

地中音による地すべり予知システム開発のための振動基礎実験

上木建設株式会社 正会員 丹羽 康修
 長岡技術科学大学 正会員 鳥居 邦夫
 長岡技術科学大学 正会員 宮木 康幸

1.はじめに

近年、日本では土砂災害が著しく目立つようになっており、全国各地には、今なお危険箇所が数多く存在している。そのため、斜面監視体制の強化が必要とされ、現在、崩壊や地すべりの危険性がある斜面の監視には、様々なシステムが利用されている。そこで、長岡技術科学大学建設設計研究室では、数年前から CCD カメラを用いた斜面監視システムを開発している。このシステムは斜面の地表だけが監視の対象となっている。そこで、地表で地すべりが観測される前の段階で地中の土構造が変化する現象を地中音から予測できないかとの考えに至り、新たな手法として昨年度から音響的手法を用いた斜面監視システムが考案された。

2.本研究の目的

昨年度の研究では、提案者の経験からセンサを樹木に取り付けて計測を行った。しかし、センサを樹木に設置した計測には、(1) 風の影響で枝や葉が揺れたりして、地中音以外の周囲の音も拾ってしまう、(2) 樹木の状態（種類、幹の太さ、根の張り方、etc）によっても伝わり方が異なる、(3) 地すべりが発生すると思われる斜面に樹木が常に存在するとは限らない、という3つの問題点が生じた。

そこで、今年度の研究は、(1) 樹木の代わりに単管パイプを用いて、センサの設置高さ、単管パイプの根入れ長さ、etc の要因の影響を調べる、(2) 樹木と単管パイプの同時計測し、比較検討をする、(3) 加振器を埋めて行った計測の出力データと地中音の出力データを比較し、入力推測の提案をする、ということを目的とした。

3.基礎実験について

3.1 センサの設置高さの比較実験

単管パイプにセンサを設置する高さによって、伝わる振動の大きさが変化するのかを比較検討した。加振器から 1m 離れたところに長さ 100cm の単管パイプを 50cm 打ち込み、センサの設置高さを地面から 10,20,30,40cm と変化させて設置した。そして、加振器の周波数を 20~1000Hz の範囲でスイープして振動を与えて、計測を行った。基礎実験の概要図を図-1、実験結果を図-2 に示す。

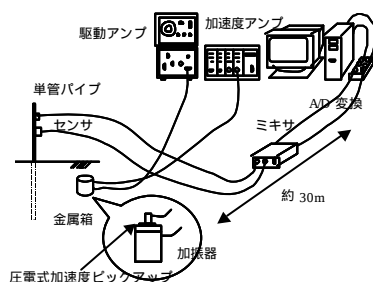


図-1 基礎実験の概要図

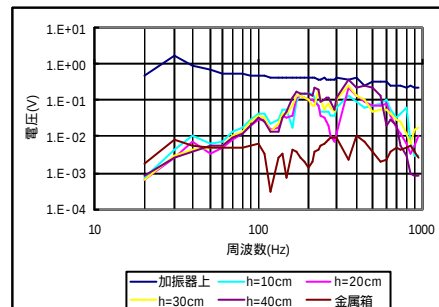


図-2 センサの設置高さによる出力比較（J センサの場合）

図-2 より、センサの設置高さを変化させても出力電圧は大きく変わらなかった。また、S センサについても同様な結果が得られた。

3.2 単管パイプの根入れ長さの比較実験

単管パイプの根入れ長さによって、伝わる振動の大きさが変化するのかを比較検討した。加振器から 1m 離れたところに単管パイプ（地上に出ている長さを 50cm とする）を打ち込み、センサを地面から 30 cm の高さに設置した。単管パイプの根入れ長さは 30,40,50cm と変化させて、計測を行った。実験結果を図-3 に示す。

図-3 より、単管パイプの根入れ長さを変化させても出力電圧は大きく変わらなかった。また、S センサについても同様な結果が得られた。

以上の結果より、以後、単管パイプは長さ 100cm のものを 50cm 打ち込んで、センサを地面から 30cm の高さに設置して計測を行うことにした。

3.3 樹木と単管パイプの比較

樹木と単管パイプを用いて同時計測を行い、伝わる振動の大きさを比較検討した。加振器から 2.6m 離れたところに単管パイプを打ち込み、センサを地面から 30cm の高さに設置した。また、同距離の位置にある樹木にはセンサを地面から 20,40,60,80,100cm と変化させて設置し、計測を行った。実験結果より、樹木と単管パイプの出力電

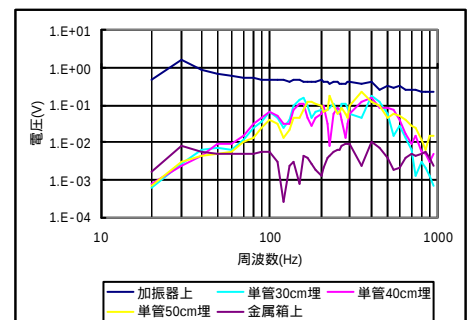


図-3 単管パイプの根入れ長さによる出力比較（J センサの場合）

Key Words : 音響的手法、地中音、単管パイプ、加振器、入力値推測

連絡先：〒915-0094 福井県武生市横市町 27-8 Tel : 0778-22-6666

圧を比較したところ、大きくは変わらなかった。

このことより、地中音を取得する観測媒体として容易に取得・設置することができる単管パイプを樹木の代わりに利用し、樹木と同等の地中音データを取得できることが分かった。

4. 地中音の入力値推測について

地中音を発生する振動源の周波数スペクトルを知ることは、センサの設計や地すべり現象との対応を取る上でも有用である。そこで、入力値の推測方法について述べることにする。

実際の地すべり現場の計測では入力値が未知である。そこで、地すべりに固有な振動入力値を特定するために、まずは周波数をスイープでき、その周波数特性が明確な加振器を用いて計測を行う。センサ出力には振動源である加振器、加振器を収納した金属箱、センサの3つの周波数特性が直列的に関係しており、一様な振動入力に対する出力とは言い難い。そこで、3つの周波数特性を考慮して一様な振動入力に対する出力に変換する補正を行う。このように、加振器を用いた振動基礎実験を行うことによって、既知の入力値を有する振動源に対するセンサの出力特性を特定することができる。次に、実際に地中音を測定し、センサ出力する。この場合もセンサ出力にはセンサの周波数特性が関係しているので、補正を行う。そして、先程求めた一様な振動入力に対する出力と比較を行い、測定した地中音の入力スペクトルを推測できる。この入力値推測方法についての概略図を図-4に示す。

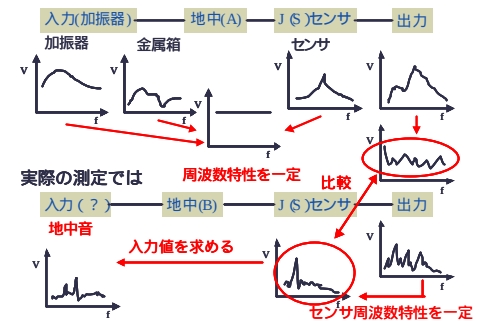


図-4 入力値の推測についての概略図

4.1 基礎実験の出力値補正について

図-4に示したように、(1)加振器、(2)加振器を収納した金属箱、(3)センサの3つの周波数特性をそれぞれ一様にし、基礎実験の結果に補正を行った。

4.2 地すべり現場（今年度は新潟県東頸城郡牧村神谷沖見地区）の出力値補正について

実際に地すべり現場に単管パイプを設置して、計測を行った。外部の音が何も聞こえない状態の出力をピックアップし、センサの周波数特性を一様にし、補正を行った。

4.3 基礎実験と沖見現場の出力値の比較

今年度は沖見現場で地中音測定は行ったが、実際に加振器を地中に埋めて測定する時間がなかったために、図-4に示す地中A(基礎実験)と地中B(沖見現場)の状態を同じと仮定する。そして、2つの周波数特性補正後のセンサ出力値を比較し、沖見現場の振動入力を推定することにした。

4.1と4.2の補正結果より、基礎実験のデータを1とし比較する。沖見現場の入力値推測結果を図-5に示す。図-5より、沖見現場では30~50Hz前後に振動入力スペクトルが大きくなっていることが分かった。このような流れで計算を行い、出力値から入力値推定することが可能であることを提案できた。これは沖見現場に合ったセンサを設計する際に重要なデータとなり得るものである。

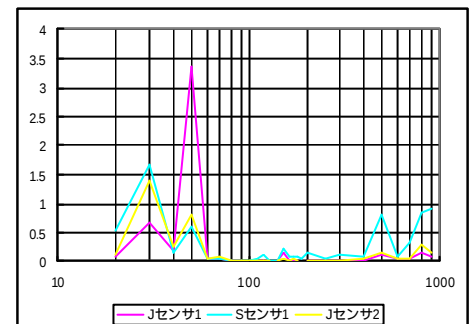


図-5 沖見現場入力値推測

5. 本研究の成果

今年度の研究成果を以下に示す。

- (1) 単管パイプにセンサを設置する高さ、及び単管パイプの根入れ長さを変化させても出力電圧は大きく変わらないという結果が得られた。
- (2) 樹木と単管パイプを用いて同時計測を行い、その出力電圧を比較しても大きく変わらないという結果が得られた。

このことより、地中音を取得する観測媒体として容易に取得・設置することができる単管パイプを樹木の代わりに利用し、樹木と同等の地中音データを取得できることが分かった。

- (3) 加振器を用いて一様な振動入力スペクトルに対する出力に変換した結果と、実際の測定で得られたセンサ出力に補正を行った結果とを比較し、地すべりに固有な振動入力スペクトルを推定することが可能であることを提案できた。

6. 今後の課題

来年度以降の課題を以下に示す。

- (1) 実際の地すべり現場(沖見現場)で加振器を埋めて計測を行い、一様な振動入力スペクトルに対する出力値を求め、地中音の補正後センサ出力値と比較を行う。そして、沖見現場の入力値を推測する。
- (2) いろいろな地すべり現場で計測を行い、出力値から入力値を推測後、各現場に適したセンサを製作する。そして、地中音を測定する。
- (3) 他の手法で得られた地すべり発生時計測データと地すべり発生時前の振動周波数スペクトルを特定し、比較評価を行い、システムの信頼性を高める必要がある。