

H2-15

ADR - テンシオメータ併用法を用いた地盤防災のモニタリング検知技術に関する研究 A Study on Detection Technique for Monitoring of Ground Disaster Prevention by ADR-Tensiometer Methods

下辺 悟¹, 五内川 譲², ○金子 翔³Satoru Shimobe¹, Yuzuru Gonaikawa², * Tsubasa Kaneko³

Abstract: Our country is in fated land environment which many ground disasters happen. Recently, the damage by heavy rainfall is the great news. For ground disaster prevention, and mitigation against rainfall, the solution of generation mechanism for ground disaster is essential and 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国土環境にある。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 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。この値を二層モデル斜面崩壊実験など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 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]。

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、リアルタイム・モニタリングで計測した。

船橋校舎の実斜面における含水量・サクシオンの現場モニタリングでは 2010 年 11 月 3 日~2011 年 1 月 21 日を調査期間とし、調査地点は A、B、C とし、地表面から深さ 10cm、50cm の位置に ADR, MT を各々埋設した。

3. 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。

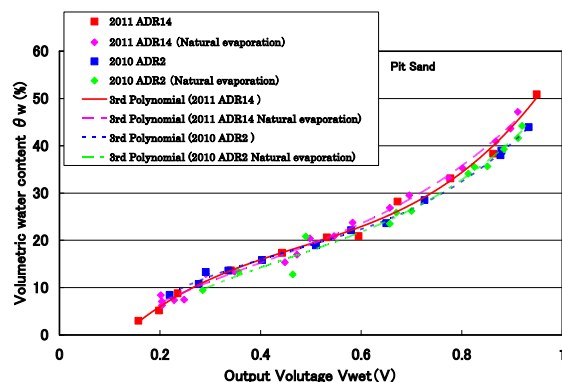


Figure 1. Relationship between output voltage and volumetric water content (Pit sand)

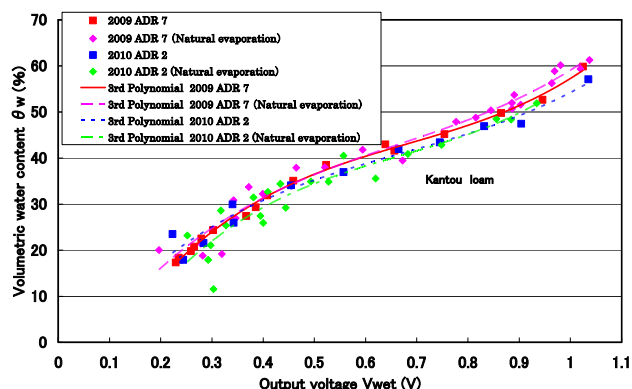


Figure 2. Relationship between output voltage and volumetric water content (Kanto loam)

1 : 日大理工・教員・交通 2 : 私立日本学園高等学校・教員 3 : 日大理工・院・交通

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.

(2) 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 に示す. その結果, 今回の実験では降雨開始 60 分後に部分崩壊開始, 120 分後に斜面先崩壊, 180 分後に斜面肩崩壊が起こった.

また, 小さな表層崩壊を順次繰り返していることから, 逐次表層崩壊の様相を呈している. それゆえ, ADR の値は表層から順に反応している. 特に斜面先付近の ADR 1 と ADR 2 に関しては, 降雨開始 120 分後の斜面先崩壊に先行して予測体積含水率が上昇していることがわかる. また, マトリックポテンシャルが正圧で安定したことや斜面表面の侵食が降雨開始 30 分後に始まったことから, この 30 分後を崩壊警告時間と設定した.

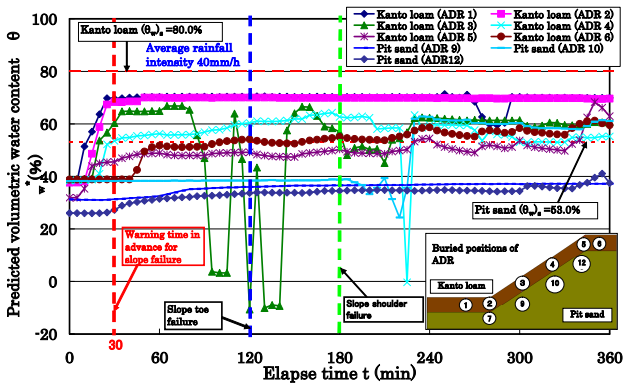


Figure 4. Relationship between elapsed time and predicted volumetric water content in slope failure test by rainfall

(3) 実斜面における含水量・サクシオンの現場モニタリング

Figure 5 に船橋校舎の実斜面における予測体積含水率 θ_w^* と日降雨量 R の変動, Figure 6 に実斜面におけるマトリックポテンシャル h_m と日降雨量 R の変動を示す. なお, 各種センサーのトラブルによってデータが収集できなかったプロット点が数箇所あった. これらの図から, 一般的に言われるように, 予測体積含水率およびサクシオンは無降雨状態では深層部分の方が大きいことがわかる. また, 降雨に反応して予測体積含水率やサクシオンは上昇し, 調査期間中最も多い降雨があった 12 月 3 日に ADR 5 の初期値からの θ_w^* の変化率は最大の 83.9% を記録した. 他の調査地点においても, 降雨時の表層部分の θ_w^* 値の変化率が大きいことから,

降雨による浸潤過程をモニタリングしていると言える. 一方, 無降雨状態では, 予測体積含水率は若干減少し, サクシオンは負圧方向に上昇していることから, 雨が排水されている様相が推測できる.

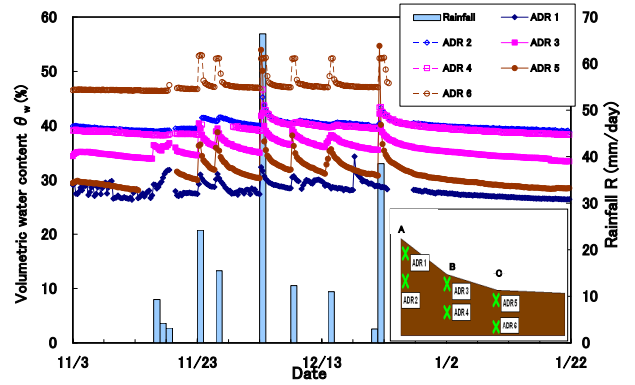


Figure 5. Relationship between rainfall and predicted volumetric water content

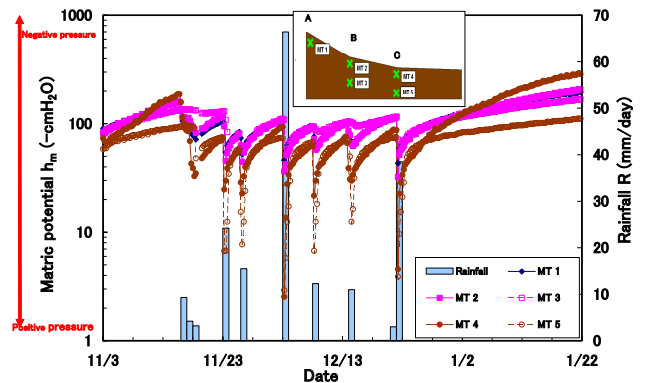


Figure 6. Relationship between rainfall and matric potential

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差異は許容範囲内で ADR 法の実用性は高い.
- ② 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量・サクシオンのモニタリング, 斜面崩壊過程の様相をリアルタイムで検知可能である.
- ③ ADR-テンシオメーター併用法を適用させることによって, 実斜面の含水量・サクシオンの現場モニタリングが可能である.

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, 2011