

加速度信号の処理による斜面崩壊の微弱兆候の検出に関する研究

群馬大学大学院工学研究科 ○松本健作・岡田崇・竹澤弘久・鈴木将弘・小葉竹重機・清水義彦
株式会社数理設計研究所 玉置晴朗・矢澤正人・名倉裕・菅正信
独立行政法人防災科学技術研究所 福岡輝旗・酒井直樹
群馬県立産業技術センター 宋東烈

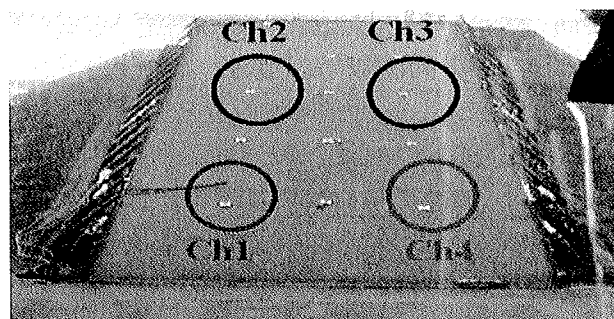
1. 概説

防災科学技術研究所大型降雨実験施設による斜面崩壊実験において、写真—1に示すように4つの加速度センサを埋設し、崩壊時あるいはその兆候を示す崩壊前における加速度の計測を行い、崩壊メカニズムの考察を行うとともに、崩壊の前兆現象となる微弱な兆候を検出する斜面崩壊に対する警報装置開発のための基礎検討を行った。

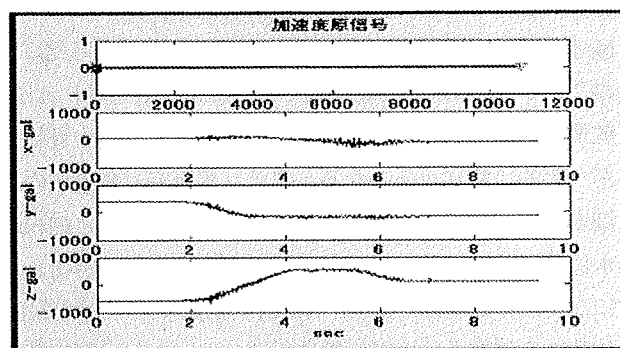
2. 斜面崩壊場における加速度特性

2.1 崩壊時における加速度特性

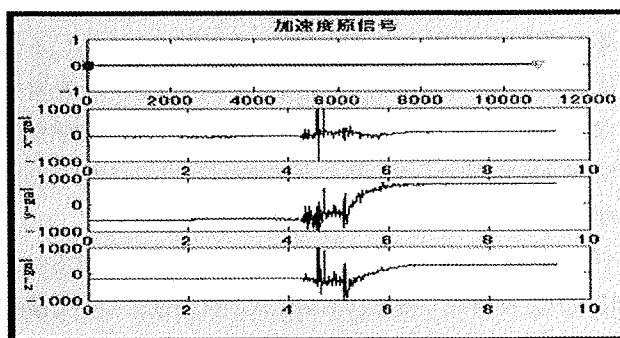
図—1—(a)および(b)は、それぞれ写真—1の配置図に示したチャンネル(以下、Chと表記)1および2における崩壊時における加速度の経時変化である。横軸は秒、縦軸は加速度(gal)である。各図、最上段は散水開始から崩壊までの全データ中における、解析対象データの位置を示しているものである。2段目以下、X,Y,Z各軸方向の加速度であるが、Xは斜面横断方向、Yは斜面方向、Zは斜面法線方向をそれぞれ意味している。斜面下部であるCh1を見ると、YおよびZ方向で崩壊に伴う大きな加速度変化が計測できていることが分かる。X方向には大きな加速度が見られないのも、崩壊が斜面横断方向に大きな変化を見せない状況とも一致している。上部であるCh2(図—1—(b))でも大きな加速度変化が見られるが、加速度の変化開始直後に大きなパルスが散見される。これらはセンサのワイヤがセンサを引っ張ったことによって発生したものである。ワイヤの影響を無くすため、現在、スペクトラム拡散通信の高速同期法無線通信を用いた計測システムの改良を行っている。ワイヤの影響が発生する前の、崩壊による加速度の変化が現れ始める時刻を下部Ch1と上部Ch2



写真—1 加速度センサの設置状況



図—1—(a) 崩壊時における加速度の経時変化(Ch1)



図—1—(b) 崩壊時における加速度の経時変化(Ch2)

と比較すると、下部の方が2秒程度早いことが分かる。実際に、今回の崩壊では、下部のせり出しから兆候が始まり、従属的に上部のすべり崩壊が発生したものであるので、状況的にも符合する。

2.2 崩壊の微弱兆候時における加速度特性

崩壊前における加速度の経時変化を図—2に示す。図—2に示した時刻の直後、崩壊に至っている。図から、特に Y および Z 軸方向に、崩壊前に加速度の変化(以下、ドリフトと呼ぶ)を示しているが、崩壊の約2分前からその兆候が捉えられたことになる。

2.3 Wavelet 変換による崩壊の特性検証

加速度センサを用いていることで、波形信号に対して様々な解析を施し、詳細な現象の解明に資することができる。ここではその一例として、Wavelet 解析を用いた崩壊場における加速度の特性検証を試みる。

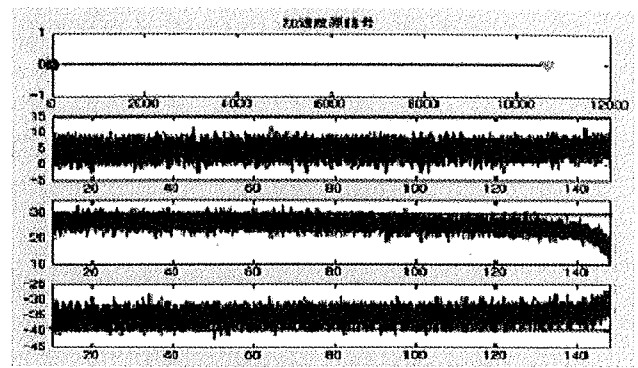
Wavelet 変換の基礎式を式—(1)に示す。

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

$f(x)$: 解析対象信号, ψ : マザーウェーブレット,

a : スケールパラメータ, b : トランスレートパラメータ

図—3は Ch1(図左部)および Ch2(図右部)の崩壊時の加速度信号に Wavelet 解析を施した結果である。上段に原信号, 中段が FFT, 下段左が Wavelet 解析の結果である。原信号は横軸が時間(sec), 縦軸が加速度(gal), 周波数スペクトル解析は横軸が周波数(Hz), 縦軸はパワースペクトル値, Wavelet 解析は横軸が時間(sec), 縦軸が周波数(Hz) で縦軸の値は上ほど低周波, 下ほど

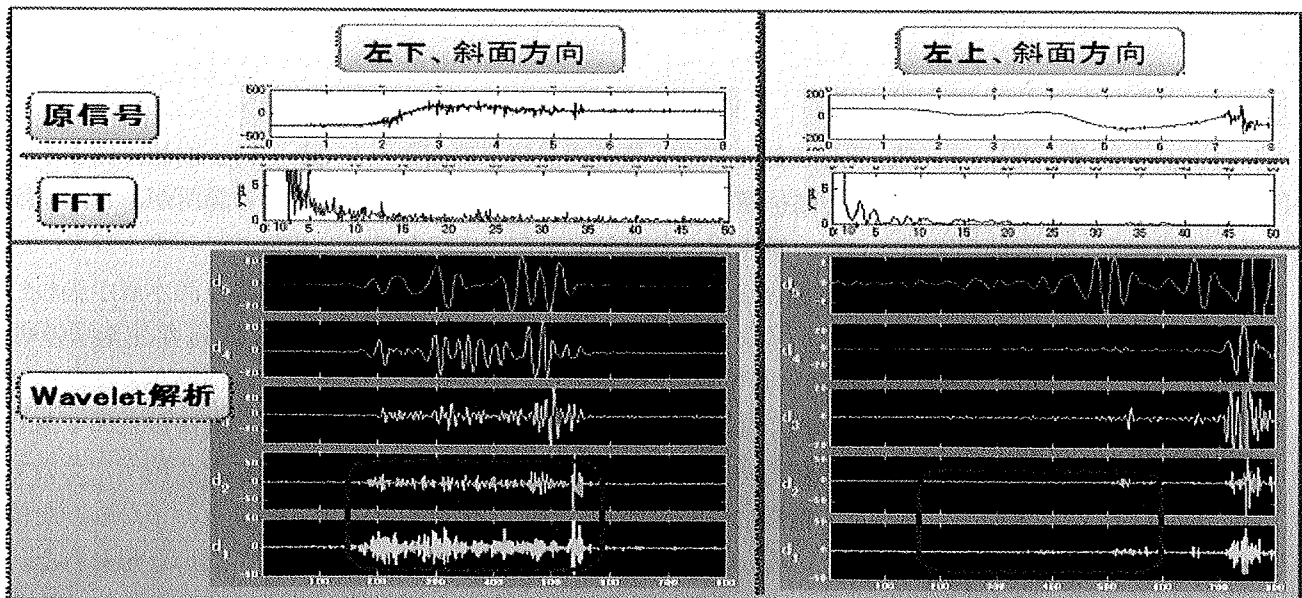


図—2 崩壊の微弱兆候(Ch1)

高周波成分となる。原信号を見ると、崩壊によって加速度が多きく変化しており、この FFT の結果(中段)から、様々な周波数成分が見られることが分かる。ここで下段の Wavelet 解析の結果を見る様々な周波数の成分が時間的にどのような変遷で発生しているかが分かる。すなわち、下部 Ch1 では高周波および低周波がほぼ同時に発生しているのに対して、上部では先に低周波が発生し、その後高周波成分が励起される、などの知見を得ることができる。これらの知見は崩壊現象の解明に大いに資するものと考えられる。

参考文献

玉置晴朗・矢澤正人・名倉裕・松本健作・岡田崇・宋東烈: 加速度センサによる土砂崩壊の微弱兆候検出に関する研究, 平成 19 年度砂防学会研究発表会概要集, pp.336-337, 2007.



図—3 崩壊時における加速度信号の Wavelet 解析結果(左図: Ch1, 右図: Ch2)