

加速度センサによる大型室内降雨施設における崩壊場の土砂挙動に関する研究

群馬大学大学院工学研究科
株式会社数理設計研究所
独立行政法人防災科学技術研究所
群馬県立産業技術センター

○岡田崇・松本健作・竹澤弘久・清水義彦
玉置晴朗・矢澤正人・名倉裕
福園輝旗・酒井直樹
宋東烈

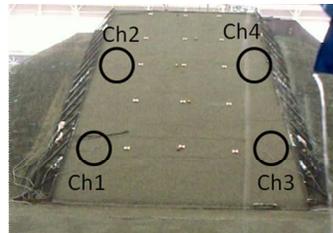
1. 序論

近年の地震や集中豪雨により頻発している土砂災害の被害報告を受けて、早期の対応策が求められている。しかし、現状のハード面の対策予算は年々減少している傾向にあり、安価で、実用的な対応策の確立が必須となっている。著者らは、数年前から共同研究者である(株)数理設計研究所が加速度センサを使用し、構造物のヘルスマonitoringを行ってきた。そこで、この診断技術を斜面崩壊場の適用を試みた。実験は防災科学技術研究所大型降雨実験施設の斜面崩壊場に、写真一に示すように4つの加速度センサを埋設した。斜面の諸元は表一に示す。天井の散水機により50mm/hの連続降雨を発生させ、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結果から、崩壊メカニズム、崩壊の前兆現象となる微弱な兆候の検出を試みた。

違いが表れた。Ch1とCh3の加速度変化が顕著な要因として、崩壊の瞬間に下部の位置に亀裂が発生し、下部の土砂が激しく挙動していたので、この姿勢変化と符合する。次に崩壊前の微弱な姿勢変化を図一(b)に示す。横軸が時間(秒)、縦軸加速度(gal)である。姿勢変化は、崩壊のおよそ35分前に開始したことが分かった。

表一 実験斜面の諸元

斜面幅	4m
方面長	10m
斜面厚	1m
土砂堆積	40m
傾斜角	30度 40度
散水強度	50mm/h
給水強度	15mm/h

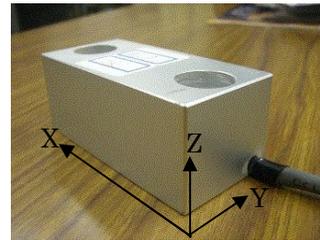


写真一 実験斜面の外観

2. 斜面崩壊場における加速度変化

2.1 崩壊時と崩壊前における加速度変化

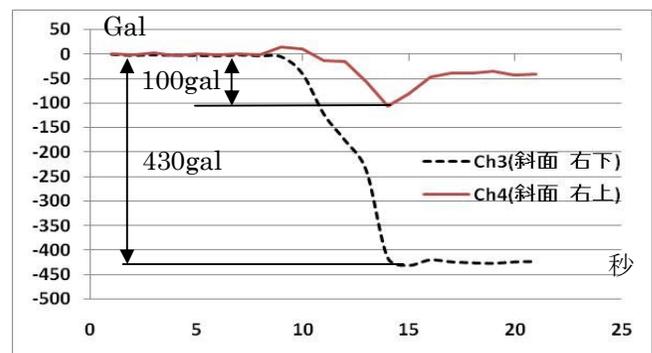
実験に使用した加速度センサは写真二に示す諸元は表二である。計測軸は3軸であり、斜面横断方向にX軸、斜面方向にY軸、斜面法線方向にZ軸として埋設した。図一(a)は崩壊時のY軸についての加速度変化である。横軸が時間(秒)、縦軸が加速度(gal)である。加速度センサは静電容量型であるため、常に重力加速度を有しており、一般に警報装置として利用されている傾斜計と同様の効果も持つ。従って、崩壊前の値と崩壊後の値の差により、加速度センサの姿勢変化を検討することができる。崩壊時に最も変化したのはCh3であり、430gal変化しており、加速度センサは約45度回転したことを表している。Ch1とCh3、Ch2とCh4が似た挙動を示しており、斜面の上部と下部で顕著な



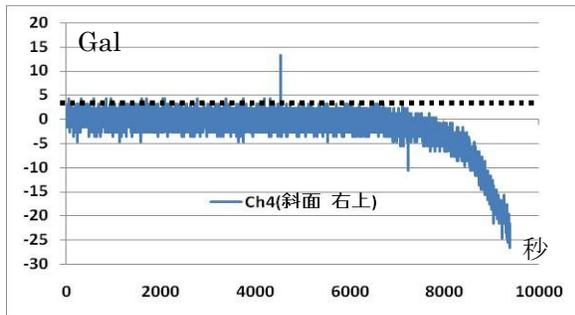
写真二 加速度センサの外観

表二 加速度センサの諸元

計測原理	静電容量型
計測軸	3軸
sampling	1600Hz
レンジ	±1.5G
A/D変換	12bit
サイズ(cm)	3×3×8



図一(a) 崩壊時における加速度の経時変化



図一1—(b) 崩壊前における加速度の経時変化

2. 2 Wavelet 変換による崩壊時の加速度変化

Wavelet 変換は、近年注目されている手法であり、斜面崩壊のような非定常性の強い現象や長期解析に有効である。最大の特徴は、時間一周波数領域で解析できることである。Wavelet 解析の土砂崩壊現象への適用の詳細については、松本らによって報告されている。¹⁾ 図-3 は崩壊時の Ch3 と Ch4 の Y 軸に Wavelet 解析を行ったものである。上段が原信号、下段が Wavelet Map であり、横軸が時間(秒)、縦軸がスケールパラメータである。この Wavelet 解析により、加速度データの時間的な周波数成分を検証することができる。図-2—(a) の Wavelet 解析をみると、局所的な変化は崩壊開始時刻と崩壊 1 秒後の 2 点であり、これは土砂の挙動が瞬間的に変化したことを表している。また、図-2—(b) により、Ch4 は Ch3 と比較すると顕著な時間変化は見られない。これにより、Wavelet 解析からも斜面の上部と下部の土砂挙動の相違を確認することができた。

3. 落錘パルス実験の解析結果

落錘パルス実験は、写真-3 のように 30kg の錘を 80cm の高さから落とすことにより発生する振動を計測した。計測された周波数はおよそ 40Hz、加速度はおよそ 40gal であった。図-3 は、40Hz の伝播特性を時系列で表すために FFT 解析を行ったものであり、各時間におけるパワースペクトル(PS)値をプロットしたものである。横軸が時間(分)、縦軸がパワースペクトルである。図-3 を見ると、全体的に 90 分付近で、PS 値が下がり始め、振動が伝わりづらくなっていることが分かる。この時刻は、センサの微弱な姿勢変化の開始した時刻と一致するので、振動の伝播と土砂崩壊の相関性があることが分かり、落水パルス実験においても崩壊の兆候を検出できる可能性を示すことができた。

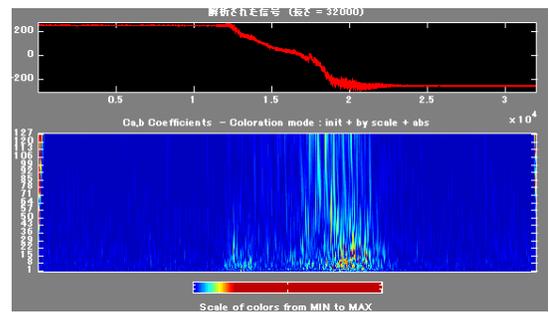


図-2—(a) 崩壊時における WaveletMap(Ch3)

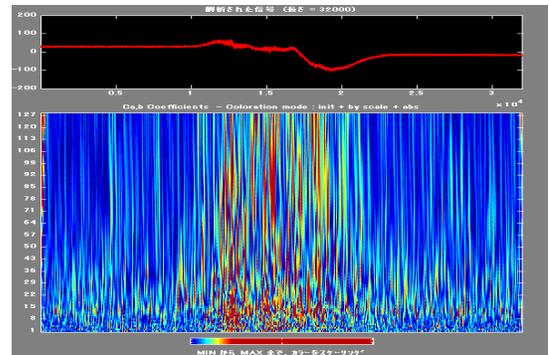


図-2—(b) 崩壊時における WaveletMap(Ch4)



写真-3 落水パルス実験の様子

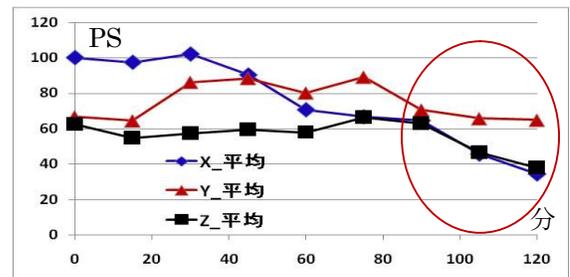


図-3 パルスの PS 値の経時変化

参考文献

- 1) 松本, 岡田他 11 名: 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, 平成 20 年度砂防学会研究発表会概要集 pp. 140-141, 2008.