

中央大学 学生会員 荒井隆俊

中央大学 正会員 國生剛治

1. はじめに

地盤内における汚染物質の移動現象や、豪雨時の斜面崩壊は、降雨により不飽和地盤に浸透した水の挙動に起因すると考えられる。不飽和地盤における雨水の浸透実験は、過去⁽¹⁾⁽²⁾にも数多く行われてきた。不飽和地盤での降雨浸透実験において、地盤内の水分分布は雨水の浸透形態を表す重要な要因である。しかし、時々刻々と変化する地盤内の水分分布は直接測定することが困難なため、ガンマー線や比抵抗を用いた間接的な計測方法が提案されている。本報告では今回新たに考案した比抵抗による体積含水率の計測方法を示し、実際に室内での降雨浸透模型実験を行い、その結果と問題点を示す。

2. 実験概要

降雨浸透実験において、供試体中の水分変化は、事前に行った要素実験により得られた関係を用いて、比抵抗の値から推定する。要素実験、降雨浸透実験には、それぞれ図1、2のような装置を用いた。要素実験は内径15cm、高さ15cmの亚克力円筒に、豊浦標準砂を初期含水比5~10%で均一に詰め、吸水・排水過程において、体積含水率と比抵抗、サクシジョンの関係を明らかにする。試料の吸水・排水方法は以下の手順で行った。吸水過程では、試料底面に水を接触させ、排水過程では容器の上部より空気圧をかけ排水を行う。その際、水の吸水・排水量は供試体を電子はかりに載せることで計測する。降雨浸透実験は内径15cm、高さ110cmの亚克力円筒に豊浦標準砂を均一に詰め、上部の降雨発生装置により一定量を連続的に給水させ、サクシジョンと比抵抗を測定する。実験は下部のコックより排水が開始された時点で終了とする。降雨発生装置の底には多数の穴を開けてあり、給水量は水位一定の状態、穴の数と底の上に敷くろ紙の枚数で調整する。本実験では豊浦標準砂の乾燥密度 $\rho_d = 1.36 \text{ g/cm}^3$ 、初期含水比8%、降雨強度230mm/hと設定した。

比抵抗の測定方法は、試料の上・下端の電流電極(ポーラストーンに銅製の金網75 μm メッシュを貼り付けたもの)より、一定の電流 I (約1mA)を試料に通電させ、試料に差し込まれている電位電極(銅棒: 間隔4cm)により電圧 V を測定し、以下の式より電位電極間での比抵抗 ρ を算出する。

$$\rho = \frac{V}{I} \times \frac{A}{L}$$

A : 通電面積 (供試体断面積)
 L : 通電間隔 (電位電極間の距離 4cm)

3. 実験結果

3. 1 要素実験

キーワード: 体積含水率 不飽和土 浸透 比抵抗

連絡先: 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部 TEL(03)-3817-1799

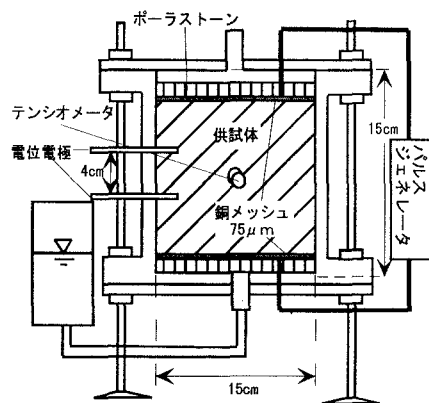


図1 要素実験装置

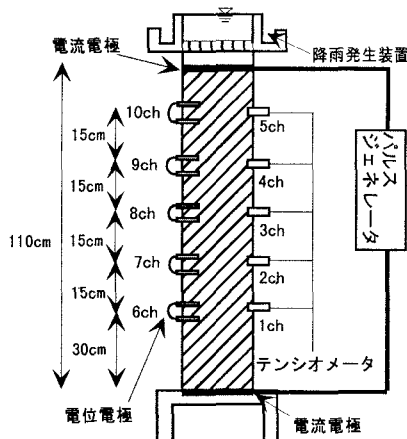


図2 降雨浸透実験装置

図3に密度を変化させた4種類の試料における水分特性曲線を示す。水分特性曲線は試験方法の違いにもかかわらず、既往の実験結果^③と大変類似し、不飽和土のサクシオン測定に十分な精度を得られている。

図4には密度を変化させた9種類の試料における、吸水過程での比抵抗と飽和度の関係を示した。比抵抗そのものはさまざまな実験条件に支配されるため、ここでは比抵抗の変化割合にのみ着目し、測定された比抵抗を試料が飽和した時点での比抵抗（最小値）で基準化した値を採用した。なお、縦軸に体積含水率でなく飽和度を用いる事で、試料の密度による影響を軽減することができる。図中には全プロットを回帰分析し最も相関の良い双曲線回帰式も示す。降雨浸透実験ではこの回帰式を、供試体中の体積含水率の推定式として用いることとする。

3. 2 降雨浸透実験

図5、6には実験により得られたサクシオンと体積含水率の時刻歴を示す。ここでの体積含水率は測定された比抵抗の値から、回帰式（図4中に示す）により算出した値である。吸水過程におけるサクシオンの挙動は、湿潤前線到達時に急激な減少を生じ、その後は一定値を示し正圧へと変化しない。この傾向は供試体の全ての位置で同様であり、湿潤前線到達後のサクシオンも全ての位置において同じ値を示している。また、体積含水率の挙動は、サクシオンの挙動と似ており、湿潤前線到達時に急激な増加を示すが、飽和状態には至らない。しかし、比抵抗が他の測点との相互作用の影響を受けるため、比抵抗により算出されたここでの体積含水率は、湿潤前線到達前の値の上下、到達時の過剰な上昇、もしくは到達後の減少の問題点を含み、正確な測定には至っていない。本実験では比抵抗の測定にこのような問題を残しているが、この2つの図より湿潤前線は試料を完全な飽和状態にはさせず、試料を以前より水分量の多い不飽和状態にし、ある一定のサクシオンを残しながら、下部へと浸透していくことがわかる。

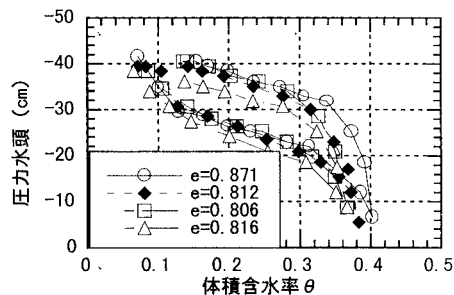


図3 水分特性曲線

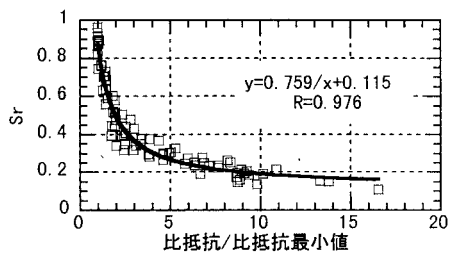


図4 比抵抗変化と飽和度

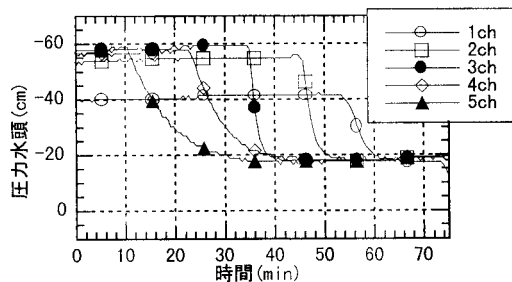


図5 サクシオン時刻歴

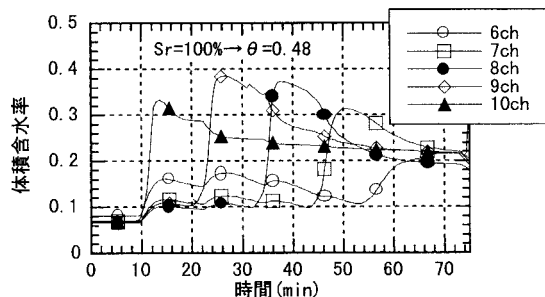


図6 体積含水率時刻歴

4. 結論

- 1) まだ完全な状態ではないが、新たな比抵抗測定方法を提案し、その適応性を示すことができた。
- 2) 湿潤前線は間隙内に空気を残存させた状態で、一定のサクシオンを残しながら下部に浸透していく。

参考文献

- (1) 青山千彰：不飽和砂質土の浸透特性に関する実験的研究，土木学会論文集，No307，pp59-69，1981 (2) 西垣誠：不飽和土の電気比抵抗特性と不飽和浸透計測への電気探査法の適用，土木学会論文集，No475，pp1-9，1993 (3) 河野伊一郎：浸透と地下水、土質工学ハンドブック、1982