

土砂崩壊の簡易危険検出システムを用いた実大斜面崩壊実験の無線計測

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

切土工事の土砂崩壊による生き埋め事故の間接要因として逃げ遅れがあり、目視で土砂崩壊の予兆に気づかないことが要因にあげられる。「土砂崩壊の簡易危険検出システム」は、目視では確認できない斜面浅層部分の微小なせん断ひずみを計測し土砂崩壊の予兆を早期に警告するものである。著者らは、さらに安全な管理を行うことを目的とし、計測値を Wi-Fi 電波で無線通信することにより、離れた場所で時系列による土砂崩壊の予兆を把握する技術の開発をしている。一昨年の実大模擬溝堀崩壊実験では、せん断ひずみのデータをリアルタイムに精度良く計測できることを確認した¹⁾。一方で、装置の土砂被りによる通信の遮断により、土砂崩壊の危険判定動作を確認までには至らなかった。そこで再度実大斜面崩壊実験で斜面崩壊の危険度判定まで計測した結果について報告する。

2. 土砂崩壊の無線モニタリングシステム

土砂崩壊の無線モニタリングシステム（無線モニタリング）を図-1 に示す。装置は、①表層ひずみ棒センサー(MPS)とデータ Wi-Fi 送信器の「計測部」、②計測部のデータを集計し、端末に Wi-Fi 送信する「アクセスポイント(AP)部」、③モバイルルーター、④PC, 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できる。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 Wi-Fi 通信のほか、モバイルルーターを併用したインターネット回線での通信機能を追加し、遠隔地でのデータ通信を可能にした。

3. 実大斜面崩壊実験

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。実験は、高さ 4.0m、幅 4.0m、斜面勾配 30° 奥行き長さ 7.0m の盛土斜面を法先から S1 から S5 の面で 30 分間隔で 5 段階に分けバックホウで切土掘削し、S5 面の掘削で斜面を崩壊させた。計測箇所を図-3 に示す。計測は、斜面法肩付近に MPS (○印) を設置し、各段階で地盤変状の様子を観測した。MPS は、無線での計測（以下、無線）を 3 箇所、有線での計測（以下、有線）を 7 箇所の合計 10 箇所設置した。また、送信機は、掘削時に Wi-Fi 通信の影響を受けないように斜面地盤上を避け、天端部奥の離れた場所に設置し計測を行った。



図-1 無線モニタリングシステム

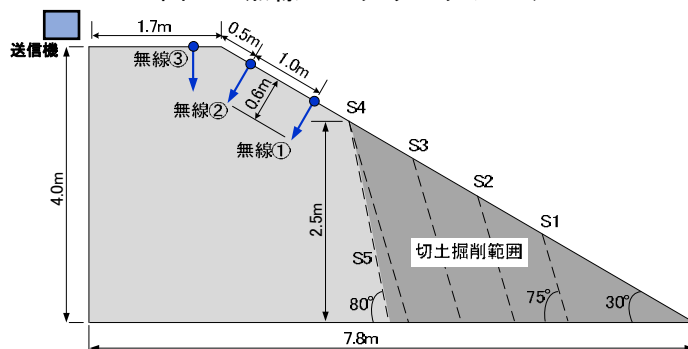


図-2 実大斜面立面図

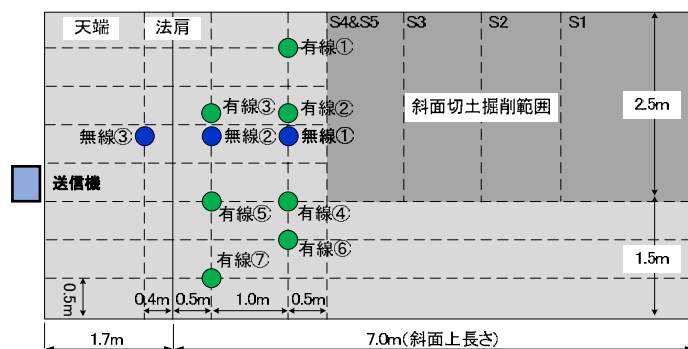
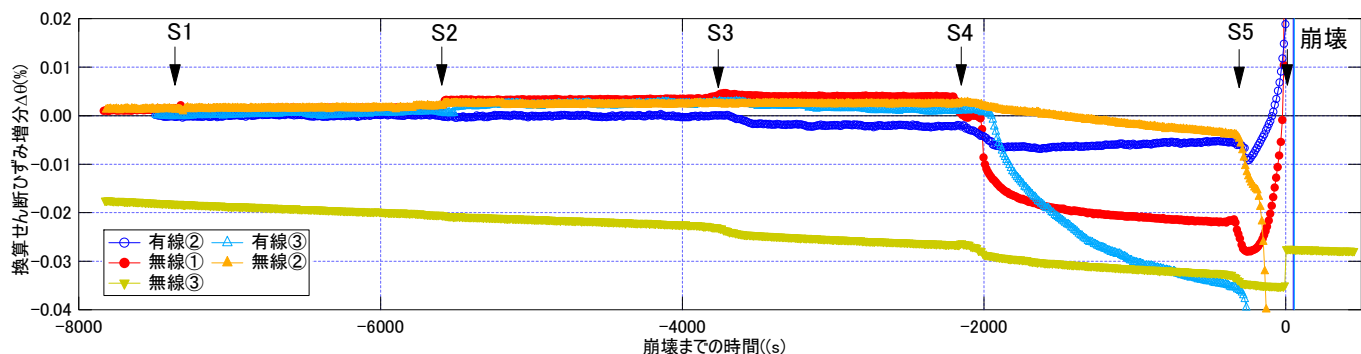
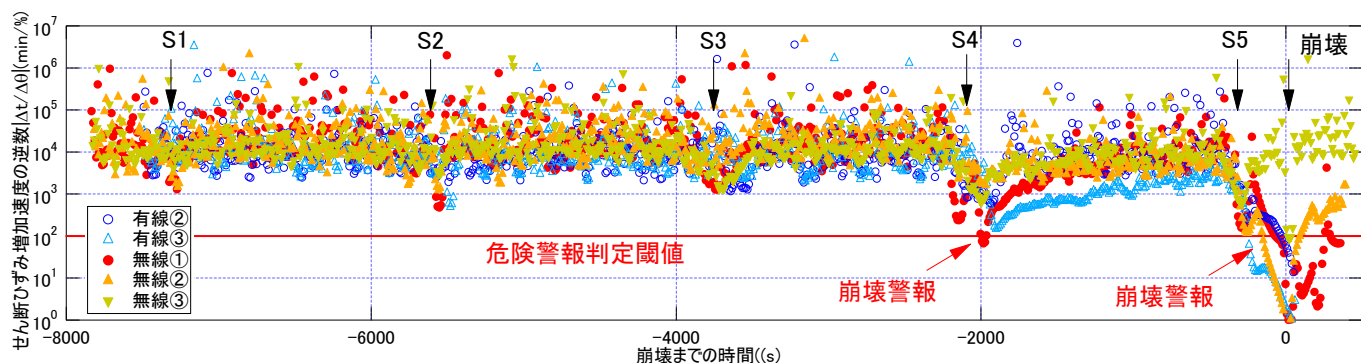


図-3 実大斜面平面図

キーワード 土砂崩壊, 地盤崩壊予測, せん断ひずみ, 簡易計測, 無線計測

連絡先 〒300-2658 茨城県つくば市諏訪 C30 街区 1 [TEL:080-7164-2986](tel:080-7164-2986)

図-4 換算せん断ひずみ増分 $\Delta\theta$ 結果図-5 せん断ひずみ増加速度の逆数 $|\Delta t/\Delta\theta|$ 結果

4. 実験結果

無線システムでは、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ー」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ー」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²⁾より、土砂崩壊発生の危険警報判定閾値は $|\Delta t/\Delta\theta| \leq 100 (\text{min}/\%)$ としている。

掘削面直上部の換算せん断ひずみ増分 $\Delta\theta$ (式(1)参照) の無線と有線による測定結果を図-4 に示す。矢印のS1 から S5 の段階掘削において無線は有線と同様に掘削による段階的なひずみの増加を良好に捉えている。また、S4 掘削後の $\Delta\theta$ の増加収束傾向や S5 掘削後の $\Delta\theta$ の急速な増加も捉えており、有線と同精度で計測が出来ている。一方、同箇所での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-5 に示す。 $|\Delta t/\Delta\theta|$ は、無線、有線とも段階掘削毎に同程度で変化(崩壊の予兆)を捉えている。また、S4 掘削後では、無線の $|\Delta t/\Delta\theta|$ の値が閾値の100より小さくなり崩壊警報を発信した。さらに崩壊前のS5掘削後においても無線は有線と同精度で急激に低下している。崩壊警報発信は、有線では崩壊242秒前、無線では崩壊149秒前に確認された。さらにインターネット回線を利用した計測においてもリアルタイムで計測が良好にできており、遠隔地でも同精度で危険度観測が可能であることが認められた。

5. おわりに

実大斜面掘崩壊実験において、無線化土砂崩壊簡易モニタリングシステムで計測確認を行った。その結果、無線計測でも有線計測と同精度で崩壊予兆把握と危険度判定が可能であることが確認された。

参考文献

- 1) 永尾浩一, 市山大輝, 玉手聡, 堀智仁, 菊田亮一: 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, 土木学会第77回年次講演会, VI-438, 2022.
- 2) 玉手聡, 堀智仁, 三國智温, 末政直晃: 施工時斜面における浅い部分のせん断ひずみ計測による崩壊監視の検討, 土木学会論文C (地圏工学), Vol.70, No.2, pp.213-225, 2014.