

H2-13

大型土壌カラムを用いた水分移動モニタリング手法に関する基礎的研究

Fundamental Study on Monitoring Technique of Water Movement Using Large-Sized Soil Column

下辺 悟¹, 横山 貴久²Satoru Shimobe¹, *Takahisa Yokoyama²

Abstract: It is basic and important to understand the whole image of water movement in ground among various the geoenvironmental problems. The present study places an emphasis on the development of real time - monitoring methodology in ground environment.

The outcomes of an experiment that monitored the simultaneous measurements of water content and suction by rainfall with the latest sensors, on the water movement of ground soil in the large soil column, are described here. As a result, this monitoring system is effective and practical to the detection of water movement and confirmed the presence of anisotropy of soil.

1. はじめに

現在, 地盤環境において地盤(土壌)汚染, 地盤災害・公害など様々な問題が挙げられ, 各方面で多くの取り組みがなされている。また, 実際の現場では地盤の性質や状態を十分に認知する必要があり, 地盤環境におけるプロファイリング手法の確立が急務である。本研究は簡便で迅速な ADR 法とテンシオメータ法を併用し, 大型土壌カラム試験によるモデル地盤環境の含水量・サクシジョンの同時モニタリング手法を検討したものである。

2. 試験装置および試験方法

ADR 土壌水分計(以下, ADR と略称する)は, 土の誘電率 ϵ をその出力電圧で求める装置である。当該試験を行う際には, 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体積含水率を求める。使用した試料は山砂, 関東ローム, 黒ぼくである。試料を供試体作成用モールドに詰め, 半動的締固めを行った後, 供試体に ADR ロッドを差し込み, 出力電圧の平均値を求める。その後, 炉乾燥法により体積含水率 θ_w と含水比 w の値を求め, キャリブレーションカーブを作成する^[1]。

上記 ADR 法の工学的応用として, 大型土壌カラム試験(内径 30cm, 高さ 32.1cm)では山砂の単層と, 千葉県船橋市付近の地層を想定した上層に関東ローム, 中・下層に山砂の二層を敷き詰め, 給水タンクからビューレットを通じての降雨浸潤試験を行った。浸潤・排水過程における土の含水状態の経時変化を ADR で, 土のマトリックポテンシャルの経時変化をマイクロ・テンシオメータ(以下, MT と略称する)をそれぞれ併用して測定する。単層カラム試験では中部と下部に, 二層カラム試験では上層と中層にそれぞれ 120°間隔の 3 方向に ADR と MT を各 3

本ずつ挿入した。なお, 降雨条件は単層, 二層ともに平均降雨強度約 20mm/h で行った。最初に連続降雨を 4 時間行い, 44 時間の排水を行う。その後, 「2 時間の降雨, 46 時間の排水」パターンを 3 サイクル繰り返し, 当該水分移動のモニタリングを行った。

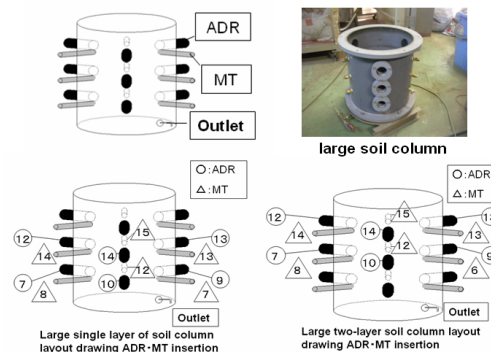


Photo 1. Schematic diagram of large soil column test

3. 試験の結果と考察

(1) ADR 法による含水量測定

山砂, 関東ローム, 黒ぼくによる ADR プローブを用いたキャリブレーション試験結果の一例を, 出力電圧 V_{wet} と体積含水率 θ_w の関係で Figure 1 に示す。

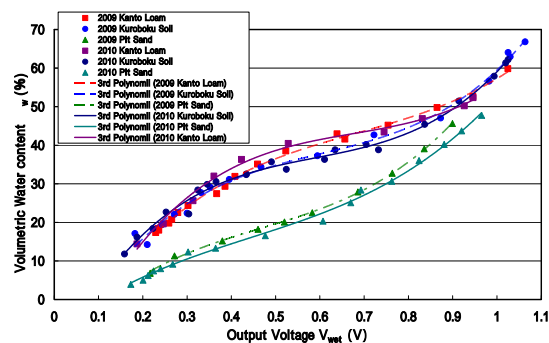


Figure 1. Relationship between output voltage and volumetric water content of soils

その結果, 3 試料ともに体積含水率の絶対誤差がほぼ $\pm 2\%$ 以内となり, ADR 法の実用性は高いといえる.

(2) 単層大型土壌カラム試験

山砂の単層大型土壌カラム試験における降雨浸潤・排水過程での経過時間 t と ADR 法による予測体積含水率 θ_w^* の関係を Figure 2 に示す.

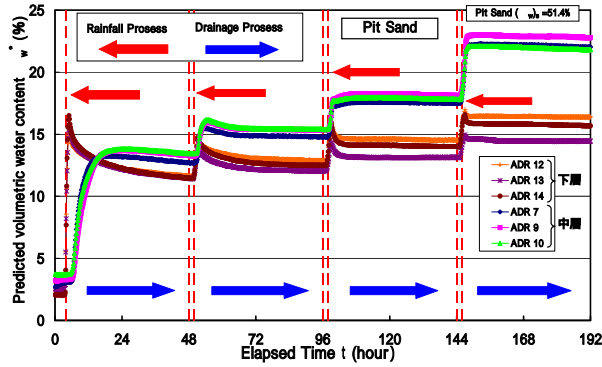


Figure 2. Relationship between elapsed time and predicted volumetric water content in single layer - large soil column test

Figure 2 より, 最初の降雨終了時に山砂の中部に挿入した ADR 12, 13, 14 の予測体積含水率 θ_w^* の値が上昇し, 排水を開始してから約 2 時間後に下部に挿入した ADR 7, 9, 10 の θ_w^* 値が上昇した. この後に降雨・排水過程を 3 回繰り返し, 中・下部で各々同様の傾向が見られ, 予測体積含水率は先行雨量の様相を呈しながら, 徐々に上昇していった. その際, 同じ深さで異なる角度に挿入した各 ADR の結果, 予測体積含水率の値に差異は最大約 3% で, θ_w^* の異方性はほぼないものと思われる. すなわち, θ_w^* の面内等方性が維持されている.

(3) 二層大型土壌カラム試験

関東ロームを上層に, 山砂を中・下層とした二層カラム試験における降雨浸潤・排水過程での経過時間 t と ADR 法による予測体積含水率 θ_w^* の関係を Figure 3 に示す. また, 経過時間 t と MT によるマトリックポテンシャル h_m との関係を Figure 4 に示す.

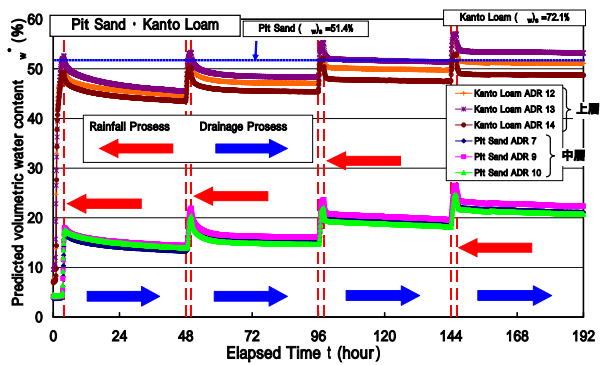


Figure 3. Relationship between elapsed time and predicted volumetric water content in large two-layer soil column test

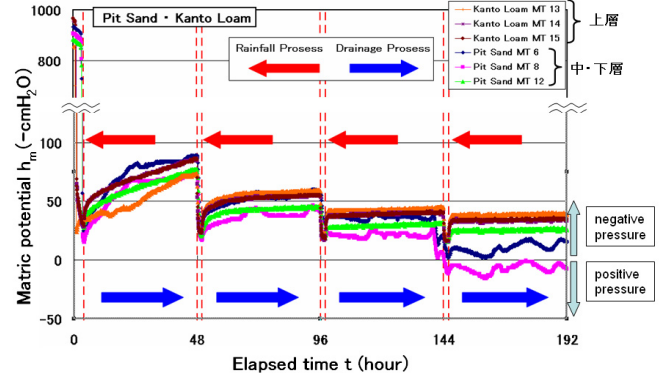


Figure 4. Relationship between elapsed time and matric potential in large two-layer of column test

Figure 3 より, 上層の関東ロームに挿入した ADR12, 13, 14 の予測体積含水率の値は降雨開始 1 時間後に上昇し, 中層の山砂に挿入した ADR 7, 9, 10 は降雨開始 3 時間以降に θ_w^* が上昇し始めた. この後 3 サイクル降雨・排水過程を繰り返したが, 中層の山砂では単層で行ったときと同様な傾向が見られた. しかし, 上層の関東ロームでは試験を始めた時と終盤を比較すると, プロブの挿入方向によって θ_w^* の差が徐々に開いていく傾向が見られた (最大約 5%). これは, 関東ロームが保水性や排水性に特異な性質を持っている団粒構造であるため, その挿入方向によって当該水分移動に差異が生じてしまった可能性があることから, 実証データの集積が待たれる.

Figure 4 より, 最初の降雨を始めて約 1 時間後に上層の関東ロームに挿入した MT 13, 14, 15 のマトリックポテンシャル h_m の値が降下し始めた. また, 中層の山砂に挿入した MT 6, 8, 12 も降雨開始約 3 時間後には h_m 値が降下し始めている. いずれにせよ, マトリックポテンシャルの値は降雨時に降下し, 排水過程で多少上昇する傾向が見られた.

4. 結論

ADR 法による山砂・関東ローム・黒ぼくの 3 試料土を用いた含水量キャリブレーション試験の結果から, 体積含水率の予測精度は絶対誤差で約 $\pm 2\%$ 以内であることから, ADR 法の実用性は高い.

大型土壌カラムを用いた降雨浸潤・排水試験において, 山砂は水分移動をする際に体積含水率の挙動は同一面内ではほぼ等方性が認められるが, 関東ロームでは水分移動に若干の面内異方性が見受けられる.

5. 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 年度地盤工学会発表講演集, pp. 707-708, 2010.