

室内保水性試験と現地観測により得られた水分特性曲線について

応用地質 (株)	○関 英理香
高知大学教育研究部	笹原 克夫
中電技術コンサルタント (株)	岩田 直樹
(株) 荒谷建設コンサルタント	丸岡 雄一郎
復建調査設計 (株)	渡邊 聡
(株) 建設技術研究所	山部 哲
(株) ヒロコン	森本 耕司

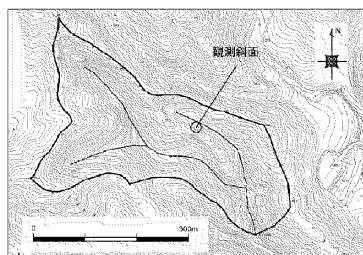


図 1 観測地の位置図

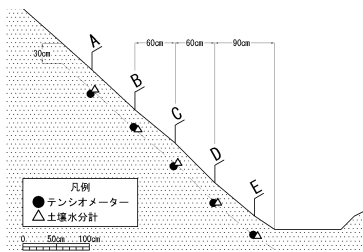


図 2 観測地縦断面図

1. はじめに

毎年梅雨や台風等の豪雨により、日本各地で山腹斜面の表層崩壊が頻発している。表層崩壊は斜面への雨水の浸透過程が多大な影響を及ぼすと言われており、雨水の挙動を把握することが、浸透流モデルや崩壊発生予測モデルの改善に繋がるとされている。

森林山腹斜面を構成する表土層の雨水の挙動は、土壌水分特性、すなわち土壌の保水性に大きく支配されると言われている¹⁾。土壌水分特性を把握するには、現地に測器を設置し観測する方法と、現地土壌サンプルを用いて室内において保水性試験を実施する方法がある。しかし、現地観測結果と保水性試験結果とは、必ずしも一致しないことが指摘されている²⁾。この原因として初期体積含水率や土壌の吸水速度が影響することを指摘する研究³⁾もある。

本研究では、加圧板法を改良して、試験中の水分の吸排水量が計測可能な試験装置を作成し保水性試験を実施した。その結果を用いて、保水性試験と現地観測で求めた水分特性曲線の違いの原因について、それぞれの計測時の体積含水率と土壌水分吸引水頭の変化速度の違いに着目して考察した。

2. 方法

2.1. 現地観測

観測地点は、1999年6月29日に斜面崩壊が多発した広島県廿日市市山間部に位置する溪流沿いの山腹斜面で、斜面は北向きで勾配45°程度を示す(図1)。近傍のトレンチ調査より、地表から深度5cmまでが落葉主体のA₀層、深度40cmまでが根系を含むA層、深度120cmまでが腐食に乏しいB層、それ以深で強風化広島型花崗岩のC層となる。

観測に用いた計器はテンシオメーターとFDR式土壌水分センサーであり、各計器を5断面×6深度分設置し、観測間隔は30分とした。本稿では保水性試験の供試体採取深度と対比するため、B、C、D断面の体積含水率と土壌水分吸引水頭のデータを解析に用いた(図2)。

2.2. 保水性試験

試験試料は、観測現場の表層0～30cmの土壌を用いた。保水性試験は加圧板法を改良した、連続载荷による試験を実施した。当該試験装置には、空気圧载荷装置と、供試体内にマイクロテンシオメーターが設置されており、それらで計測された空気圧と間隙水圧から供試体内の土壌水分吸引水頭が算出できる仕組みとなっている。加圧し排水過程が完了した供試体を、平均0.15kPa/分ずつ減圧し、土壌水分吸引水頭と排水量を10分毎に計測した。

2.3. 解析方法

生データを用いて変化速度を計算すると、ばらつきが大きく傾向がつかめなかった。そのため土壌水分吸引水頭が10cmH₂O以上の場合は10cmH₂O毎に、10cmH₂Oより小さい場合は1cmH₂O毎に計測値を抽出し土壌水分吸引水頭と体積含水率の変化速度を計算した。現地観測結果では、土壌水分特性曲線の傾きが変化する点を抽出し(図3)、傾斜変化点間における変化速度を計算した。さらに土壌水分特性曲線の傾きが、保水性試験より現地観測結果

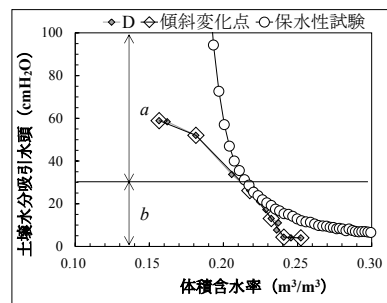
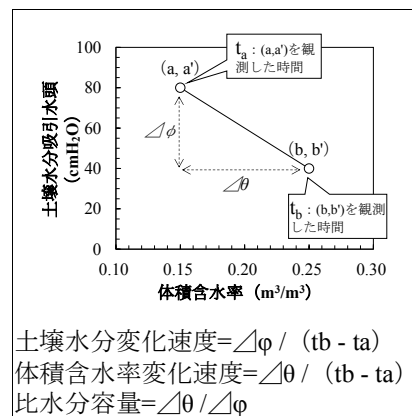


図 3 傾斜変化点抽出例



$$\begin{aligned} \text{土壌水分変化速度} &= \Delta\phi / (t_b - t_a) \\ \text{体積含水率変化速度} &= \Delta\theta / (t_b - t_a) \\ \text{比水分容量} &= \Delta\theta / \Delta\phi \end{aligned}$$

図 4 用語の定義

の方が小さい区間 (図 3 a) と、傾きが現地観測結果の方が大きいと同程度の区間 (図 3 b) で場合分けをし、体積含水率変化速度と比水分容量を求めた (図 4)。本稿では、吸水過程の結果を示す。

3. 結果と考察

3.1. 土壌水分特性曲線

現地観測と保水性試験から得られた土壌水分特性曲線を図 5 に示す。土壌水分吸引水頭が大きいほど、現地観測と保水性試験の体積含水率に開きが見られ、現地観測における体積含水率の値が小さくなる傾向が見られた。また、土壌水分吸引水頭が 0 cmH₂O に近づいても、現地観測の体積含水率の方が小さくなった。また、土壌水分吸引水頭約 25~70 cmH₂O (図 5 破線区間) で、保水性試験結果の曲線に比べ、現地観測結果の曲線の傾きが小さくなる傾向が見られた。

3.2. 吸水過程の体積含水率変化速度

保水性試験においては土壌水分吸引水頭が 10 cmH₂O 以下の範囲を除き、一様に $1 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m}^3/\text{min}$ 程度の値を取ることが確認された (図 6①②)。現地観測の体積含水率変化速度は、概ね保水性試験結果より小さい値を取った。しかし保水性試験より現地観測の水分特性曲線の傾きが小さい、土壌水分吸引水頭約 25 ~ 70 cmH₂O の区間で、保水性試験よりも現地観測が大きい体積含水率変化速度を取る傾向があった (図 6③)。

3.3. 比水分容量

体積含水率変化速度と同様に、土壌水分特性曲線の傾きが小さい土壌水分吸引水頭約 25 ~ 70 cmH₂O の区間で、保水性試験の比水分容量より現地観測の比水分容量の方が大きくなる傾向が見られた (図 6④⑤⑥)。そのため土壌水分特性曲線の傾きの違いは、体積含水率変化速度の影響が大きいと考えられる。

4. おわりに

今回の検討から、体積含水率変化速度が土壌水分特性曲線の勾配に影響する可能性が示唆された。保水性試験でも、体積含水率変化速度、つまりは吸水速度を変えると、土壌水分特性曲線の勾配が変わる可能性がある。

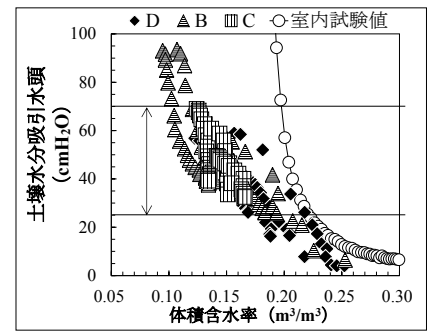


図 5 土壌水分特性曲線

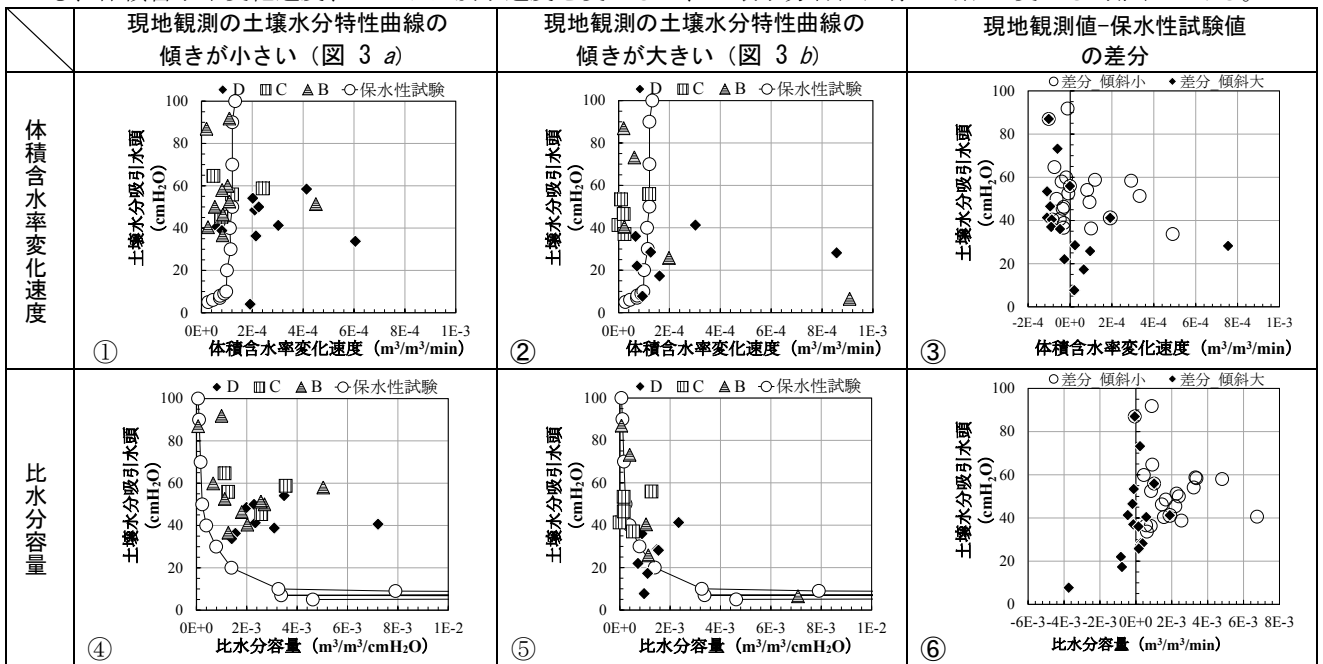


図 6 観測・試験結果から求めた土壌水分吸引水頭変化速度と体積含水率変化速度一覧

参考文献

- 1) 平松晋也・石川芳治・原 義文 (1994) : 山腹斜面を構成する土壌の水分特性が崩壊現象に及ぼす影響度評価, 新砂防, Vol.46, No.5, p. 3-10.
- 2) 梁 偉立・小杉賢一朗・林祐妃・水山高久(2006) : 雨水鉛直浸透に関わる土壌水分特性パラメータの特定手法に関する考察, 砂防学会誌, No. 3, Vol. 59, p. 3-12.
- 3) 小林公明, 片山弘憲, 丸岡雄一郎, 荒木義則, 中井真司, 小野秀史, 柳崎剛, 笹原克夫 (2010) : まさ土よりなる自然斜面中の土壌水分特性曲線の降雨強度依存性, 第 5 回土砂災害に関するシンポジウム論文集, pp.137~142.