

電源供給を必要としない斜面崩壊警報装置 (BMS)の開発

有)秋山調査設計 ○秋山健一郎

独)土木研究所 田村圭司、内田太郎、伊藤洋輔

1. はじめに

膨大になる我が国の土砂災害危険箇所において、住民の生命を守るために土砂災害から事前に避難できるように土砂災害警戒情報が発表されてきている。しかし、現状では、箇所ごとの崩壊予測ができないために、区域全体に対して土砂災害警戒情報が発表されることになる。一方で、危険度の高い箇所を絞り込む技術、降雨のみならず土砂災害の前兆・発生を監視する装置があれば、よりきめ細かい土砂災害警戒情報が発表できるようになることが期待される。そこで今回、安価で住民の自ら運用でき、多数配備が可能な斜面崩壊警報装置 BMS(Ball Messenger System)を開発したのでここに報告する。

2. センサの構造

住民が自ら設置利用可能なように、単純で故障しにくく、維持管理が容易で、結果が分かりやすく、安価であることを目指し、センサを開発した²⁾。

斜面崩壊の発生直前には「斜面には、亀裂が生じ、小石が、落ちる」といった前兆現象が生じると言われている¹⁾。そこで、斜面の変位を重力を利用して(電源を使わずに)とらえる斜面警報装置 BMS を考案した。その仕組みは、移動杭の要領で杭間にパイプを張り、パイプを両杭に固定して、パイプ中間の1箇所を切断した場合、地盤のズレが上下パイプの切断部の開口量となるので、開口部から谷側のパイプ上部に1cmの鉄球を並べておくと、地盤変位が進むにつれて鉄球がパイプ内部に次々と落下する。落下した鉄球は a.シューター(約1.5m) b.連結パイプ(約4m) c.民家等まで伸びた搬出パイプ内を通過し、末端部に設置した d.信号板に到達すると信号板を赤に変える。シューター内の鉄球は隔壁でそれぞれを囲っているのでパイプが抜けにくい限り落ちることはない。センサはシューターと連結パイプを合わせた部分で BMS の中心部を構成する。シューターから放出された鉄球の最終の到達点は信号板下の透明ケース内であり、落下した順に保存される。1つの斜面に複数台のシューターを並列して配置して1本の搬出パイプに接続し、シューターごとに、鉄球に色・記号別に付しておけば、どの部位が何センチ動いたかを把握することも可能である。

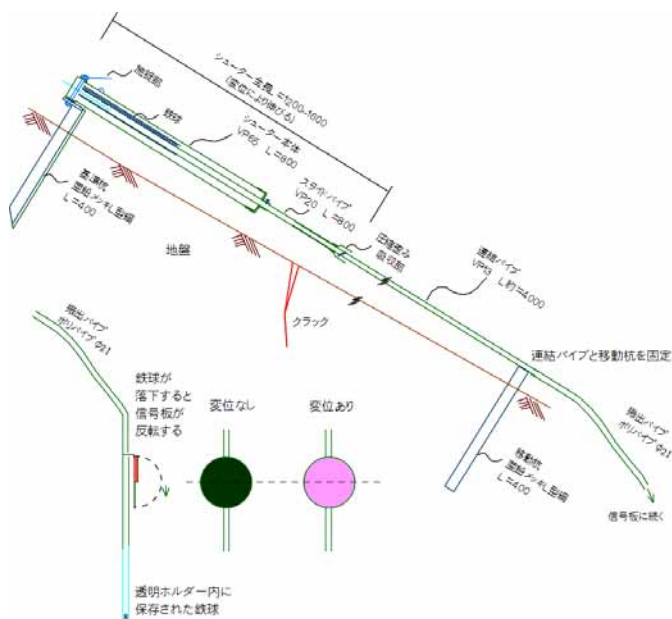


図1 シューター付近及び信号板

3. 測定事例

図2はBMSの機能を実証するため、平成18年に香川県坂出市の急傾斜地崩壊危険個所の金山北斜面で行った実証試験の配置図である³⁾。各センサは滑落地形をまたいで設置している。同斜面の内Bブロックは平成16年の台風23号により崩壊した。その後、ブロック積み擁壁が施工された斜面である。一方東側のAブロックは落差1m程度の滑落崖を生じたものの、完全に崩れ落ちてはいなかった。そこで、平成18年の7月20日にセンサA1をAブロックの滑落崖地形をまたぐように設置した。

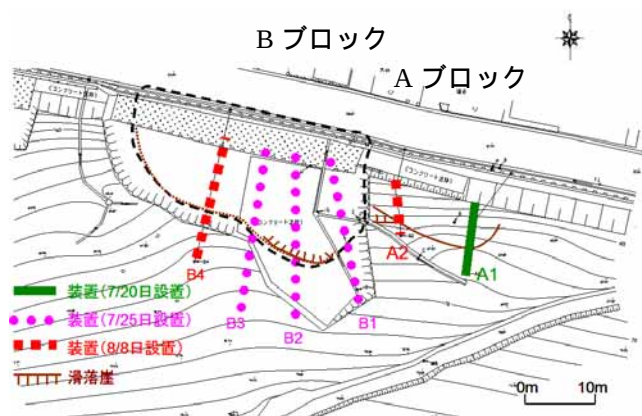


図2 センサ配置図

設置直後の7月20日～21日にかけて累積雨量132.5mmを記録し、A1が2cm動くと同時に、Bブロックで植生工の一部が崩れた。そこでBブロックにおいてもB1,B2,B3の3つセンサを設置した。設置後約1週間で最大5cmの変位が見られたが、7月末に法枠の施工に伴い、B1,B2,B3のセンサは撤去した。その後、8月8日にセンサA2、B4を増設しA1を含め3基の観測を継続した。BMSによる測定と平行して、定期的にソケット部の変位量を直接ノギスで測定した。測定結果及び累積雨量を図3に示した。平成18年7月20日～平成19年1月9日におけるA1(上段)の結果を見ると、設置当初は7日間で変位量20～30mmと大きく変動し、10月頃を境に鉄球落下による変位量とソケット部の変位量に誤差が生じた。A2(中段)は、設置当初の8月8日～8月22日は、短期間で40mm程度の変動があった。その間A2の西側のB1付近の斜面の各所に幅数ミリ最大1cm弱で幅1m～2mの雁行状の亀裂群が現れた。隣のBブロックの法枠施工後に亀裂は消滅した。その後A2は、雨量に追従して変位量が累積しており、設置から125日間で70mm変位している。一方B4(下段)は法枠施工後から観測を開始し、結果は雨とともに変位が累積している。滑落崖は形成されていないが、斜面のはらみだしが進行している可能性が高い。なお平成20年以降、各センサはほとんど動いていない。

4. 考察と機器の改良

A1における2cmの誤差の原因は先行した滑落崖下の土塊の引っ張り、A1上部土塊の活動による圧縮歪みが合成された結果と推定される。当時のセンサは圧縮歪みを吸収できなかったため両者に2cmの違いを生じた可能性がある。そこで、センサを改良し、圧縮歪みを吸収する機能を持たせた。具体的には、杭間が縮まると、連結パイプはシューター内に貫入吸収され動きはシューターに伝わらないが、逆に伸びるとシューター下端部に付けた鋼製リングが連結パイプをロックし、シューターが作動する。当初B1付近の斜面で見られた幅数ミリの亀裂群は、A2初期の4cmの動きと同時期に発生し、その後法枠施工後は緩やかに消滅した。その亀裂の開口幅や密度は付近での斜面の安定度を示していたと考えられる。今後は、センサの変形の程度と斜面崩壊危険度の関係をより定量的に明らかにしていくことが重要であると考えている。

なお、試験地は平成16年に一度崩壊しているため、住民の斜面への関心が高く、地盤の変位の進行によって信号機が変化するのは分かりやすいと好意的な意見を得ることができた。

5. 参考文献

- 1) 土砂災害警戒避難に関わる前兆現象情報検討会：土砂災害警戒避難に関わる前兆現象情報の活用のあり方について(http://www.mlit.go.jp/river/sabo/kondankai/zencho/060331_s1.pdf)
- 2) 柳町年輝, 内田太郎, 田村圭司, 秋山健一郎, 金子綾一, 藤田哲, 王林, 下村幸男：土砂災害の警戒避難支援のための斜面崩壊検知センサの開発, 平成20年度砂防学会研究発表
- 3) 長谷川修一, 三村享, 秋山健一郎：パイプ式住民参加型斜面監視装置による住宅斜面のモニターリング, 平成19年度土木学会全国大会

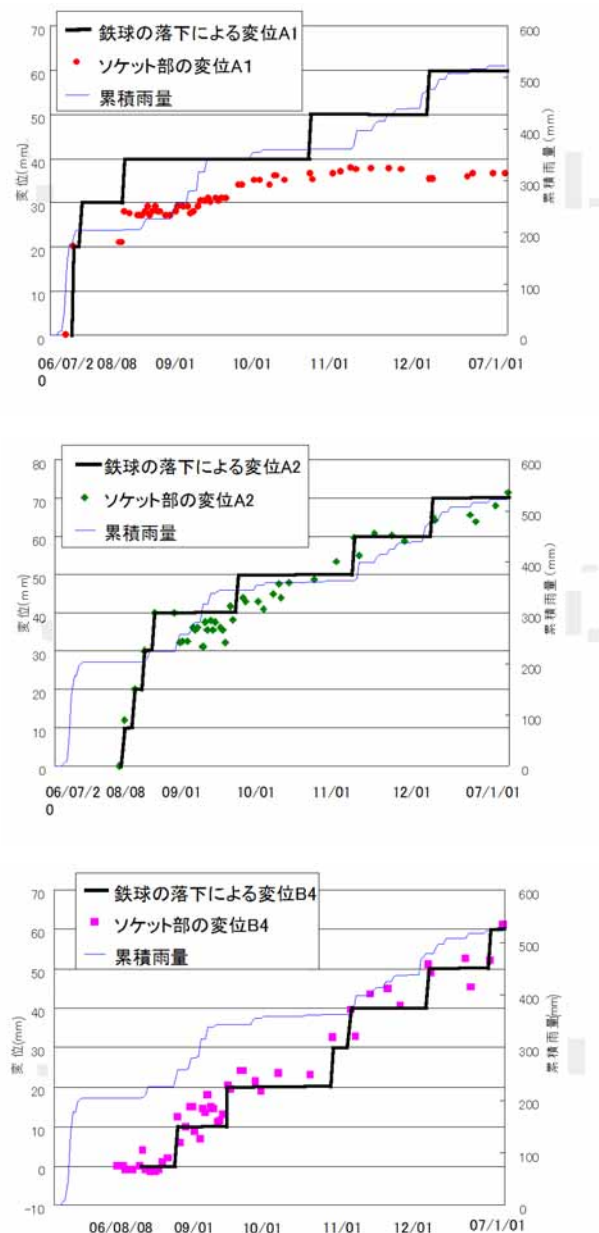


図3 観測結果

当初B1付近の斜面で見られた幅数ミリの亀裂群は、A2初期の4cmの動きと同時期に発生し、その後法枠施工後は緩やかに消滅した。その亀裂の開口幅や密度は付近での斜面の安定度を示していたと考えられる。今後は、センサの変形の程度と斜面崩壊危険度の関係をより定量的に明らかにしていくことが重要であると考えている。