

比抵抗映像法による土壌水分の調査とその適用

(財) 砂防・地すべり技術センター

○道畑 亮一 安田 勇次

1. はじめに

山地斜面において、降雨時の水分状態の変化を把握することは、斜面崩壊予知や水文過程の把握のため非常に重要である。一般に降雨時における斜面土層中の水分状態の変化は、鉛直浸透、パイプ流、水文学的基盤上に発生する飽和側方流、基岩内への浸透及び復帰流、不飽和流など多岐にわたることが既往の研究で確認されている。しかし、斜面安定解析に用いられる手法は簡略化され、特に不飽和領域の水分挙動については実現象を必ずしも反映しているとは言い難い。これらモデル化を困難にしている要因の一つとして、山地斜面における面的な土壌水分の変化を観測するには多大な労力を必要とするため、このような観測は今まで多くは行われていない。そのため、テンシオメータを用いた観測が一般的であるが、得られるデータは点のデータとなる。テンシオメータを用い面的な観測を行ったものは、西口(2002)のみである。そこで本研究は、電気探査法の一つである比抵抗映像法を用いて、山地斜面の尾根部から斜面下方にわたる1測線上の鉛直方向の水分挙動を把握することを目的として、降雨時に観測を行った。観測地は滋賀県田上山地の山腹工施工地で、基岩は風化花崗岩である。

2. 比抵抗映像法の概要

比抵抗映像法とは、地盤の比抵抗値が岩種や土質ごとに異なることを利用して、地盤に電流を流した際に地表面に生じる電位分布から地盤の単位体積あたりの電気抵抗値(比抵抗値)を測定し、地質構造を把握する電気探査手法である。比抵抗値は、岩種や土質の他に、飽和度によって異なることが知られている。数時間~数日の範囲では岩種や土質は一定であるため、降雨時に斜面土層の比抵抗値を時々刻々と測定した時、比抵抗値の変化が測定されるならば、飽和度の変化と考えられる。この性質を利用すれば、元来は地質構造把握のための手法である電気探査法を用いて、降雨時の土壌水分の変化を観測することができる。

3. 比抵抗値の測定

斜面表層に等間隔に打ち込んだ任意の電極間の比抵抗値測定にかかる時間は約4秒である。このため電極数が多いとその分一回の観測に時間がかかる。任意の電極間の比抵抗値は、任意の電極間の距離を L とすると、電極間の垂直2等分線上における土層深 $L/2$ の部分の比抵抗値として計算される。よって、電極間隔を大きくすると、その分地下の解析点の間隔が粗くなる。本研究では、降雨時における斜面土層中の水分状態の変化を観測することを目的としているため、降雨中1時間ごとに観測を行った。このため、電極数を1時間内に測定可能な約90本、電極間隔を0.4m、最大測定電極間隔を3.2m、最大測定深さ2.0m、測定斜面長は約20mとした。計測した比抵抗値は、まず電位の減衰曲線の異常を補正して修正を行った。この修正後の比抵抗値から、地形や電極間隔等による感度特性の影響を取り除いた値を最終的な比抵抗値として決定した。

4. 結果と考察

図-1に山腹工施工後30年の斜面における9月11日の大雨(日雨量283mm)時における比抵抗値を図-2に降雨状況を示す。降雨終了時の比抵抗値は、観測斜面の下端から12m付近の表層を除く斜面全体において低下していた。その他に観測した2斜面においても全ての降雨イベント(39mm~283mm)の前後で比抵抗値の低下傾向がみられた。以上より、降雨による比抵抗値の低下が観測されたことから、比抵抗映像法によって降雨期間中の土壌水分状況を概ね把握することができたといえる。図-3に山腹工施工後30年の斜面において比抵抗値を土層の深さ別に整理した結果を示す。9月11日の大雨(日雨量283mm)時には、いずれの深さ

の土層でも比抵抗値が低下していた。9月15日0時の時点では、比抵抗値は9月11日の大雨終了時の値とほとんど変化していなかった。大雨数日後、水分が土壤中に保持されたままの状態が観測されたと考えられる。表層から深さ2.0mまでのいずれの土層・地盤でも、降雨に対して比抵抗値の素早い応答がみられた。この斜面の透水係数はサンプルスケールでは 10^{-2}cm/sec のオーダーであり、降雨の浸透時間を考えると深層まで一様に素早い飽和度の増加が起きているとは考え難いが、サンプルスケールでの透水係数の値が実際の斜面の透水係数を過小評価していることなどから考えると、実際の比抵抗値を正しく観測している可能性もある。しかしながら、比抵抗値が各深さの土壤水分変化をどの程度反映しているかは、テンシオメータなどの土壤水分観測を並行して行い、確認していく必要がある。今後の課題として挙げたい。

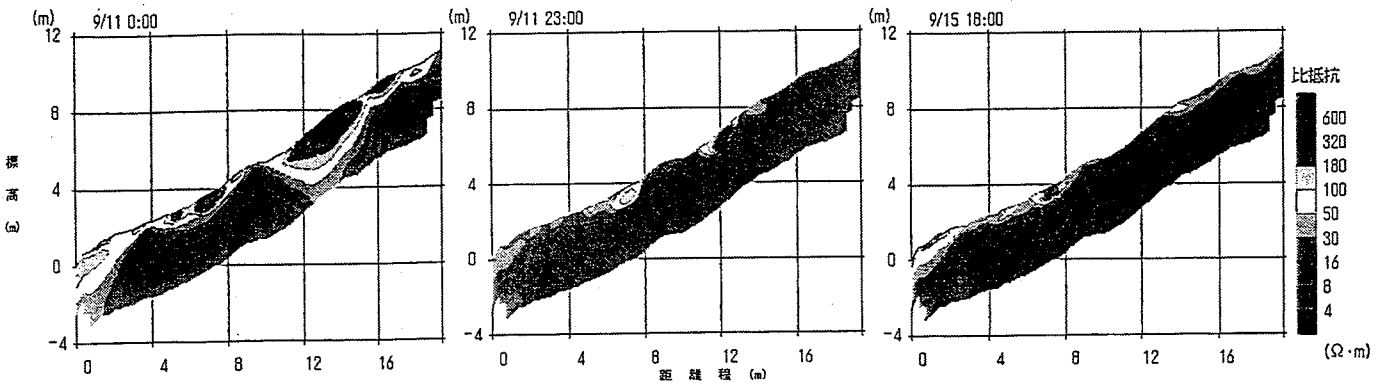


図-1 山腹工施工30年経過斜面 9月11日降雨前後の比抵抗値

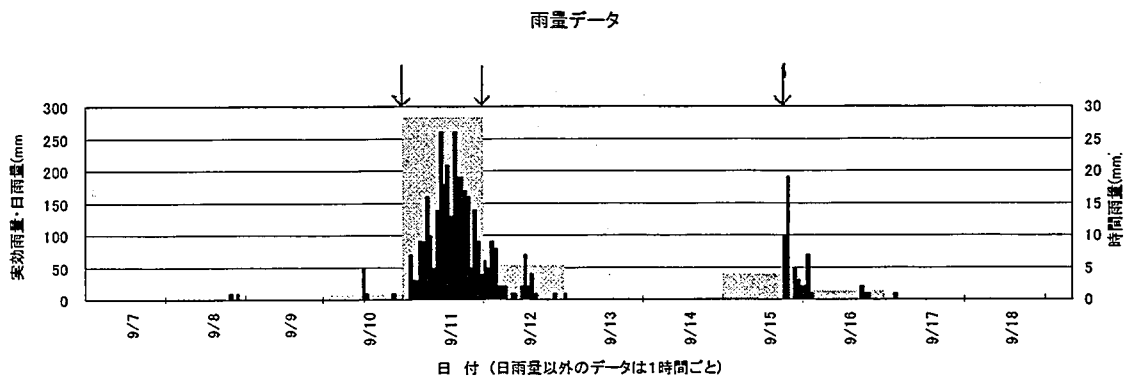


図-2 9月11日前後の降雨データ

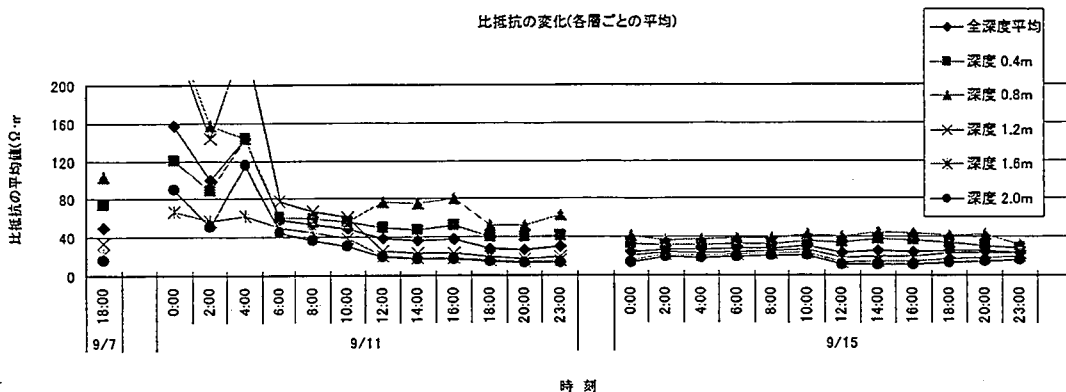


図-3 山腹工施工30年経過斜面 土層深ごとの比抵抗値の変化

参考文献：西口由希，山地源頭部における土壤間隙圧の空間分布の観測，H15 京都大学農学部山地保全学研究室卒業論文

：斜面調査のための物理探査，吉井書店