

土砂崩壊簡易モニタリングシステムを用いた模擬溝崩壊実験の計測

佐藤工業 正会員 ○永尾 浩一 正会員 市山 大輝
 労働安全衛生総合研究所 正会員 玉手 聡 正会員 堀 智仁
 日本スピードショア 正会員 菊田 亮一

1. はじめに

土砂崩壊は、人命に関わる事故となる可能性があり、未然に防ぐ必要がある。「土砂崩壊の簡易モニタリングシステム」は、表層ひずみ棒センサーを用いた簡易な計測により目視では分からない斜面浅層部分のせん断ひずみを捉え土砂崩壊の予兆を早期に警告するものである。著者らは、より安全な管理を行うことを目的とし、無線で地盤変状の状態をモニタリングする技術の開発をしている。これまで実大斜面崩壊実験において計測データを無線でリアルタイムに確認し、遠隔で土砂崩壊の危険判定動作を確認することができた¹⁾。一方で、計測値にはばらつきがみられ、測定精度の改善が課題であった。本稿では、計測システムを改善し、実大の模擬溝掘崩壊実験で計測した結果について報告する。

2. 土砂崩壊簡易モニタリングシステム

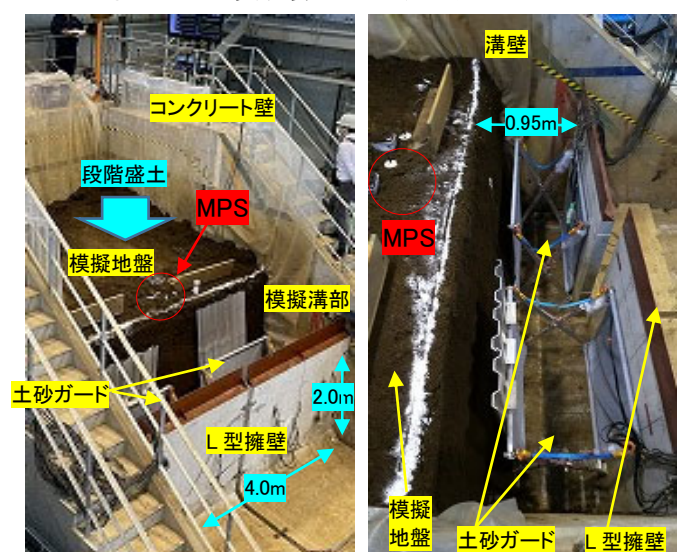
土砂崩壊簡易モニタリングシステムを図-1に示す。装置は、①表層ひずみ棒センサー（以下、MPSと言う）とデータWiFi送信器の「計測部」、②計測部のデータを集計し、端末にWiFi送信する「アクセスポイント部」、③PC、iPad等の「端末部」で構成され、ブラウザによりデータをリアルタイムに閲覧出来る。測定は10秒毎に行い、せん断ひずみ速度の変化により危険度を判断する。今回データの計測精度向上のため、①ゲインアンプ（電圧増幅回路）のアナログ電圧増幅率を16倍から126倍にし、②A/D変換器のデジタル分解能を16bitから24bit(256倍)にした。さらに、③データのばらつきを抑えるため、データの測定を0.1秒間隔で行い、10回の測定値を平均した値を使った。

3. 模擬溝掘崩壊実験

実験の概要を図-2に示す。土試料は関東ローム（含水比90%程度）を使用した。模擬溝は、溝壁が模擬地盤とL型擁壁であり、深さ2.0m、幅0.95m、長さ4.0mである。溝部には簡易土砂遮断システム（土砂ガード）を設置した²⁾。実験は、模擬地盤側に段階的に盛土を行い鉛直荷重を増加させ、溝壁を崩壊させた。計測は、模擬地盤法肩にMPSを設置し、各盛土段階で地盤変状の様子を有線3箇所と無線（土砂崩壊簡易モニタリングシステム）2箇所の合計5箇所で行った。



図-1 土砂崩壊モニタリングシステム



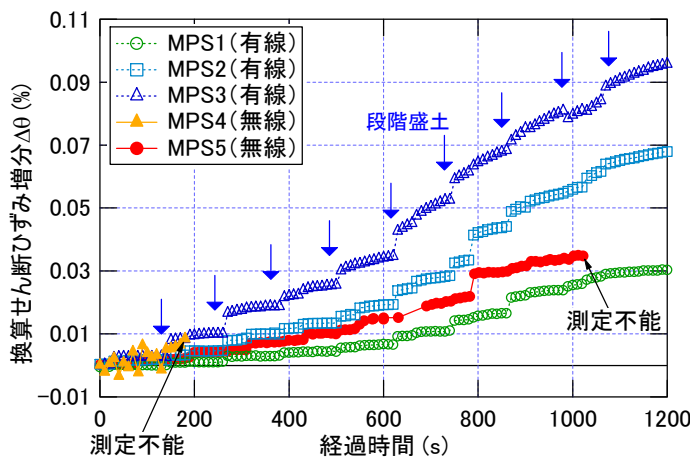
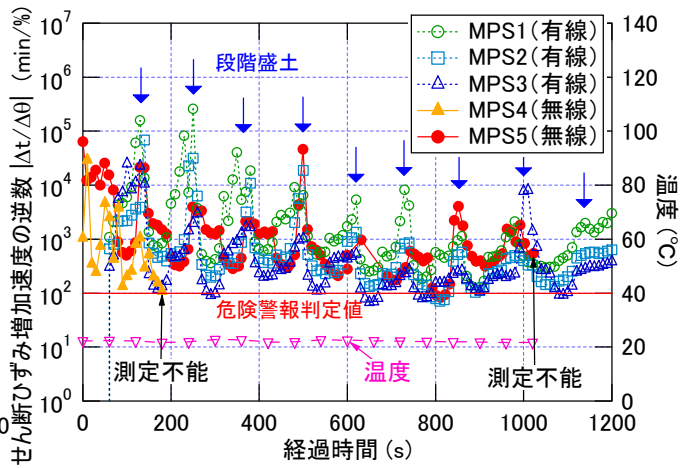
1) 実験全景

2) 模擬溝部（側面）

図-2 模擬溝実験概要

キーワード 土砂崩壊, 溝工事, 労働災害, 実大実験, 簡易計測, 崩壊予測

連絡先 〒300-2658 茨城県つくば市諏訪 C30 街区1 [TEL:0298-17-5100](tel:0298-17-5100)

図-3 換算せん断ひずみ増分 $\Delta\theta$ 結果図-4 せん断ひずみ速度の逆数 $|\Delta t/\Delta\theta|$ 結果

4. 実験結果

土砂崩壊簡易モニタリングシステムでは、地盤の変状を換算せん断ひずみ増分 $\Delta\theta$ で定義し、崩壊予兆を把握するための指標として $\Delta\theta$ の増加速度の逆数 $\Delta t/\Delta\theta$ を用いて判定している。

$\Delta\theta(\%) = (\Delta s / L) \times 100$ (1) L : 「表層ひずみ棒センサ」の有効長さ, Δs : 端部のたわみ量

$\Delta t / \Delta\theta(\text{min}/\%) = t / (\Delta\theta \times B)$ (2) t : 経過時間, $\Delta t/\Delta\theta$: せん断ひずみ増加速度の逆数, B : 任意な係数

なお、換算せん断ひずみ増分 $\Delta\theta$ は、「表層ひずみ棒センサ」の設置方向により値の正負が変化するため、斜面の崩壊予兆は、せん断ひずみの増加速度の逆数の絶対値 $|\Delta t/\Delta\theta|$ で判別する。また、既往の研究より、土砂崩壊発生の危険警報判定閾値は $|\Delta t/\Delta\theta| \leq 100$ (min/%)としている。

換算せん断ひずみ増分 $\Delta\theta$ (式(1)参照) の測定結果を図-3に示す。MPS4, MPS5が無線(土砂崩壊簡易モニタリングシステム)での計測の結果である。矢印の部分が段階盛土であるが、無線での計測は、有線と同じように盛土による段階的なひずみの増加を捉える結果となり、精度もほぼ同程度となった。

但し、MPS4は盛土1回目、MPS5は盛土8回目に送信器に土砂が覆い被さり、WiFi電波が遮断され測定不可となった。

一方、せん断ひずみ増加速度の逆数 $|\Delta t/\Delta\theta|$ (式(2)参照) の測定結果を図-4に示す。せん断ひずみの増加速度の逆数値 $|\Delta t/\Delta\theta|$ は、盛土の段階毎に変化が現れ、無線でも有線と同じ程度で変化を捉えている。また、経過時間が増えるにつれ値も小さくなり、閾値の100に迫っており、土砂崩壊の予兆の傾向も捉えていることが出来ている。

さらに、今回新たな試みとして同時に気温、湿度、気圧、騒音などの計測も無線で行った。計測した温度の経時変化を図-4に示す。計測値に変化はなかったが、MPS以外の他センサーの同時計測を確認した。

5. おわりに

実大模擬溝掘崩壊実験において、土砂崩壊簡易モニタリングシステムの計測状況の確認を行った。その結果、無線でも有線と同じくリアルタイムに土砂崩壊の予兆を確認することができ、システムの改善により同精度で危険判定が可能であることが分かった。しかし、土砂が送信器を覆うことによりWiFi電波が遮断され計測不可となったことから、実際に施工で利用する場合は、掘削土の影響がない場所に送信器を移動する必要がある。また、今回温度などの同時計測を行ったが、今後は、間隙水圧などの地盤情報も計測し地盤崩壊の予兆を様々な目線で確認するほか、より幅広い用途での利用の検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 市山大輝, 永尾浩一, 玉手聡, 堀智仁: 「表層ひずみ棒」を用いた斜面モニタリングシステムの開発, 土木学会第76回年次講演会, III-74, 2021.
- 2) 菊田亮一, 玉手聡, 堀智仁: 溝工事用の簡易な土砂遮断システムの部材強度に関する実験的考察, 土木学会第76回年次講演会, VI-100, 2021.