

立命館大学理工学研究科 ○飯田 哲也
立命館大学理工学部 藤本 将光
(株)東芝 コミュニティー・ソリューション事業部
熊倉 信行

(株)東芝 コミュニティー・ソリューション事業部
高崎 大輔
立命館大学総合科学技術研究機構 平岡 伸隆
立命館大学理工学部 深川 良一

1. 研究の背景と目的

近年,日本で多発している斜面崩壊の原因として,降雨などによる地盤内の水分量の増加が挙げられる。現在,地盤内の水分量を把握するためには,テンシオメータや誘電率土壌水分計などが用いられている。これらの計測には,電力供給が必要であり,システムは有線ケーブルを用いるため費用・メンテナンスの点で課題がある。また,テンシオメータは脱気水を補充する定期的メンテナンスが必要であり,このことが運用上の課題となるが,誘電率土壌水分計は定期的メンテナンスの必要がない。そのため,現地メンテナンスが不要な土壌水分計,無線ネットワークシステムを用いた斜面モニタリングシステムを構築することが求められる。これらの背景を踏まえ,本研究では,上記システムにて,斜面崩壊現象における地盤内の体積含水率の変化を室内実験から把握した。また,得られた実験データを用いて斜面崩壊危険度判定手法を提案した。

2. 室内降雨土槽実験

本実験は人工降雨実験装置を用いて行った。土槽には滋賀県信楽産の真砂土を用いた。計測機器には,土壌水分計を用いた。図1に土槽の概要図と計測点を示す。また,表1に実験条件を示す。実験前に予備降雨を与え,自然条件下の鉛直方向の土壌水分量の差の再現を試みた。

3. 実験結果

図2に体積含水率の時系列変化を示す。体積含水率は,予備降雨によって一旦上昇した。予備降雨から本降雨まで4日間空けたため上層に設置している土壌水分計 A, B は体積含水率が減少している。しかしながら中,下層に設置している土壌水分計は体

積含水率が減少していない。これは,予備降雨と本降雨の間で4日間しか日を空けなかったことと,実験で使った土槽の都合上,土槽の底部を排水条件にすることができなかったことが原因であると考えられる。

次に,本降雨時の土壌水分量の変動を見てみると予備降雨時に比べて上昇が緩やかになっていることがわかる。これは,本降雨時の降雨強度が予備降雨時の降雨強度に比べて弱かったためであると考えられる。また,本降雨停止後からの体積含水率の減少過程においても上層が中,下層に比べより減少していることが見て取れる。

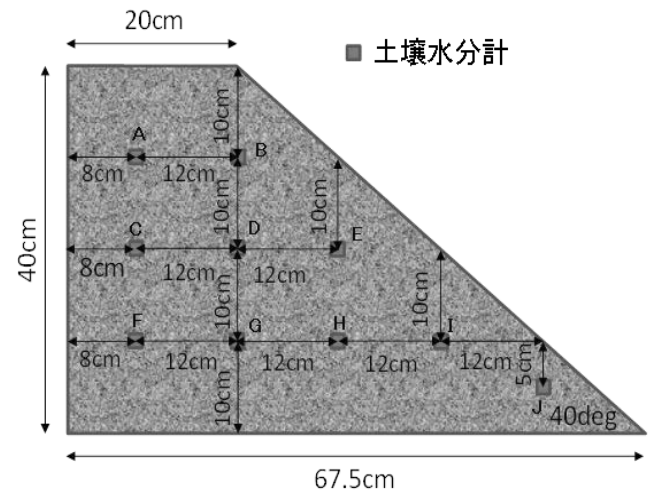


図1 室内降雨土槽実験の概要図

表1 実験条件

含水比	10%
乾燥密度	1.6g/cm ³
湿潤密度	1.76g/cm ³
予備降雨条件	25mm/hr (2時間)
本降雨条件	15mm/hr(14時間)
計測間隔	10分

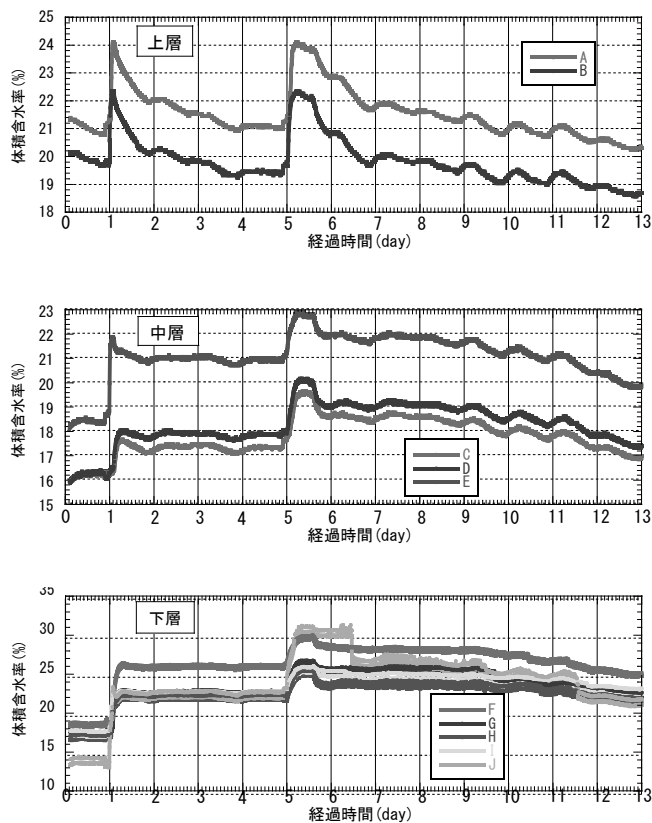


図2 体積含水率の時系列変化

4. 斜面崩壊危険度判定手法の構築

実験結果に基づいて斜面崩壊危険度判定手法の構築を試みる。本研究は、10個の各土壌水分計の危険度を判定してから斜面全体の危険度判定を行うこととした。

各土壌水分計の危険度判定には、実験条件下における飽和度 $S_r=50\%$ 、 $S_r=70\%$ の時の体積含水率を算出した。計測点の土壌水分計の値が飽和度50%を越えたときに警戒状態、飽和度70%を越えたときに避難状態に達したと判断した。飽和度から体積含水率を求める方法として以下の式(1)、(2)を用いた。

$$w = \left(\frac{1}{\rho_d} - \frac{1}{\rho_s} \right) S_r \quad (1)$$

$$\theta = w \rho_d \quad (2)$$

ここで、 w ：含水比（%）， ρ_d ：乾燥密度（ g/cm^3 ）， ρ_s ：土粒子密度（ g/cm^3 ）， S_r ：飽和度（%）， θ ：体積含水率（%）である。

式中の乾燥密度に用いた値は $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ ，土粒子密度に用いた値は $2.6\text{g}/\text{cm}^3$ である。

個々の土壌水分計の判定後、斜面全体の判定を行う。各土壌水分計の判定結果が、安全(青)の場合を1点、警戒(黄)の場合を2点、避難(赤)の場合を3点とし、設置している10個の各土壌水分計の合計値が15点以下の場合を安全(青)、15点以上20点未満の場合を警戒(黄)、20点以上の場合を避難(赤)と仮定した。

図3に実験における判定結果を示す。図3に示しているグラフのX軸は72時間実効雨量を、Y軸には1.5時間実効雨量を取っている。判定結果を見ると、はじめは安全な状態を保っているが、予備降雨開始後1時間半後に警戒状態に入った。そして、そのまま警戒状態を維持していたが、本降雨開始2時間後に避難状態に入った。本降雨停止後も避難状態のままであったが、本降雨停止から3時間半後に避難状態から警戒状態になった。

今回提案した判定基準は、雨量指標のみではなく土壌水分をも指標とした判定基準を用いることで、斜面崩壊の危険度を総合的に判断することができるため、非常に有効であり、また、視覚的にも分かりやすいといえる。現位置での判定においては、地形条件や斜面内の計測点の位置によって更なる判定基準を作成する必要があると考えられる。

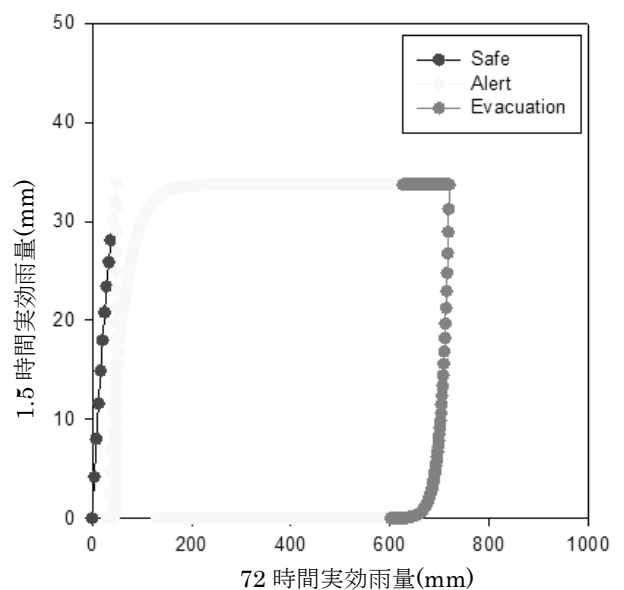


図3 土壌水分量を指標とした危険度判定結果