

H2-3

ADR - テンシオメータ併用法による地盤防災のモニタリング検知技術の検討

A Study on Detection Technique for Monitoring of Ground Disaster Prevention by ADR-Tensiometer Methods

下辺 悟¹, ○五内川 謙²Satoru Shimobe¹, *Yuzuru Gonaikawa²

Abstract: Our country is in fated land environment which many sediment disasters happen. Recently, the damage of downpour is the great news. For ground disaster prevention, decrease and escape against rainfall, the solution of generation mechanism for sediment disaster is essential therefore the grasp of water content and suction distribution within ground is important. The present study examines the practicability and confidence of water content measurement of soils by the ADR (Amplitude Domain Reflectometry) method, and as its application describes test results on the monitoring of rainfall-induced soil column and model slope failure tests using the ADR method together with a conventional tensiometer method.

1. 研究の背景と目的

我が国は土砂災害が多い宿命的な地盤環境である。また、近年では局地的集中豪雨による被害が多発し、大きな話題となっている。降雨に対する地盤防災・減災・避災の一助として、土砂災害の発生メカニズムの解明が必須であり、そのためには土の含水量・サクシオン分布状況の把握が重要である。

本研究は近年注目されている土壌水分計法の中でも安価で操作が容易な ADR (Amplitude Domain Reflectometry) 法による土の含水量測定の実用性・信頼性を調べるとともに、その工学的応用として ADR 法と従来のテンシオメータ法を併用した土壌カラム試験およびモデル斜面崩壊実験のモニタリング手法について検討を加えたものである。

2. 試験装置と試験方法

ADR 土壌水分計 (以降, ADR と略す) は, 土の誘電率 ϵ をその出力電圧で求める装置である。本試験では, あらかじめ対象土における出力電圧 V_{wet} と体積含水率 θ_w のキャリブレーションカーブを求めておき, これに出力電圧の測定値を代入し, 予測体積含水率 θ_w^* を算出する。この値を土壌カラム試験および二層モデル斜面崩壊実験の解析データとして用いる。

試験方法は所定の含水状態に設定した対象土を供試体作製用モールドに均一に詰め, ハーバード・ミニチュアコンパクターで締固めを行い, 供試体の表面 3 箇所に ADR を差し込み, 出力電圧の平均値を求めた。その後, 炉乾燥法により含水比 w と体積含水率 θ_w を求め, キャリブレーションカーブを作成した^[1]。

土壌カラム試験 (内径 20cm, 高さ 73cm) では, カラム上層部に関東ローム, 下層部に山砂を用い, 降雨による浸潤・排水過程 (平均降雨強度 20mm/h, 連続

降雨 8 h, 試験時間 24h) における土の含水状態の経時変化を上記 ADR で, 土のサクシオンの経時変化を測定できるマイクロ・テンシオメータ (以降, MT と略す) を用いて計測を行った。

モデル斜面崩壊実験では実験土槽 (幅 80cm, 長さ 120cm, 高さ 90cm) 内に上層部を関東ローム, 下層部に山砂を用いて斜面の勾配 33° に設定した二層モデル斜面を作製し, 降雨による崩壊実験を行った。なお, 所定の位置に ADR10 本, MT 8 本を埋設し, 平均降雨強度 40mm/h で斜面崩壊が起きるまで連続降雨させ, その全行程を ADR, MT によりリアルタイム・モニタリングで計測した。

3. 試験結果と考察

(1) ADR 法による含水量のキャリブレーション

Figure 1, Figure 2 にはそれぞれ山砂と関東ロームの出力電圧と体積含水率の関係を示した。

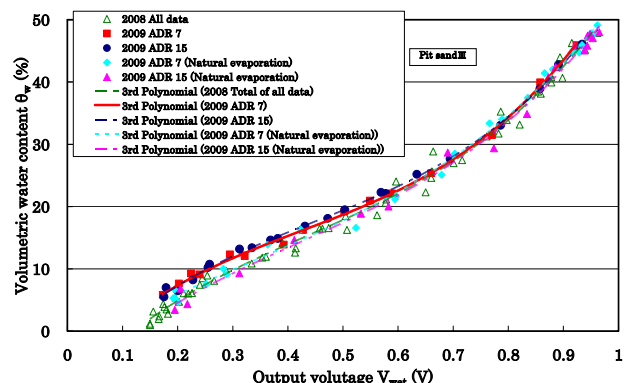


Figure 1. Relationship between output voltage and volumetric water content (Pit sand)

Figure 1, Figure 2 において, 各キャリブレーションカーブに給水時と自然蒸発時の差異はなく, また山砂の絶対誤差は $\pm 1\%$, 関東ロームでは $\pm 2\%$ 以内であり, 相対誤差は山砂と関東ロームともに $\pm 5\%$ 以内に収ま

った。このことから、プローブの器差や個人差等の影響はなく、ADR 法の実用性・信頼性は高いといえる。

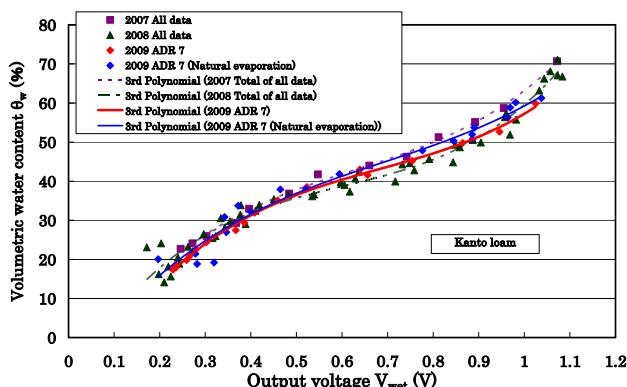


Figure 2. Relationship between output voltage and volumetric water content (Kanto loam)

(2) 土壌カラム試験

降雨浸潤・排水過程における、経過時間と予測体積含水率の関係を Figure 3 に示す。なお、山砂、関東ロームそれぞれの飽和体積含水率(θ_w)_sの値も併記した。

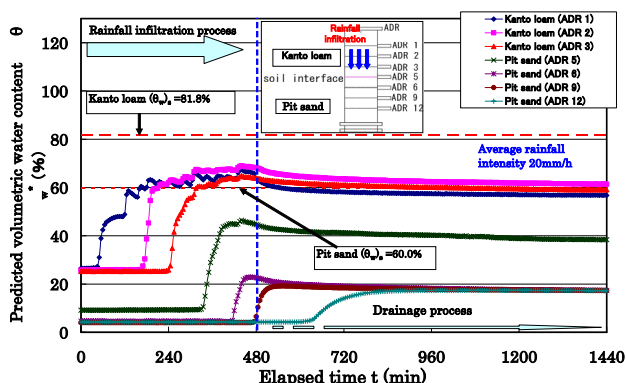


Figure 3. Relationship between elapsed time and predicted volumetric water content in soil column test

Figure 3 より、降雨浸潤過程において ADR は浸潤前線に合わせて上部のプローブから順に反応していることがわかる。また排水過程においては、水が貯留されやすい下部のプローブほど予測体積含水率の下がり幅が少ない傾向にあった。

(3) 二層モデル斜面崩壊実験

経過時間と予測体積含水率の関係を Figure 4 に、経過時間とマトリックポテンシャルの関係を Figure 5 に示す。土壌カラム試験と同様に、飽和体積含水率の値も併記した。

Figure 4 より、ADR の値は表層のプローブから順に反応していくことがわかる。特に斜面先の ADR 1 と ADR 2 の予測体積含水率の値は特に高く、降雨開始後 120 分後の斜面先崩壊に先行して上昇している。これは水が斜面先付近に溜まり、その箇所の含水量が上昇したためであると考えられる。このことから ADR 1 と

ADR 2 の値が上昇しきった 30 分を崩壊警告時間と設定した。

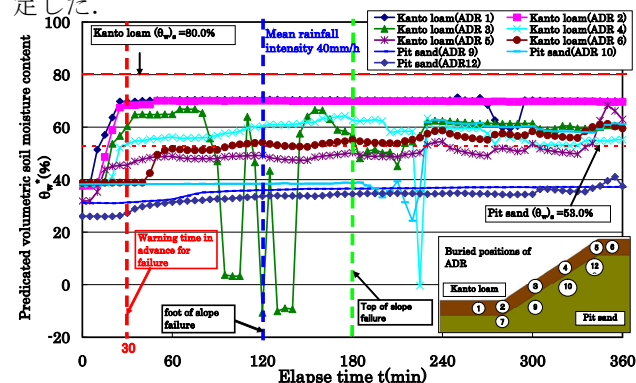


Figure 4. Relationship between elapsed time and predicted volumetric water content in slope failure test by rainfall

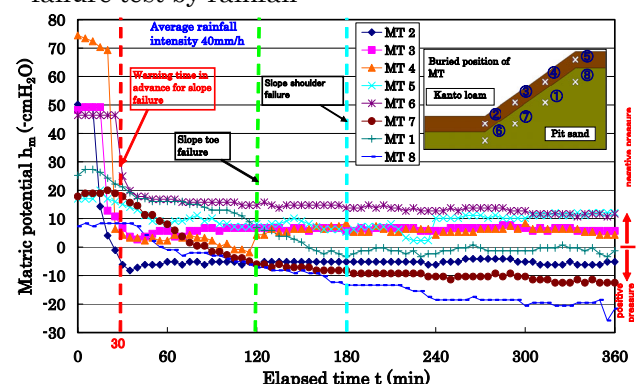


Figure 5. Relationship between elapsed time and matric potential in slope failure test by rainfall

Figure 5 より、MT の値についても表層から順番に反応し、斜面先の MT 2 が崩壊に先行して、正圧方向に値が動いていることがわかる。降雨開始後 30 分後に MT 2 の値が負圧から正圧に変化したことも崩壊警告時間を 30 分に設定した根拠となる。

4. 結論

- ① 山砂、関東ロームを用いた含水量のキャリブレーション試験の結果、体積含水率の予測値と実測値の誤差は許容範囲内で ADR 法の実用性は高い。
- ② 土壌カラム試験では、ADR および MT を併用することで、降雨浸潤・排水過程における土壌カラム内の含水量・サクシジョンのモニタリングが可能である。
- ③ 二層モデル斜面崩壊実験では、ADR および MT を併用することで、降雨を伴う斜面内の含水状態のモニタリング、斜面崩壊過程の様相をリアルタイムで検知可能である。

参考文献

[1] 下辺悟：土の含水量測定に関する ADR 法のキャリブレーションと実用性，平成 22 年度地盤工学研究発表会発表講演集，pp.707-708.