

河川堤防を想定した盛土構造物崩壊時における加速度センサーによる状態監視に関する研究

群馬大学大学院 学生会員 ○ 岡田 崇

群馬大学社会環境デザイン工学科 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 矢澤 正人

群馬大学社会環境デザイン工学科 正会員 小葉竹 重機

## 1. 概論

日本は国土の約70%が山岳地帯であり、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・運用が急がれている。しかし、土砂崩壊の現象は、降雨や地盤の特性が複雑に影響を及ぼしあって発生するため、その取り扱いは難しく、実際の危険地帯における土砂崩壊の予知は困難な状況にある。そこで、本研究では、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、著者らが数年前から使用している加速度センサーを4器埋設し、その計測結果から、崩壊前後における各位置での土砂の挙動の相違や、崩壊に至る前の微弱兆候の検出といった河川堤防などの盛土構造物に対する崩壊警報システム構築のための基礎的な研究を行ったものである。

## 2. 実験条件

加速度センサーは、写真-1のように4器設置し測定を行った。設置した位置は、斜面下端から1.5mの位置に、左からCh1、Ch4、5.5mの位置にCh2、Ch3とし、斜面の諸元は表-1に示す。また、センサーの外観は写真-2のようになっており、埋設状況は、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。センサーの諸元は、表-2に示す。この加速度センサーは静的な感度を有するので、姿勢変化を捉えることができ、またこの精度を高めるために埋設の際に2本の20cmボトルで固定した。土砂崩壊実験は、天井から散水強度50mm/hの連続降雨によって発生させ、崩壊までのデータを計測した。

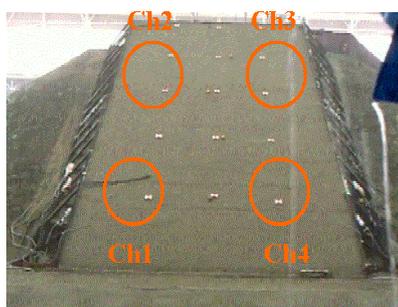


写真-1 土砂崩壊実験の様子

表-1 斜面諸元

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

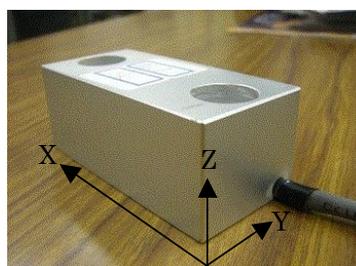


写真-2 センサー外観

表-2 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

## 3. 実験結果

### 3-1 崩壊状況

土砂崩壊は、写真-3のように、下端から1m付近のところから斜面を横断するようにひび割れが生じ、そこを基準に上部の土砂が堆積し、徐々に膨らんでくる。そして



写真-3 土砂崩壊の様子(左から1秒、3秒、5秒後)

限界まで膨らんだ瞬間に亀裂がはいり、覆いかぶさるように下部に堆積した。

### 3-2 土砂崩壊時の加速度センサーの経時変化についての考察

図-1に、崩壊前後の加速度の経時変化を示す。左図が Ch1、右図が Ch2 の加速度変化である。左右各図とも、上から 2 段目、3 段目、4 段目の順にそれぞれ X、Y、Z 軸方向の加速度を示している。縦軸は gal、横軸は秒であり、一段目は、解析に用いたデータが崩壊時刻に対してどの位置にあるのかを模式的に示したものである。▶ がデータ測定開始時刻、▼ が解析データ開始時刻、○ が崩壊時刻である。図-1は、崩壊の約 170 秒前から加速度を表している。まず、Ch1 の崩壊時について Z 軸の加速度に注目すると、約 1300gal と顕著に変化していることがわかる。これは、加速度センサーが約 120 度の姿勢変化をしたこと示している。次に、

Ch2 を見ると、崩壊時間に対して Ch1 のような急激な加速度変化はない。これは、Ch2 は斜面の上部に位置していて、崩壊時には、土砂と一体のなつて滑り落ちるため、姿勢変化が起こらなかったためだと考えられる。

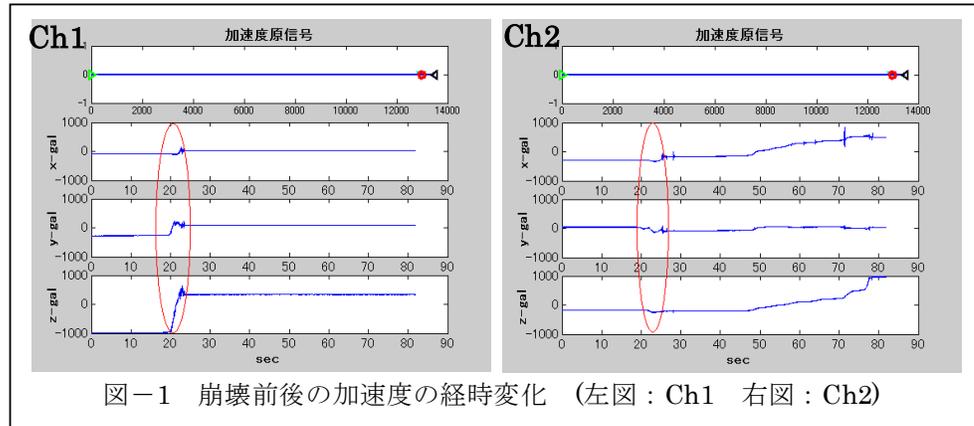


図-1 崩壊前後の加速度の経時変化 (左図：Ch1 右図：Ch2)

### 3-3 微弱兆候が表われたときの加速度センサーの経時変化についての考察

図-2は、各センサーの微弱兆候が表われたときの加速度である。Ch1は、崩壊時間の23分40秒前から約300秒間の加速度変化で、Y軸に注目すると、約100秒後からドリフトが始まっている。次にCh2は、崩壊時間の5分30秒前から約300秒間の加速度変化で、Ch1と同様にY軸をみると、約125秒後にドリフトが始まっている。各センサーともこの時点が崩壊の危険を予知できる可能性を示している。また、ドリフトがCh1とCh2で上下反対に変化しているのは、Ch1が左まわりに、Ch2が右回りに回転したことを表していて、これは、崩壊までに斜面密度は、滑り面を境に下部では密になり、上部では粗になるという動きと対応していると思われる。なお、Ch3とCh4については、Ch1とCh4、Ch2とCh3という左右対称の関係で同様な結果が得られた。

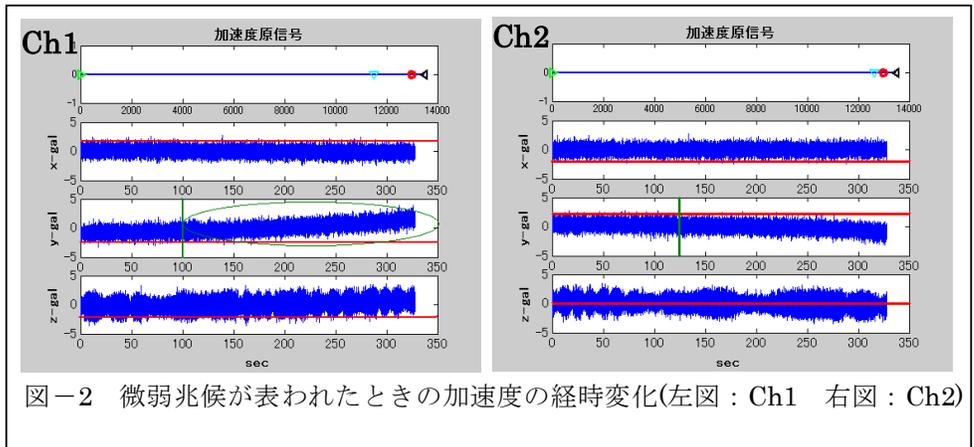


図-2 微弱兆候が表われたときの加速度の経時変化(左図：Ch1 右図：Ch2)

最後に、今回の土砂崩壊実験から崩壊前後による土砂の挙動の相違や、崩壊前の土砂の微弱兆候を検知することができた。今後は、測定データにスペクトル解析などを用いてさらに微弱な兆候の検知を試みたい。