

斜面崩壊場の土砂挙動に対する Wavelet 解析の適用性

群馬大学大学院	学生会員	○岡田 崇
群馬大学大学院	正会員	松本 健作
数理設計研究所	非会員	玉置 晴朗
数理設計研究所	非会員	矢沢 正人
群馬大学大学院	正会員	清水 義彦

1. 目的

近年の集中豪雨の多発により、土砂崩壊による災害が頻発している。その対策として、実用的な警報装置の開発・運用が求められているなか、現在の一般的な警報装置としては、傾斜計やワイヤーセンサーなどが多く使われている。しかし、本研究では、傾斜計の効果を持つ加速度センサーを使用することにより、土砂の挙動を波形信号として捉え、崩壊時の状態推定、崩壊前の微弱兆候の検出を試みる。解析手法は、土砂崩壊のような非定常性が強い場合に有効とされる Wavelet 解析を使用した。

2. 実験概要

加速度センサーについては、外観を写真1、諸元を表1に示す。このセンサーを防災科学研究所と消防研究センターによって行われた室内の土砂崩壊実験に設置した。設置状況は、写真2のように斜面下端から1.5mの位置に左からCh1、Ch4、5.5mの位置に左からCh2、Ch3の4器である。センサーの設置方向は、斜面横断方向がX軸、接線方向がY軸、法線方向がZ軸である。崩壊実験は、表2に示す斜面に天井の散水器により50mm/hの連続降雨を発生させ、崩壊までのデータを計測した。

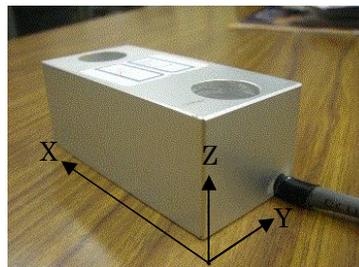


写真-1 センサー外観

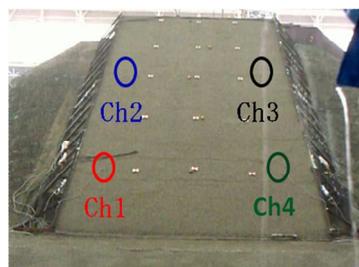


写真-2 実験斜面

表-1 センサー諸元

計測原理	静電圧型
計測軸	3軸
SAMPLING	100Hz
計測範囲	±1.5G
A/D変換	12bit
レンジ	64dB
サイズ	3×3×8
価格	¥48,000

表-2 実験諸元

斜面幅	4m
方面長	10m
斜面厚	1m
土砂堆積	40m ³
乾燥密度	1.44g/cm ³
含水比	0.084
傾斜角	30度
散水強度	50mm/h
給水強度	15mm/h

3. Wavelet 解析の概要

3-1 Wavelet 解析の利点

本研究で Wavelet 解析を使用する主な目的は次の2点である。

- ・ 土砂崩壊のような時系列データの短時間ダイナミクスが非定常であるものについては有効である点。

キーワード Wavelet 解析、加速度センサー、FFT 解析、崩壊実験、微弱兆候
 連絡先 〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1 群馬大学大学院 工学研究科
 社会環境デザイン専攻

TEL 0277-30-1640 E-Mail:matsu@ce.gunma-u.ac.jp

- ・ FFT 解析にはない「時間」の概念を持っている点。

3-2 解析手法

連続 Wavelet 解析で用いる基礎式として式 (1) を用いる。この式はトランスレート(b)、スケール(a)の2つのパラメーターにより時間データを残したままの周波数解析が可能となる。また、離散 Wavelet 解析を用いるためには、基本式の(b,1/a=2^{-j}k, 2^j)と置き離散化した式 (2) を用いる。

$$(W_{\psi} f)(b, a) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{|a|}} \overline{\psi\left(\frac{x-b}{a}\right)} f(x) dx \quad (1)$$

$$d_k^{(j)} = 2^j \int_{-\infty}^{\infty} \overline{\psi(2^j x - k)} f(x) dx \quad (2)$$

b:トランスレート a:スケールパラメータ $\psi(x)$:マザーウェーブレット f(x):原信号

4. 実験結果

図-1 は崩壊時の Ch1 と Ch2 における計測結果に Wavelet 解析を行ったものである。1 段目は原信号であり、加速度センサーの姿勢変化（傾斜計の効果）を表しており、2 段目～4 段目は各周波数成分の Wavelet 係数を表している。下段に行くほど高周波成分になる。Ch1 はおよそ 800gal 変化しているの、加速度センサーが 90 度ほど回転したことになる。また、周波数成分がセンサーの回転と共に生じることが分かった。その原因としては、Ch1 は、崩壊が起こる前兆の亀裂付近に埋設されていたので、崩壊時の土砂の挙動を検知したためだと思われる。これにより、崩壊発生の有無は、加速度センサーの姿勢変化だけでなく、周波数成分に注目することでも、その判断基準になる可能性を示せたのではないかと思います。次に Ch2 は図を見てわかるように、姿勢変化も周波数変化もほとんど見られなかった。これは、崩壊時、Ch2 は周りの土砂と一体となって並行移動したためだと思われる。

図-2 は崩壊前の微弱兆候の検出を行ったものである。原信号から目視により微弱兆候と判断できるのは、崩壊の約 50 秒前であった。しかし、Wavelet 解析を使用すると、崩壊の約 230 秒前に微弱兆候を検出することができた。

上記の結果から、Wavelet 解析の適用性を示せたのではないかと思います。今後は、地震や車両などの振動も有する自然斜面についても

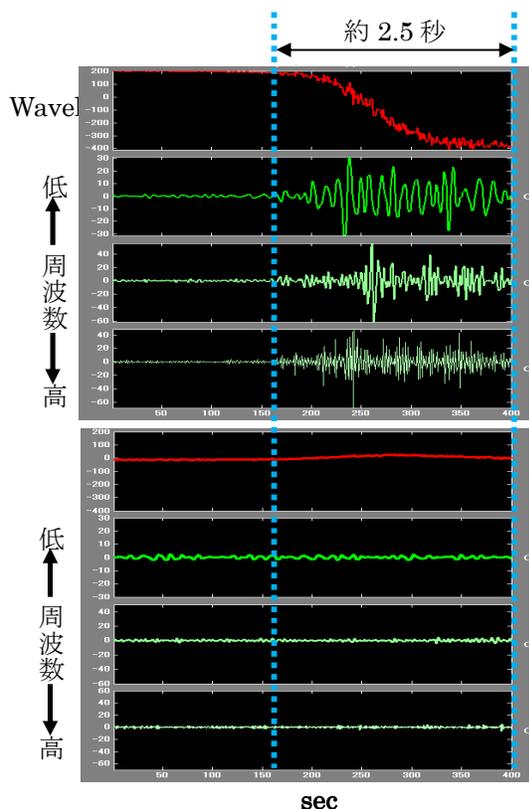


図-1 崩壊時の加速度変化(Ch1 上図、Ch2 下図)

原信号の変化が Wavelet 解析により分かる位置

原信号の変化が目視により分かる位置

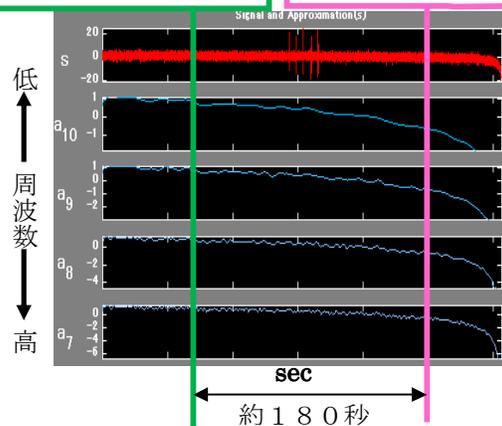


図-2 微弱兆候が現れた時の加速度変化