

音響的手法の地滑り予知システムへの応用に関する基礎研究

株式会社希望社 正会員 Gazi Jubayet Jalil
 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

日本では、国土の約 8 割近くが山地で占められ、昔から種々の自然災害の中でも山地に由来する災害の比率が高い。中でも最近、崖崩れ、土石流、地滑り、あるいは道路や住地造成に伴う切土法面崩壊などの土砂災害が著しく目立つようになり、これらは国土保全あるいは開発において、重要かつ緊急を要する課題となっており、日本全国の各地に危険箇所が数多く存在するため、斜面監視体制の開発や強化が必要とされ、現在日本では様々な方法を用いた斜面監視を行っている。

2. 現在の使用斜面監視システムとその問題点

現在、標柱による移動量の計測、伸縮計による地盤伸縮変動量観測、地盤傾斜計による地盤傾動観測、地盤傾斜計による地盤傾動観測、GPS(Global Positioning System)を用いた移動量計測、長岡技術科学大学建設設計研究室におけるCCD(Charge Coupled Device) カメラを用いた斜面監視システムなどの斜面監視システムが使われている。しかし、この斜面監視システムは、下記で示す欠点を持っている。

斜面の地表だけが監視システムの対象となっている。

夜間や気象条件などの外的な影響を受けやすい。

3. 音響的な手法について

平成 12 年度から建設設計研究室では斜面監視システムに新たな手法として音響的な方法を加えることが考えられた。音響的な手法の利点としては、斜面の内部変化の計測により地表面の変動が現れる前に地滑りを予知できる可能性があることが挙げられる。そこで、本研究においては、地中音に対して主に、音響的なアプローチを用いる研究を行うことを考えた。

4. 本研究の目的

振動センサーの基本性能に関する実験検討を行い、そして音響的な手法の有効性の関する検討を行う。

音響的な手法を使用して地中音を主に何も変化や異常のない音(以下: '平常音' という)と著しい変化を示す様々な種類の音(以下: '異常音' という)の 2 つに分けて区別をし、これらの特徴を調べ、それぞれの比較評価を行う。特に、地滑り発生直後と地滑りがある程度おさまっている状態の地中音の特徴を調べ、それぞれの比較評価を行う。

地すべり地帯以外の基礎実験適用検討を行う。

5. 基礎実験について

5.1 基礎実験の背景

基礎実験や現場計測においては、使用している低周波帯高感度センサーを樹木に取り付け、地中から発生する音を計測した。使用センサーを樹木に付けて計測を行う理由としては、経験的なものであるが、次のようなことが考えられる。

樹木の根が 'アンテナ' のような使用するため、地中音を増幅して計測できる。

樹木は、根からの水分吸収を行うため、地中の伝播媒体として '水' が関与している可能性がある。

5.2 基礎実験の目的

基礎実験の目的は下記のようなものである。

使用センサーの増幅性や周波数特性などの基礎的な性能を調べる。

使用センサー(株式会社酒井無線製と三研製)のそれぞれの比較評価を行う。

5.3 使用センサーについて

基礎実験、またその後計測現場で使用された低周波帯高感度センサーは、20 Hz ~ 2000 Hz 周波数、54 ± 3 dB の感度を持つセンサーで、横振動より縦(上下)振動に強いものである。

振動センサーの詳細な情報については、センサーを製作した企業のノウハウの関係で十分な情報を得ることができなかった。この振動センサーは、センサー内部に極めて鋭敏に振動する振動板を有し、直結されたコイルにも振動は伝わる。このコイルは磁性体の磁界を切るように取り付けられていて、コイルが磁界を切ることで起電力を生じる構造となっている。信号出力は概、振幅に比例した特性となっている。すなわち振動を電気的信号に変換するものである。

5.4 使用した振動源について

基礎実験で使用した振動源は、家庭用小型振動マッサ - ジャーと振動付歯ブラシである。マッサ - ジャーの振動数 High と Low スイッチで切り換えることができ、振動数はそれぞれ High 約 6500 rpm (約 108 Hz) Low 約 5500 rpm (約 92 Hz) と歯ブラシの振動数は 7000 rpm (約 117 Hz) であった。

Key Words : 音響的手法、地中音、平常音、異常音、卓越周波数、時間波形、1/3 オクターブ図

連絡先 : 〒500-8262 岐阜県岐阜市茜部本郷 1-63-3 Tel:090-2983-3417

5.5 計測状況

計測は、直径約8cmの樹木にセンサーを付け、センサーからの振動源の距離(=d)をパラメータとして考えて計測を行った。また樹木を中心にして円形を形成し、この周辺の4つの位置(以降、 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 、 θ_4 という)にも音源を置いて計測を行った。センサーは地面からの高さ $h = 50\text{ cm}$ のところに設置した。振動源からの振動センサーの距離 $d = 50\text{ cm}$ と $d = 100\text{ cm}$ の時計測を行った。小型振動マッサ・ジャーを足で踏む状態と振動付歯ブラシを土に埋めている状態で計測実験を行った。

5.6 実験結果及び考察

基礎実験結果をみると、得られたデータの卓越周波数と振動源の規格値周波数の差が著しく大きくなかった。この結果から音響的な手法による計測結果に信頼性があることに確認ができ、さらに地すべり地帯での計測を行った。

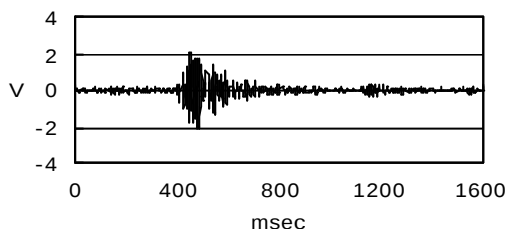
6. 計測現場について

6.1 現場計測の目的

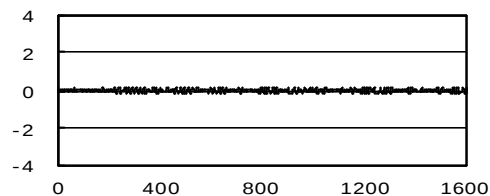
地中音においては、これに関して今まで研究が行われてなかったため、地中音に関する資料や参考文献がなかった。その問題を解決することを目的として、過去に地すべりの歴史のある現場、あるいは地すべり発生の危険性にある現場などの色々な現場で録音した音のデータを解析し、さらにこれらの特性などに基づいてこれらのデータ区別することにした。

6.2 通常状態と地すべり直後の地中音の比較

図—1と図—2はそれぞれ荒谷現場で地すべり発生の直後(2000年4月15日)と地すべりがおさまってからの(2000年4月22日)の地中音の時間波形を示す。



図—1:地すべり直後のWave波形



図—2:地すべりがおさまった状態のWave波形

これらの図を比べると、地すべり直後の地中音波形の大きさは通常の音の約1.0倍であることが分かった。その結果、地すべりの直後とおさまった状態によって地中音の大きさなども変わるということが確実に分かった。

6.3 地中音の1/3オクターブ中心周波数特性

新潟県荒谷計測現場の他に6ヶ所の現場で行った計測の結果、ほとんどの地中音の1/3オクターブ中心周波数が主に40Hzと125Hzであることが分かった。これらのほかに63Hz、250Hzのところに周波数が集中している波形もあった。これらバラツキの原因がまだはっきり分かってないが、振動センサーの特性などが考えられている。

7. 本研究の成果

本研究のまとめた成果は下記のとおりである。

様々な計測現場で得られたデータを通して‘平常音’と根切れ音、地下水の音、物が転がる音などの‘異常音’の区別ができた。

地下水の音だと思われる音と温泉付近の地下水音の区別をすることができた。

得られたデータにおいては、1/3オクターブ周波数スペクトルで中心周波数は主に40Hzと125Hzのバンドが卓越することが分かった。

8. 今後の課題

今後は、下記の点を中心に研究を行う必要がある。

地中音の明確化

現在建設設計研究室で行われている斜面監視システムの計測で得られたデータとの比較評価を行い、等システムの信頼性を高める。

9. 参考文献

技報堂出版：土木学会・編 第四版 土木工学ハンドブック Page 2613、2614

長岡技術科学大学大学院工学研究科修士論文

縦野 雅哉：CCDカメラを用いた斜面監視システムの三俣斜面への適用 Page 2～4