

## 振動センサーによる地盤振動の到達範囲と地盤構造の関係

国立研究開発法人土木研究所 土砂管理研究グループ 火山・土石流チーム 木下篤彦・高原晃宙  
 国土交通省北陸地方整備局河川計画課 長谷川真英・梅田ハルミ  
 (株) エイト日本技術開発 ○海原荘一・只熊典子・高田隆行  
 一般財団法人砂防・地すべり技術センター 浅原裕

### 1. はじめに

国立研究開発法人防災科学研究所の高感度地震観測網 Hi-net 等の地震観測網は、深層崩壊等の大規模な土砂移動発生時の地盤振動を捉えることができるため<sup>1)</sup>、大規模な土砂災害の発生位置、崩壊規模、発生時刻を知るための有効手段として振動センサーの活用が期待されている。

広域の地震観測網等によりどの程度の振幅の地盤振動が生じるかについては、深層崩壊の多発した平成 23 年台風 12 号時の地盤振動データを用いた研究事例<sup>2)</sup>があるものの、小規模ながら遠方の観測局まで、地盤振動が到達しているケースもあり、どのような条件の箇所が地盤振動を捉えやすいのかについては、明らかになっていない。

そこで、本研究では過去の深層崩壊事例において、観測所のノイズレベル及び地盤構造と地盤振動の検知・非検知の関係について検討した。

### 2. 深層崩壊発生時の地盤振動の検知の定義

ここでは、深層崩壊による地盤振動による地盤振動により、各観測局(振動センサー)の「短期の振幅の平均値」が「長期の振幅の平均値」の数倍とする閾値(トリガレベル)を一定期間超過した場合に検知するという定義とした。

本研究では各観測局の振幅は振動センサーの振幅(速度値)から以下の式(1)に示す二乗平均平方根とした。

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (y(n))^2} \dots\dots\dots(1)$$

$y(n)$ :  $n$  サンプル目の波形データ  $N$ : データ個数

本研究では上記の「短期の振幅」は STA(Short Time Average)と定義する短時間平均値として 2 秒間の RMS 値とし、大規模土砂移動などで一時的な振幅の増大を示すパラメータである。また、「長期の振幅の平均値」は LTA(Long Time Average)と定義する RMS 値の長時間平均値であり、普段のノイズレベルを示している。本研究では検知・非検知を判断

するトリガレベルについては LTA の 1.75 倍、トリガ超過秒数 4 秒とし、STA がトリガ条件を満足した場合に深層崩壊による地盤振動を検知した定義した。

### 3. 検討に用いた地下構造のデータ

深層崩壊時の地盤振動は発生位置から遠くなるほど振幅が小さくなる、いわゆる距離減衰の影響を受ける。一般的には地盤振動の距離減衰は弾性波速度の影響を受け、一般的には、距離減衰は弾性波速度により異なり、震源(深層崩壊箇所)または観測局の地盤の弾性波速度が小さい場合は伝達しにくいと考えられる。

距離減衰は地盤振動の周波数によって異なり、周波数が大きいほど距離減衰は大きい、深層崩壊の卓越周波数は 1~3Hz のものがほとんどであり、巨視的には同程度と考えられる。

深層崩壊時の地盤振動は地中奥深くを伝播する「実体波」と考えられ、奈良県五條市赤谷地区での 2014 年の再崩壊等の事例では弾性波速度は  $V_s$ =約 3km/s となっている<sup>2)</sup>。

本研究では、検知・非検知に係る地下構造のデータとして、観測局や震源の硬質な地盤の深さ(約 3km/s 層の深さ)に着目して検討することとし、弾性波速度が約 3km/s の深さの平面分布として、地震ハザードステーション J-SHIS<sup>3)</sup>で公開されている各種物理探査や地震観測記録を組み合わせ構築されている「深い地盤構造モデル」のうち、弾性波速度 2.9km/s 層の深さで表現するものとした。例えば、地表からの 2.9km/s 層が深ければその箇所は地盤の弾性波速度が小さいため、深層崩壊発生時の地盤振動の距離減衰が大きいと考える。

### 4. 深層崩壊における検知・非検知と地盤構造の関係

前述した「深い地盤構造」モデルの弾性波速度 2.9km/s 層の深さを示す平面図上に、検知・非検知の区分、トリガ条件の大小を左右する LTA の値をした図の例(静岡県浜松市天竜区水窪地区の例)を図-1 に示す。

間ノ岳(50万 $m^3$ ),大用地(65万 $m^3$ ),川原樋川(606万 $m^3$ ,2波目),栗平(2500万 $m^3$ ただし2波目),長殿地区(634万 $m^3$ ),水窪地区(103万 $m^3$ )等多くの深層崩壊事例では,以下のような特徴があった。

- ・大用地を除き震源(深層崩壊地)は比較的2.9km/s層が深い位置にある。
- ・中央構造線などの2.9km/s層が深い範囲にある観測局ではノイズが低くても検知しにくい,2.9km/s層が浅い地盤にある観測局では遠方でも検知している。(ただし,2.9km/s層が深い箇所はノイズレベルの低い観測局も多い)
- ・ノイズレベルの高い観測所は震源と観測間の距離が近い場合でも検知していないことが多い。
- ・中央構造線などの2.9km/s層の深い地盤にある観測所やノイズレベルが高い観測所は検知しにくい,崩壊箇所から近い観測所では検知することができる。
- ・2.9km/s層が深い範囲と浅い範囲の境界付近では上記が当てはまらないケースもある。(地下構造モデルの精度の問題である可能性もある)
- ・深層崩壊だけでなく表層崩壊に伴う土石流について

ても同様の検討を行ったが傾向は同様であった。

## 5. まとめ

上記より2.9km/s層が浅く,ノイズレベルの低い観測局であれば,遠方の深層崩壊でも検知できる可能性がある。また,そのような観測局では発生箇所から近ければS/Nの大きいデータが得られる可能性が高いことがわかった。

## 参考文献

- 1)大角恒雄・浅原裕・下川悦郎:2004年8月10日奈良県大塔村斜面土砂移動時のHi-netデータ解析—斜面土砂移動検知への応用—,自然災害科学,Vol.24, No.3, p.267-277, 2005
- 2)大角恒雄・海原荘一・酒井良・桜井亘:深層崩壊等を検知するための振動センサーの地中化によるノイズ低減と紀伊半島における検知可能な崩壊規模の検討,砂防学会誌,Vol.68, No.5, p.32-37, 2016
- 3) <http://www.j-shis.bosai.go.jp/>

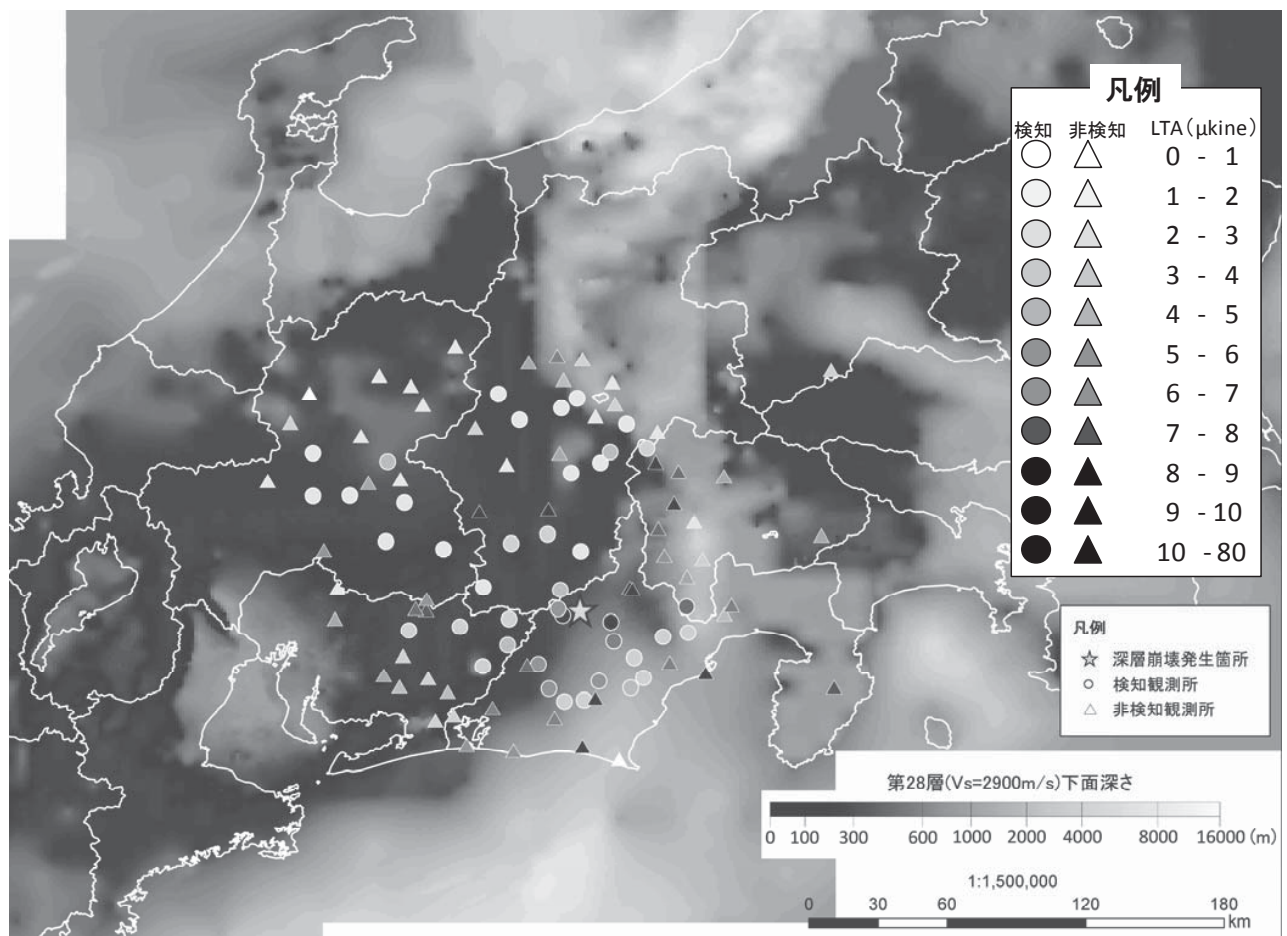


図-1 平成23年台風12号による静岡県浜松市天竜区水窪地区の深層崩壊の検知状況と地盤構造, LTAの関係