

室内模型地盤における水分移動モニタリング手法に関する基礎的検討

日本大学理工学部 正会員 下辺 悟
 日本大学大学院 学生会員 ○横山 貴久

1. はじめに

地盤環境の扱う主な分野に地盤（土壌）汚染、地盤災害・公害がある。本研究はその内の地盤汚染問題を中心に焦点をあて、まず手始めに、当該地盤環境における水分移動モニタリング手法の確立を目的としている。ここでは簡便・迅速な ADR 法とテンシオメータ法を併用し、土壌カラム試験や模型土槽に基づく地盤環境の含水量・サクシヨンの同時モニタリング手法について検討したものである。

2. 試験装置および試験方法

ADR プローブは、土の誘電率 ϵ をその出力電圧で求める装置である。事前に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¹⁾。使用した試料は山砂、関東ローム、黒ぼくである。試料を供試体作製用モールドに詰め、半動的締固めを行った後、供試体に ADR プローブを差し込み、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 の値を求め、キャリブレーションカーブを作製した²⁾。

上記 ADR 法の工学的応用として、土壌カラム試験（内径 20cm、高さ 73cm）では、上層土から下層土に対して黒ぼく、関東ローム、山砂の試料順に三層構成とし、人工降雨装置による降雨浸潤試験を行った。ここでは、浸潤・排水過程における土の含水状態の経時変化を ADR プローブで、土のサクシヨンの経時変化をマイクロ・テンシオメータと併用して測定した。なお、降雨条件は平均降雨強度 50mm/h、連続降雨を 4 時間行い、5 時間放置した。その後「2 時間の降雨、5 時間の排水」パターンを 3 サイクル繰り返した。

次に図-1 に示す室内模型地盤実験（土槽の寸法：縦 120cm、横 80cm、高さ 90cm）では、カラム試験と同様に ADR-テンシオメータ併用法の用い、山砂で締め

固めた地盤に降雨させ、事前に所定の位置に埋設した ADR プローブ (ADR) 10 本、マイクロ・テンシオメータ (MT) 8 本により含水量およびサクシヨンをリアルタイムでモニタリングし、水分移動を伴う地盤内の状態変化を計測した。降雨条件は約 20mm/h の降雨強度で降雨 4 時間、排水 5 時間とした。その後、「降雨 2 時間、排水 5 時間」のパターンを 3 サイクル繰り返し、合計 30 時間で行った。

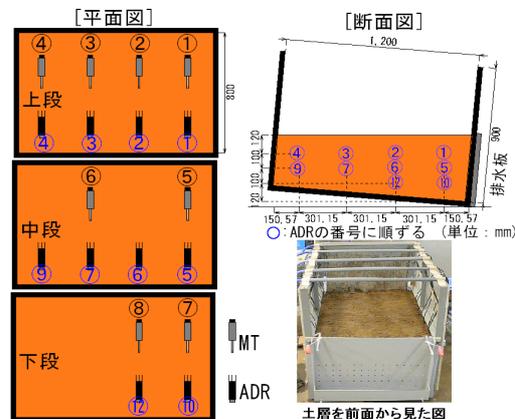


図-1 模型地盤における ADR、MT の配置図

3. 試験結果と考察

(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 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 の関係で図-2 に示す。その結果、3 試料ともに体積含水率の絶対誤差がほぼ $\pm 1\%$ 以内となり、ADR 法の実用性は高いといえる。

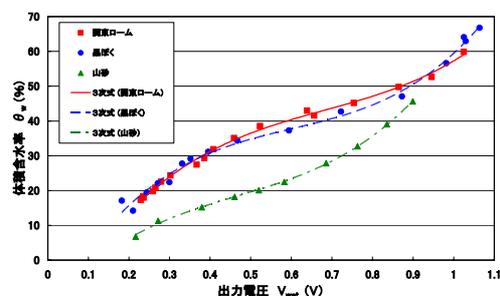


図-2 出力電圧と体積含水率の関係

キーワード モニタリング 水分移動 土壌カラム 室内模型地盤

連絡先 〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1 TEL 047-469-5241 FAX 047-469-2581

(2) 三層土壌カラム試験

三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 法に基づくキャリブレーションカーブによる予測体積含水率 θ_w^* の関係を図-3に示す。その結果、最初の降雨時にカラム上部(黒ぼく)のプロープ①から順に下部(山砂)のプロープ⑫まで予測体積含水率が上昇した。降雨終了後では各層の上部ほど θ_w^* 値が減少した。これは、排水過程では重力作用により下部ほど水が貯留されやすいためであると考えられる。

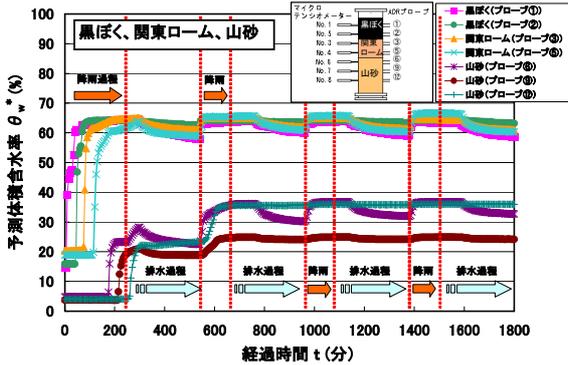


図-3 三層土壌カラム試験における降雨浸潤・排水過程での経過時間と予測体積含水率の関係

(3) 室内模型地盤における水分移動モニタリング

山砂の模型地盤における降雨浸潤過程での経過時間 t と ADR プロープによる予測体積含水率 θ_w^* の関係を図-4に示す。また、図-5は同過程における経過時間とマイクロ・テンシオメーターによるマトリックポテンシャル h_m の関係である。

その結果、図-4から最初の降雨時では、土槽上部に埋設した ADR プロープから体積含水率が上昇し、約 50 分後、下部の ADR プロープの体積含水率が上昇した。これは降雨が上部から下部にかけて浸潤し、水分が移動しているからだと考えられる。排水時では、各層プロープの下部に設置している ADR プロープの方が高い体積含水率を示している。これは排水過程において、下部になるほど水が貯留しやすいからだと思われる。

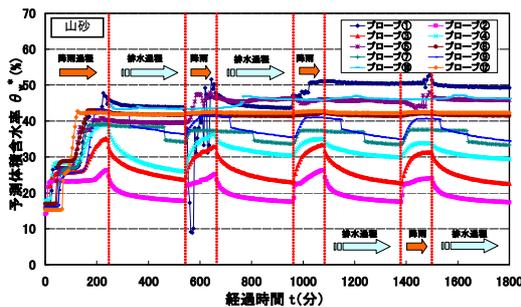


図-4 模型山砂地盤の降雨浸潤・排水過程における経過時間と予測体積含水率の関係

次に図-5より、最初の降雨開始後は土槽上部(MT No.1)から順に水分が移動し、マトリックポテンシャル(サクション)が低下していることがわかる。また降雨過程の終了間際には、下部(MT No.8)ほどマトリックポテンシャルが低い値を示している。これは山砂層の上部から移動した水分が、下部に溜まっているからだと考えられる。排水過程では、上部のマトリックポテンシャルは上昇するが、下部はそれほど上昇していないことがわかる。その後、降雨浸潤過程・排水過程を3回繰り返したが、いずれも同様の傾向が見られた。

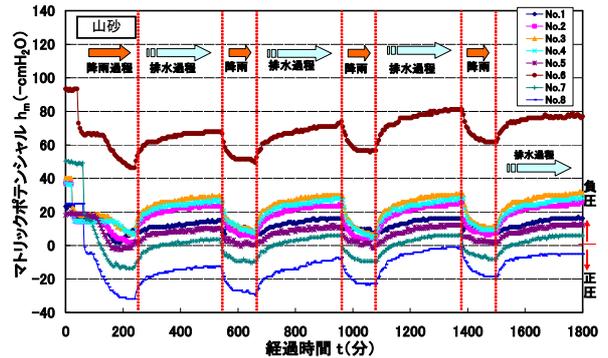


図-5 模型山砂地盤の降雨浸潤・排水過程における経過時間とマトリックポテンシャルの関係

4. 結論

- ① ADR 法による土の含水量キャリブレーション試験において、山砂・関東ローム・黒ぼくの3試料土を用いた結果、体積含水率の予測精度は絶対誤差で約 ± 1%以内であり、ADR 法の実用性は高い。
- ② 三層土壌カラム試験において、ADR プロープおよびマイクロ・テンシオメーターを併用した、降雨浸潤・排水過程における土壌カラム内の深度ごとの含水量・サクションのモニタリングが可能である。
- ③ 山砂の室内模型地盤での水分移動モニタリングにおいて、ADR プロープおよびマイクロ・テンシオメーターを併用した、降雨浸潤・排水過程における模型地盤内の水分移動のモニタリングが可能である。

参考文献

- 1) 野見山裕章：室内模型地盤における水分量・サクションのモニタリング、平成 19 年度日本大学理工学部社会交通工学科卒業論文、2008 年。
- 2) 土屋順輝，中津川真吾：室内模型地盤における水分移動のモニタリングに関する基礎的検討、平成 20 年度日本大学理工学部社会交通工学科卒業論文、2009 年。