

高感度地震観測網で観測された土砂移動発生箇所近傍での地盤振動の特性

株式会社かなめ技術開発 ○浅原 裕

株式会社エイト日本技術開発 海原 荘一

国土交通省国土技術政策総合研究所 木下 篤彦

国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター 田中 健貴

1. はじめに

高感度地震計による地盤振動データは、深層崩壊や土石流など一定規模以上の土砂移動現象が発生したことを検知するのに役立てられようとしている。既往研究によれば、深層崩壊に伴う地盤振動の卓越振動数は1～3 Hz程度、土石流では10 Hz程度という報告があるが、一方で土砂移動発生箇所のごく周辺ではそれより高い振動数の地盤振動が記録されているという報告もあり、距離減衰の実態や卓越振動数と土砂移動プロセスの関係について十分な知見が得られているとは言えない。しかし、それらの知見が地盤振動データによる土砂移動現象検知技術の向上には必要と考えられる。

本研究では、土砂移動現象発生箇所近傍で得られた地盤振動記録からその特徴を把握することにより、土砂移動検知技術の高度化に関して、着目すべき特性とその活用方法を考察する。

2. 対象記録

本研究では、土砂移動現象発生箇所近傍で地盤振動データが得られた2つの事象、2014年7月9日に長野県南木曾町梨子沢で発生した土石流と、2016年11月2日に長崎県平成新山で発生した斜面崩壊を対象とした。2014年南木曾土石流については、国立研究開発法人防災科学技術研究所の高感度地震観測網(Hi-net)で、2016年平成新山斜面崩壊については、防災科学技術研究所の基盤的火山観測網(V-net)と気象庁・火山観測網で、事象に伴う地盤振動データが得られていた。2014年南木曾土石流で崩壊発生位置から約2.1 kmに位置するHi-net南木曾における鉛直成分の振動波形とランニングスペクトルを図1に示す。また2016年平成新山斜面崩壊で周囲の観測局で得られた地盤振動データについて、斜面崩壊時の振動波形のフーリエスペクトルと斜面崩壊の振動が到達する前の常時微動のフーリエスペクトルの比をとったものを図2に示す。以下にそれぞれの事象で観測された地盤振動の特徴を整理した。

ー2014年南木曾土石流で観測された地盤振動の特徴

- ・ CCTV映像で土石流が確認された17:41より3分程早い17:38頃に、土石流の発生原因となった崩壊に伴う地盤振動が複数観測点で観測された。この地盤振動は、崩壊発生地点から28.5 km離れた東白川観測点でも観測され、卓越振動数はいずれの観測点においても5 Hz以下であった。(一般に大規模土砂移動現象に伴う地盤振動として観測される卓越振動数帯に一致している)
- ・ 17:38頃の振動は、崩壊に最も近い南木曾観測点以外の観測点では1分ほどで振幅は小さくなっていき、その後10分ほどかけて振幅は徐々に崩壊発生前のレベルに戻った。
- ・ 南木曾観測点では17:41以降、地盤振動に徐々に10 Hz付近の高い振動数の成分が含まれるようになり、17:43以降は振幅が急激に大きくなるとともに40 Hzまでの幅広い振動数帯の地盤振動が観測された(Hi-netでは40 Hz以上の地盤振動はエイリアシング防止のためフィルタでカットされている)。この振動は18:00頃にかけてゆっくりと小さくなっていったが、幅広い振動数帯で地盤振動が観測された。(観測点から約100 mしか離れていない溪流を土石流が流下したときの地盤振動と考えられる)

ー2016年平成新山斜面崩壊で観測された地盤振動の特徴

- ・ 平成新山から約1.5 kmの気象庁・国見岳北山腹(V.UNKN)では、2分に及ぶ長さで1～20 Hzの広い振動数帯の地盤振動が観測された。同じ地盤振動について、4.1 km離れた気象庁・矢岳南西山腹(V.UNZA)、9.4 km離れた防災科研・猿葉山(N.UNSV)では数Hzが卓越となっており、10 Hz以上の成分はほとんど観測されていない。

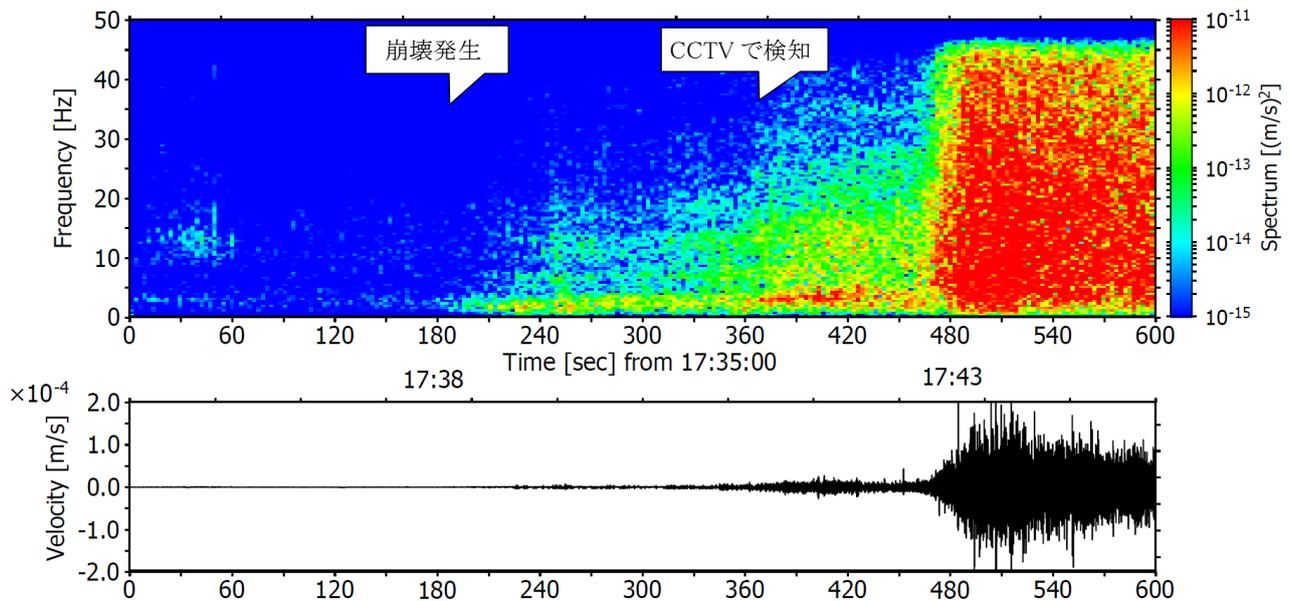


図 1: 2014 年南木曾土石流で観測された Hi-net 南木曾における UD 成分(上)ランニングスペクトルと(下)地盤振動波形。17:38 頃から 17:42 頃までは 10 Hz 以下の振動が卓越しているが、振幅が急激に大きくなる 17:43 頃以降は広い卓越振動数成分を持つ振動が観測されている。

3. 考察

上記解析から、土砂移動現象と観測される地盤振動データの関係は、次のように整理される。

- ・ 崩壊による地盤振動は数十 km 先でも観測されるが、流下する土石流による地盤振動は流下する溪流の直近でのみ観測される。
- ・ 直近を通過する土石流による地盤振動は、少なくとも 50 Hz 程度までの広い振動数帯の成分を持っている。
- ・ 流下する土石流の直近で観測される 10 Hz 以上の振動数の振動は、数 km 以上離れた地点では観測されない。浅部地盤の減衰特性の振動数による違い(高振動数の地盤振動ほど早く減衰する)によるものと考えられる。

大規模な土砂移動による地盤振動を検知し、発生位置を特定する仕組みは、地震計を面的に配置することで実現可能であるが、発生箇所の直近では 10 Hz 以上の高い振動数成分が卓越している可能性を考慮する必要がある。

また、流下する土石流を検知するためには、面的な地震計配置による検知とは異なるアプローチが必要で、検知したい溪流の直近に地震計を設置することが必要である。また、地盤振動の振動数特性の変化に着目すると、流下する土石流が近づいていることの検知も、原理的には可能と考えられる。

謝辞 本研究では、国立研究開発法人防災科学技術研究所の高感度地震観測網 Hi-net 及び基盤的火山観測網 V-net データ、及び気象庁火山観測網データを使用しました。ここに感謝の意を表します。

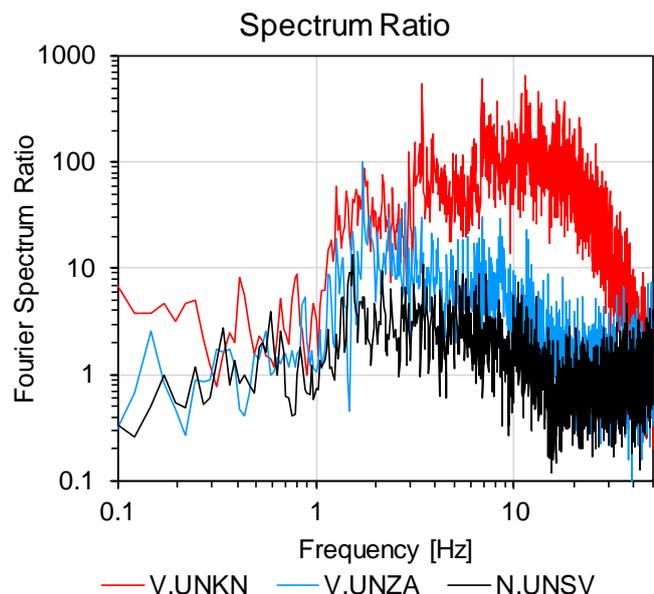


図 2: 2016 年平成新山斜面崩壊で周辺の観測局で得られた UD 成分の地盤振動波形スペクトル比(斜面崩壊時/平常時)。平成新山から約 1.5 km の気象庁・国見岳北山腹 (V.UNKN) では 10 Hz 付近にピークがあるのに対し、約 4.1 km、約 9.4 km の気象庁・矢岳南西山腹 (V.UNZA)、防災科研・猿葉山 (N.UNSV) では、2 Hz 付近にピークがあり、10 Hz 以上の成分はほとんど含まれない。