

加速センサによる土砂崩壊の微弱兆候検出に関する研究

数理設計研究所 玉置 晴朗・矢澤 正人・名倉 裕

- 群馬大学大学院 松本健作・岡田 崇
群馬県立産業技術センター 宋 東烈

1. 概要

土砂災害の頻発する昨今、その対策としての実用的な警報装置の開発・運用が急がれている。そのような状況を踏まえ著者らは、実際の現場における使用を念頭においた、土砂災害警報システムの開発に数年前から取り組んでいる。本システムは、使用するセンサはもとより、その計測結果の収集から配信といった、各要素に至るまで、独自に開発したシステムを利用したものであり、現在、各素過程における検証や精度向上に向けた取り組みを行っているところである。

本研究は、室内実験による土砂崩壊場に加速度センサを埋設し、その計測結果から、本格的な崩壊に至る前に、その微弱な兆候を検知し、土砂崩壊の危険予知に資するための基礎的な検討を行ったものである。

2. 実験条件

土砂崩壊実験は、防災科学研究所および消防研究センターによって行われた。この実験に、著者らが開発した加速度センサを4器埋設させていただき、土砂崩壊時の加速度計測をした。実験状況を写真1に、実験諸元を表1に、センサの設置状況を図1に示す。斜面左下から、左上、右上、右下という順にそれぞれCh1からCh4とした。高さ1.5mの位置にCh1とCh4が、5.5mの位置にCh2とCh3がある。

斜面崩壊は天井の散水器からの連続降雨によって発生させる。加速度センサの方向成分は、図1に示すように、斜面横断方向がX、接線方向がY、斜面法線方向がZ軸方向となるように設置した。センサと土砂の一体性を向上させ挙動をできるだけ敏感に捉えられるよう、2本の20cmボルトをセンサから角のように生やし、これで土砂に固定した。

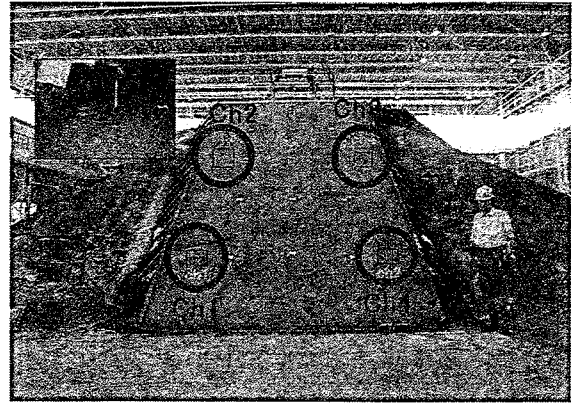


写真1 土砂崩壊実験の様子

表1 実験諸元

斜面仕様		加速度センサ諸元	
斜面幅	4 m	計測原理	加速度型
法面長	10m	計測軸	3 軸
斜面厚	1 m	標本化	1600sps
土砂堆積	40 m ³	計測範囲	±1.5G
乾燥密度	1.44g/c m ³	A/D 変換	12bit
含水比	8.40%	レンジ	64dB
傾斜角	30度	基準時間	PC 時間
散水強度	50mm/h	サイズ	3×3×8cm
給水強度	15mm/h	価格	¥48,000

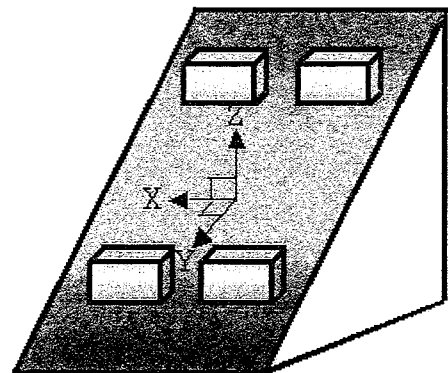


図1 センサの設置状況

3. 土砂崩壊の微弱兆候に関する考察

図2に、崩壊前後の加速度の経時変化を示す。上図がCh1、下図がCh2のものである。各図とも、上から2, 3, 4段目の順にそれぞれ、X, Y, Z軸の加速度を示してある。縦軸はgal, 横軸は秒である。1段目は観測値が崩壊時刻に対してどの程度前後しているかを示したもので、▽が解析データ、○が崩壊時刻である。

図2では、崩壊の約150秒前から崩壊の約150秒後までのものである。Ch1を見ると、Z方向で特に変化が大きく、瞬間的に約180度の姿勢変化があり、巻き込むように崩壊したことが分かる。一方でCh2を見ると、確かに崩壊時刻に変動が始まっているが、Ch1のような瞬間的な変化ではなく、約50秒かけてゆっくりと変化している様が見て取れる。

これは実際の崩壊現象が、まず斜面下部で巻き込むように大きく崩れ、その後不安定になった上部が崩れた、という実際の状況と良く対応した結果といえる。図示はないが、下部のCh1とCh4が同様の結果を示し、上部のCh2とCh3が同様の結果を示した。

図3は崩壊の23分40秒前におけるCh1の加速度である。この時点で既にY軸方向にドリフトが始まっており、この時点で崩壊予知できる可能性を示している。従来、傾斜計で測定するのと同じことが低コストの強震計でも観測できる。

この観測値にスペクトル解析をした。図4は、低周波成分に関してパワースペクトルの経時変化を示したものである。横軸は秒で、図3に示した、目視判断によるドリフト開始時点刻を0としてある。図3の加速度を見ただけでは崩壊の兆候が厳密にどの時点から見られるかはっきりしないが、図4を見ると、図3でドリフト開始とした時点の更に80秒前からY軸方向の値に顕著な変化が見られ、今回の実験では、この時点で崩壊兆候を捉えることができたものと考えられる。

参考文献

- 1) 矢澤正人・玉置晴朗, 松本健作・宋東烈: 振動センサと地震動による地盤・構造物の診断, 平成18年度砂防学会研究発表会概要集, pp.478-479, 2006.

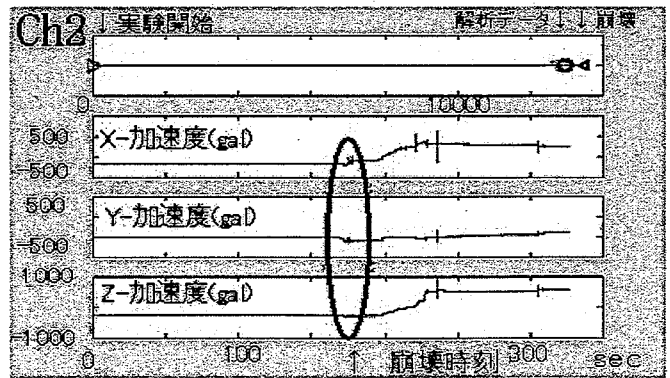
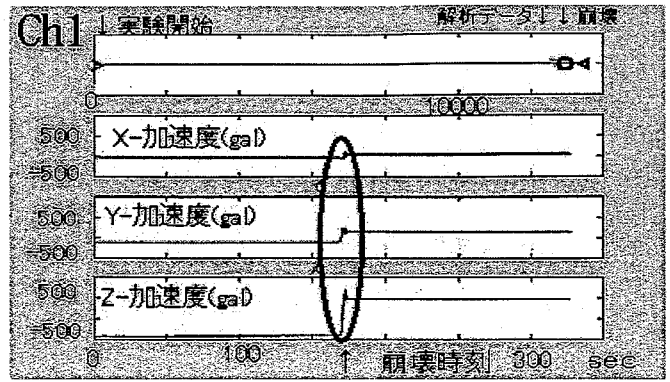


図2 崩壊前後の加速度の経時変化
(上図: Ch1, 下図: Ch2)

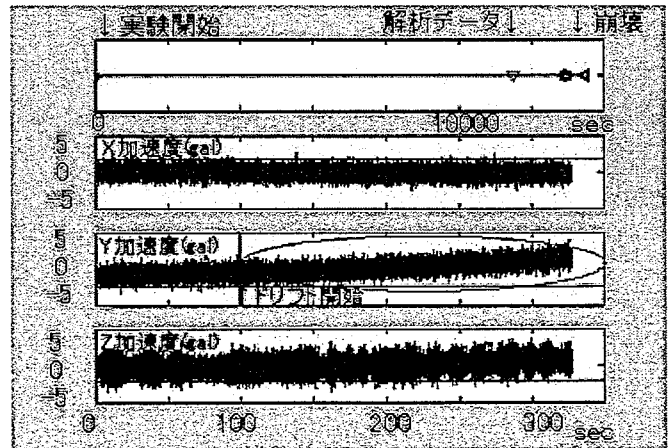


図3 崩壊前にみられるY軸方向のドリフト

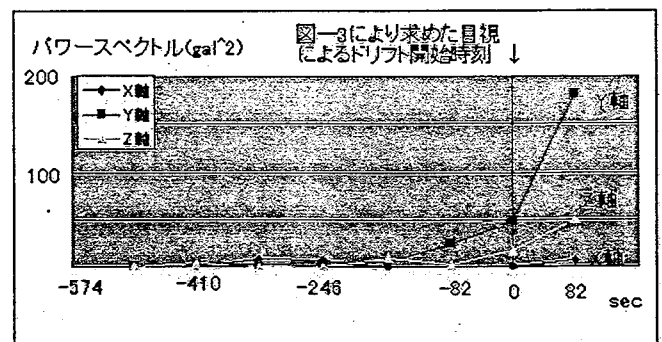


図4 パワースペクトル値に見られる崩壊の兆候