

振動センサ設置深度とノイズ低減率の関係

国立研究開発法人土木研究所 ○高原晃宙, 木下篤彦, 水野秀明
国土交通省北陸地方整備局 長谷川真英, 梅田ハルミ
エイト日本技術開発 海原荘一
砂防・地すべり技術センター 浅原裕

1. はじめに

深層崩壊のような大規模な土砂移動現象が発生すると、発生地点において地盤が振動する。この振動を、振動センサで計測し、土砂移動現象の発生位置や土砂量を推定する試みが今までになされてきた。推定精度を向上させるためには、振動センサが解析対象とする現象の振動を確実に捉えられること、それ以外の振動（以下、ノイズとする）を除去もしくは低減させることが重要である。本研究で対象とする現象は土砂移動現象とし、それ以外の現象で発生する振動はノイズとしている。ノイズとなる現象として、自動車の往来や工場の操業、採石場での人工発破などの人為的なものと、地震や風雨、水面の波など自然のものが挙げられる。対象とする現象の振動データの振幅がノイズと比べて大きいと解析できる。すなわち信号雑音比（S/N比：Signal Noise Ratio）が大きい必要がある。ノイズを低減させる方法として、一般的にはセンサ設置箇所を選定が挙げられる。たとえば、振動センサを都市域から離れたノイズが減多に発生しないような静かな山中に設置（水平方向の移動）もしくは地中深部へ設置（垂直方向の移動）が挙げられる。前者の場合、新たに観測点を設置することから土地や電源の確保、通信網の再構築などの労力を要する。後者の場合、適切な場所があれば垂直方向への掘削に要する労力で済む。一方で、ノイズ低減のためにセンサの地中深部へ設置は有効と一般的に言われているものの、設置深度とノイズ低減率を定量的に観測した事例は少なかったと述べたりなど、特に高感度な振動センサにおける当該関係を整理した事例も少ない。

そこで、本研究では、振動センサの設置深度とノイズ低減率の関係を明らかにすることを目的とする。

2. 方法

本研究では、以下の流れに沿って分析を実施した。まず、全国で設置されている高感度振動センサ設置箇所の地表部及び設置部（地中部）において常時微動計測を10分以上、上下（UD）、北南（NS）、東西（EW）の3成分実施した83箇所の速度成分振幅データを収集した。それぞれを、地表部及び地中部のデータとする。これらのデータはサンプリング周波数が100Hzであることからサンプリング数は6000以上となる。次

に、これら連続波形データに1～7Hzのバンドパスフィルタ処理を実施し、以下の算出式に沿って、RMS（Root Mean Square）値を算出した。

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} \{y(j)\}^2}$$

ここで、Nはサンプル数、y(j)はサンプリング数j番目の速度成分振幅とする。地表部及び地中部の算出したRMS値から振幅値の比（地中部RMS/地表部RMS）を算出し、当該数値とセンサ設置深度の関係性を整理した。なお、本研究ではこの比をノイズ比率とした。ノイズ比率は、数値が1未満である場合、地表部のノイズが低減されているものと判断できる指標としている。さらに、センサが設置されている地盤の違いによっても、これらの関係性に明瞭な差が生じると考え、センサが岩盤に設置されているものとN値が50以上の土砂地盤（工学的地盤）に設置されているもので分類整理するとともに、常時微動観測実施時の周辺環境（センサから近傍道路までの距離など）の調査結果もあわせて整理した。

3. 検討結果

3.1 振動センサ設置深度とノイズ比率の関係

算出したノイズ比率と振動センサの設置深度との関係を図-1に示す。設置深度が大きいほど、ノイズ比率が低減した。ただし、設置深度が20m付近及びこれよりも浅いいくつかの箇所では、ノイズ比率が1以上と算出されるなど、データにばらつきも見受けられた。次に、センサが岩盤に設置されている場合と土砂地盤中に設置している場合であるが、これら地質の状況で明瞭な違いはなく、同様の結果が示されていることから、必ずしも岩盤中にセンサを設置する必要はないということが判断できた。

なお、上記のような傾向は、図-1で示した上下成分だけでなく、東西及び北南成分の他成分でも同様に認められた。

3.2 振動センサから道路までの距離とノイズ比率の関係

地表部のRMS値と振動センサから主要道路までの距離との関係を図-2に示す。いくつかのセンサで、

道路までの距離が短いと RMS 値（ノイズレベルとする）が大きくなった。これは、道路上を往来する自動車などの交通振動の影響を受けていることが想像できる。次に、ノイズ比率と振動センサから主要道路までの距離との関係を図-3 に示す。この結果からは、明瞭な関係性は認められない。そこで、振動センサ設置深度、道路までの距離及びノイズ比率の関係性を確認することとした（図-4）。この結果から、センサから道路中心までの距離が短い場合でも設置深度が深ければノイズ比率が1未満となっていることが確認できる。

4. まとめ

本研究では、高感度の振動センサの設置深度とノイズ低減率の関係を整理した。その結果、以下のことがわかった。

- ・振動センサ設置深度とノイズ比率の関係については、設置深度が大きくなるほどノイズ比率は低減する。
- ・N 値が 50 以上の工学的基盤であれば土砂地盤と岩盤への振動センサの設置に関して、ノイズ比率の低減は同様の傾向となった。
- ・ノイズの発生源となる地点から近い箇所で観測した場合、ノイズレベルが高い状態で観測される。

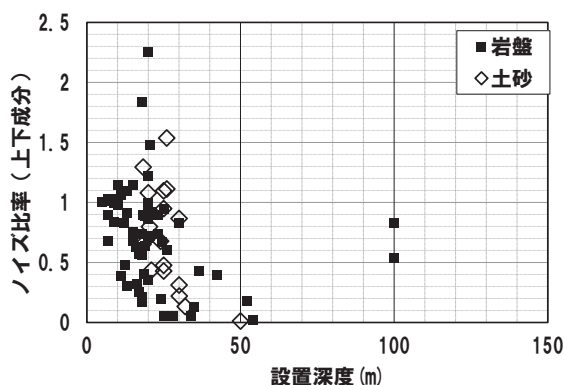


図-1 振動センサ設置深度とノイズ比率の関係

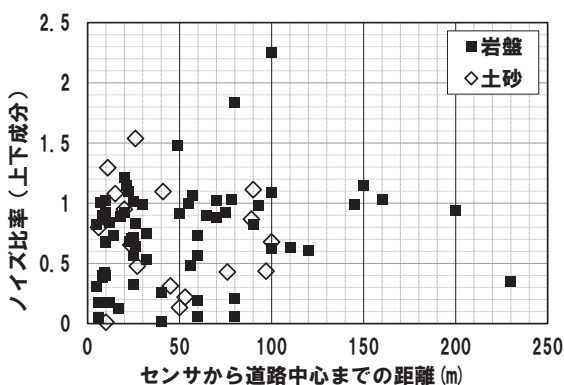


図-3 振動センサから道路までの距離とノイズ比率の関係

る。

土砂移動現象発生地点の推定のために、振動センサによって微小な振動を観測するためにはノイズを低減させることが必要となる。振動センサ設置深度とノイズ比率の関係から、ノイズの低減効果は確認できたものの、一部観測結果では低減効果が発揮できない場合があることもわかった。これはノイズレベルが高い状態で観測されることが要因とも考えられ、まずは、ノイズ発生地点から遠方な箇所などでセンサを設置及び観測することが重要である。そのような箇所の選定が困難である場合には、埋設によって観測をすることが重要である。

謝辞

本研究では、北海道開発局をはじめ全国の地方整備局からご提供いただいた高感度地震観測網のデータを用いました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 広野卓蔵・末広重二・古田美佐夫・小出馨（1968）：地中地震計によるバックグラウンドノイズの研究（第一報），気象研究所研究報告，Vol. 19，No. 2，p. 323-339

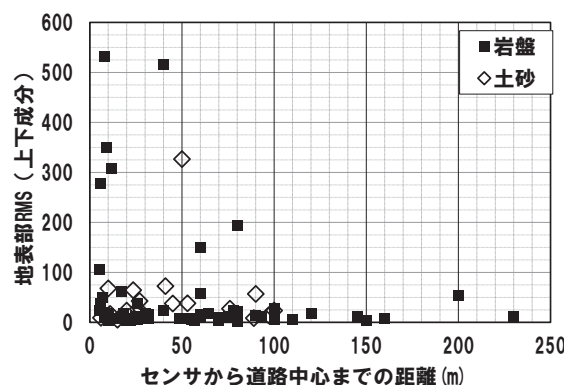


図-2 振動センサから道路までの距離と地表部で取得した RMS 値との関係

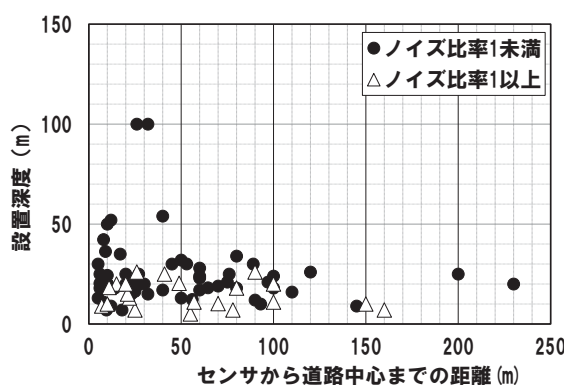


図-4 振動センサ設置深度と振動センサから道路までの距離及びノイズ比率の関係