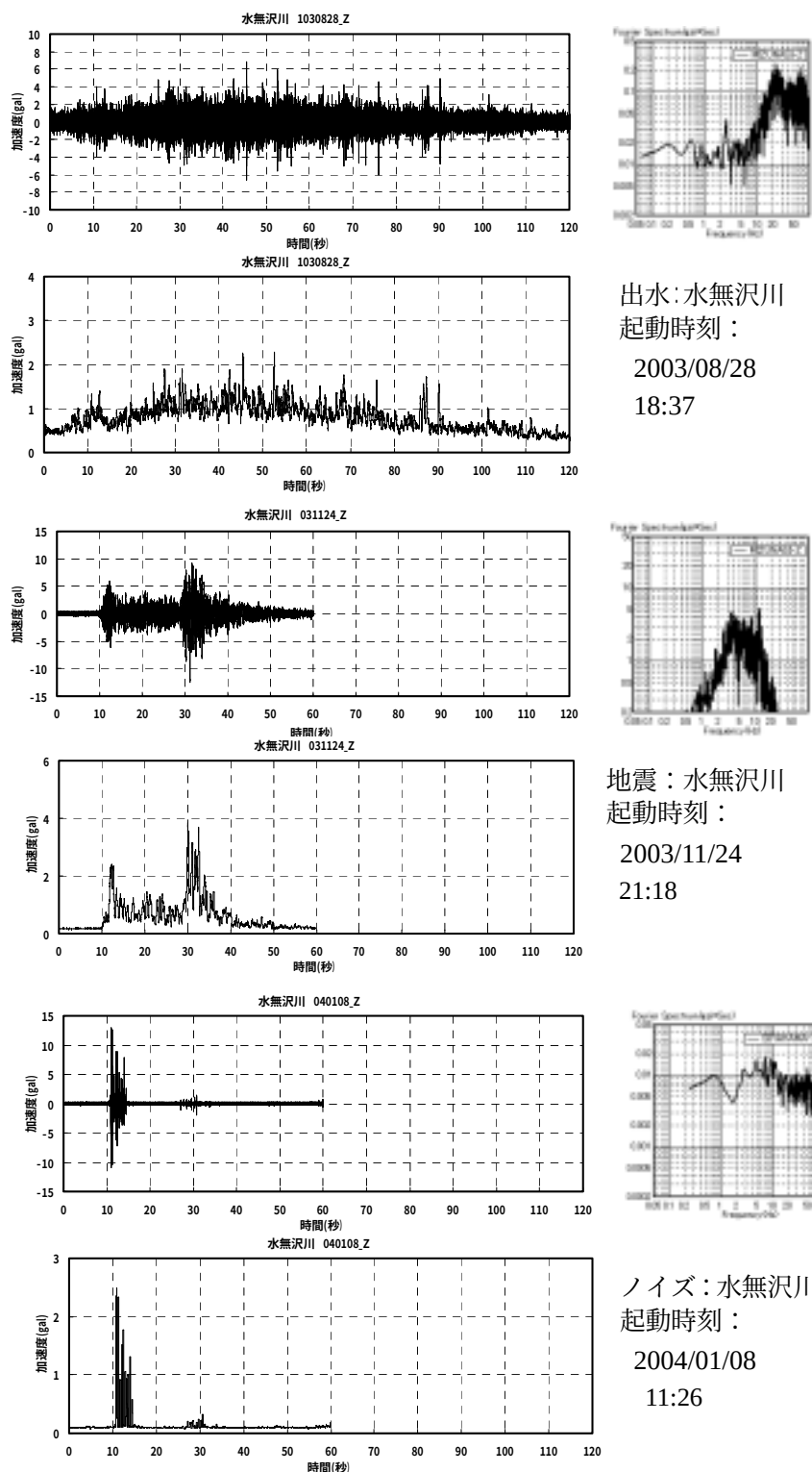


図-3 振動波形（左上）の周波数分析（右上）エンベロップ解析（左下）結果比較