

模型実験を用いた地中音による地すべり予測に関する基礎研究

鳳工業株式会社 正会員 上畑 吉紀
 長岡技術科学大学 環境・建設系 正会員 宮木 康幸
 長岡技術科学大学 環境・建設系 正会員 鳥居 邦夫

1. はじめに

現在、地すべりや崩壊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おり、長岡技術科学大学建設設計研究室でも CCD カメラを用いた斜面監視システムを開発している。しかし、このシステムの短所として、監視の対象が斜面の地表のみであることが挙げられる。そこで、斜面監視の新たな手法として、斜面の移動が地表で観測される前の段階で、地中の土構造が変動するときの地中音から地すべりを予測できないかとの考えに至った。このようにして、一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. 研究の目的

地すべりが発生する前には、平常時に比べて、地下水の流れや土構造の変動による地中音の変化があると考えられる。そこで、本研究は写真-1 に示す S センサおよび J センサを用いて、これらの地中音の変化を前兆現象として捉え、地すべりを予測するための基礎的な検討を行うものである。

昨年度は、地すべり現場での計測が行われたが、採集された地中音が前兆現象によるものかどうかの特定ができなかった。そのため、これを特定するには、前兆現象とこれが発する地中音との関係を明らかにしなければならない。その方法として、今年度は模型を用いた実験を行うことにした。この模型実験により、地すべりの前兆現象であると考えられる地下水の流れを擬似的に発生させ、これが発する低周波音を測定し、地すべりの予測に繋がるかどうかを検討することを目的とする。

また、新たな地すべり現場で地中音の計測を行い、採集したデータと模型実験の結果との比較を行う。



写真-1 センサ

3. 模型を用いた基礎実験

事前に行った予備実験において、水の流れによる周波数成分の変化を 100Hz 以下の低周波領域で確認した。そこで、模型内を流れる水の流速を変化させた場合、音の大きさや周波数成分に特徴が掴めるか実験を行った。

一方、予備実験時はパソコンや蛍光灯による電気ノイズが含まれていたため、これらの影響を少なくするために写真-2、写真-3 に示すように模型とパソコンをそれぞれ別の部屋に設置した。また、実験時は電気を消すことで電気ノイズによる影響を改善した。

地下水の流速は、通常の地盤状態では最大でも 0.01cm/s であることが分かっている。しかし、地すべりが発生し得るときの流速というのは未知であるため、本実験ではこれを通常の 3~5 倍であると仮定した。流速は 0.01cm/s、0.025cm/s、0.036 cm/s、0.045 cm/s、0.05 cm/s の 5 種類でそれぞれ一定となるように保ち、実験を行った。



写真-2 模型



写真-3 パソコン

3.1 実験結果

高速フーリエ変換（以下、FFT とする）による計算結果を S センサについてのみ以下に示す。なお、図-1 から図-5 において、横軸が周波数（Hz）、縦軸が音の大きさを示す電圧（V）となっている。

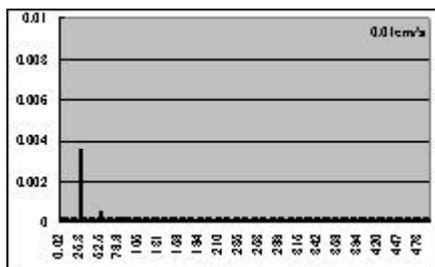


図-1 流速 0.01cm/s 時

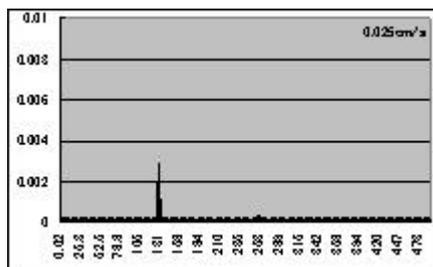


図-2 流速 0.025cm/s 時

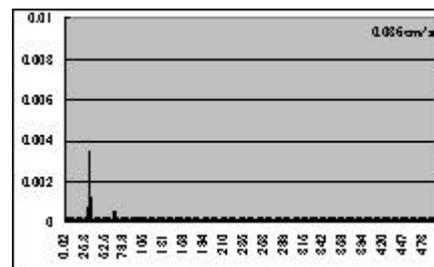


図-3 流速 0.036cm/s 時

Key Words : 模型実験、地中音、地すべり予測、音響的手法

連絡先 : 〒530-0003 大阪府大阪市北区堂島 2 丁目 3 番 23 号 Tel : (06) 6344-4772 Fax : (06) 6344-4316

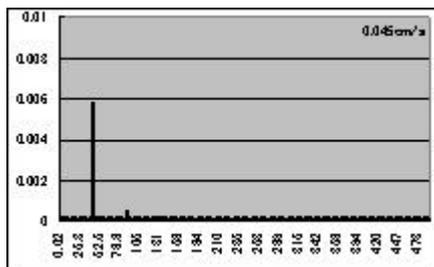


図-4 流速 0.045cm/s 時

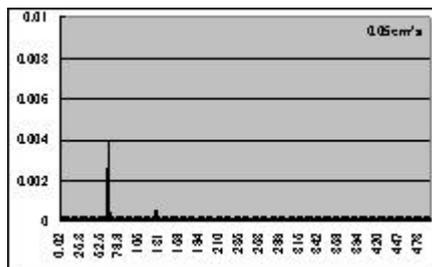


図-5 流速 0.05cm/s 時

3.2 考察

この結果、どれくらいの流速であればどの程度の周波数となるかの特定には至らなかった。しかし、流速を変化させたことによる周波数領域の変動は、予備実験と同様ほとんどが 100Hz 以下であることが分かった。

4. 地すべり現場への適用

4.1 地すべり現場の概要

今年度、計測を行った西山地すべり現場は、新潟県刈羽郡西山町の国道 116 号線沿いに位置する。平成 14 年 11 月 16 日頃、この西山現場において地すべりが発生したとの情報を得た。再度、地すべりが発生する危険性が高いとのことであったので、現場設置を行った。この地すべりは、国道 116 号線沿いの切り通し部分で発生し、幅約 50m、高さ約 20m にわたり円弧型の地すべりを起こしていた（写真-4）。

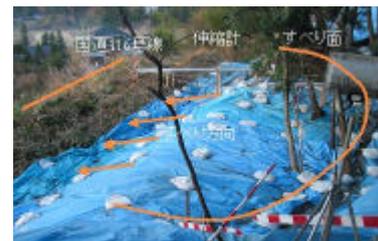


写真-4 地すべり現場

4.2 斜面の移動状況

現場に設置されている地表面伸縮計の結果から、11月26日の午前6時頃から、斜面の移動が再び観測されたとの情報を得た。そこで、計測を行った期間（11月22日から11月26日）について、3つの地表面伸縮計および累計雨量の関係を図-6に示す。

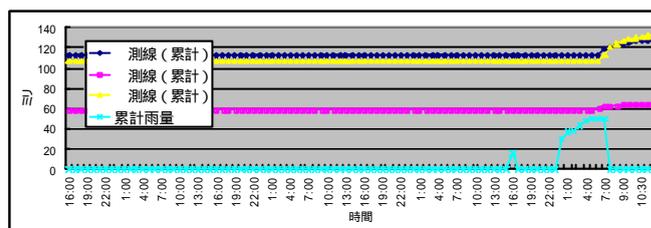


図-6 累積雨量と地表面伸縮計の累計変位量の関係

4.3 計測結果

11月26日の午前6時頃から斜面の移動が観測されていることから、センサを用いて行った計測のうち、この時間の前後を調べた。その結果、100Hz 以下に着目すると、35Hz 付近の周波数に時間による出力電圧の変動が見られた。この変動を 25 日の昼から 26 日の昼にかけて時系列で表し、これを図-7に示す。また、同じ時間帯での時間雨量を図-8に示す。

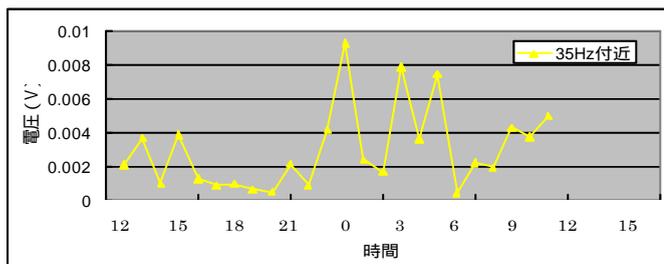


図-7 時間による 35Hz 付近の電圧の変動

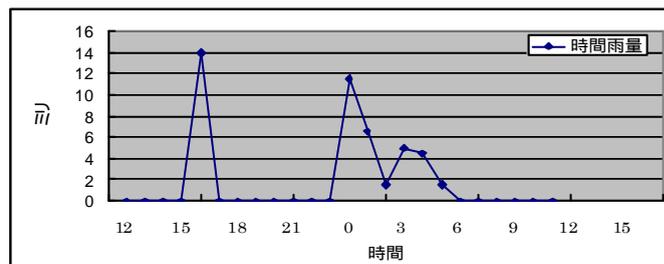


図-8 時間雨量の推移

図-7、図-8を見ると、26日0時以降で観測された降雨によって、出力電圧は大きくなっており、その大小関係も類似していることが分かる。しかし、26日の6時以降では降雨は観測されていないにもかかわらず、徐々に電圧が大きくなっている。この結果から、雨水が浸透したことにより形成された地下水流が、6時頃に斜面が移動したことにより一時的に遮断され、その後時間の経過とともに再び流れ始めたことが考えられる。

5. 結論

近年では、岩盤の崩落を音により予測する手法として、AE（アコースティック・エミッション）と呼ばれる技術が用いられている。この手法では、数 kHz から数百 kHz という非常に高い周波数領域で変化があると言われている。しかし、今年度の実験結果から、地すべりを対象とした地盤においては、100Hz 以下という低い周波数領域に着目すべきではないということが分かった。また、地すべり現場の結果からも模型実験と同様に 100Hz 以下の領域で変化が見られ、水の影響を捉えているものと考えられる。