

土壌水分特性曲線の吸水時と排水時のヒステリシス

(株)荒谷建設コンサルタント 高知大学農学部生産環境工学科 国土交通省中国地方整備局太田川河川事務所 (現九州地方整備局)	○片山弘憲、小林公明 笹原克夫 瀧口茂隆 小野秀史 荒木義則 中井真司
(株)エイトコンサルタント 中電技術コンサルタント(株) 復建調査設計(株)	

1. はじめに

斜面の崩壊発生には雨水浸透過程が多大な影響を及ぼすことが多い。そのため斜面崩壊予測のプロセスの中で、雨水の浸透予測は有効な手段となる。雨水の浸透をシミュレーションするため斜面土層の土壌水分特性パラメーターが一般的に用いられてきた。近年では、TDR 式水分計などの土壌の誘電率の計測に基づく手法が著しく進化し、テンシオメーターのデータと併用することによって、土壌サンプリングを行わずに土層の土壌水分特性を推定することが可能となっている。

本稿は、個々の斜面オーダーで唯一の土壌水分特性曲線を導くための基礎的研究として、山地斜面における現地計測データに基づき、 θ - ϕ 関係の特徴を分析するとともに、降雨イベント毎のヒステリシスの特徴について分析したものである。

2. 検討に用いた現地計測データ

本検討では現地計測データは、1999 年 6 月に土石流災害が発生した広島市佐伯区宮内地区に設置されたテンシオメーター、TDR を用い、それぞれの計器で 10 分間隔の体積含水率 (θ) とサクション (ϕ) が得られている。なお、本検討の対象としたのは表層から 30cm 地点に設置された観測計器であり、データ分析の対象期間は 2008 年 4~9 月の 6 ヶ月間とした。

3. 現地計測データ分析結果

対象期間中の全データの θ - ϕ 関係を示したところ、図-1 のような曲線が得られた。ここで特徴的なことは、比較的高いサクション領域では (概ね $\phi=100$ 以上)、ほぼ同一の θ - ϕ 曲線に乗っているのに対し、低サクション領域では θ の値にバラつきが生じている。図-1 は収集した全データを対象としていることから、対象期間中の複数の降雨イベントが混合したグラフを示している。すなわち同グラフ内に吸水、排水の 2 つの過程の曲線が描かれている。そこで、吸水過程と排水過程の θ - ϕ 関係の特性の違いを分析するため、それぞれの過程毎に値を分離し、土壌水分特性を分析することとした。

吸水過程と排水過程の分離にあたり、まず期間中の主な降雨イベントを抽出した。ここで抽出した降雨イベントは総雨量がおおよそ 20mm を超えるもので、かつ θ - ϕ 関係に正常な相関があるものに限定した (計器の不具合と考えられる異常データは棄却)。なお、抽出したイベント時の「吸水過程」と「排水過程」の定義は以下に示す通りとした。

○「吸水過程」・・・体積含水率 θ が基底状態から降雨による上昇を開始した時点～ θ がピークに達した時点

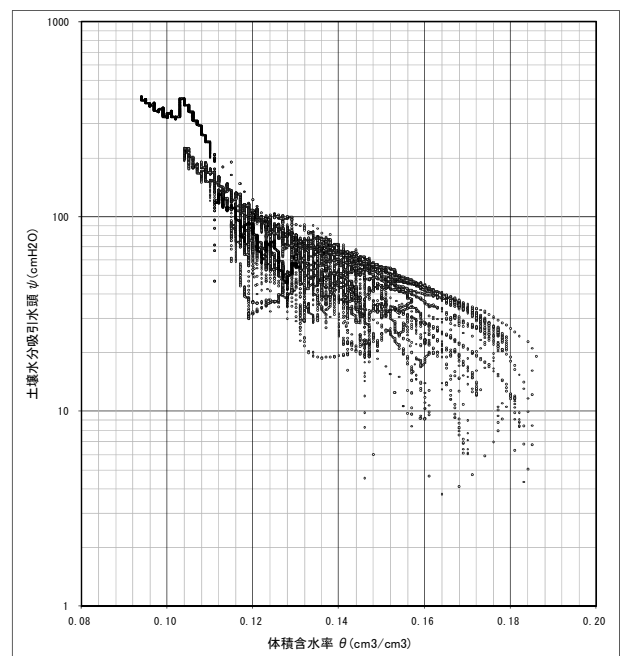


図-1 全観測データの θ - ϕ 曲線

○「排水過程」…上記「吸水過程」が終了した時点～次の吸水過程が開始する直前

吸水過程と排水過程とに分離した θ - ϕ 関係を図-2 に示した。なお、抽出した全イベント時の θ - ϕ 関係を同一グラフ上に示すと煩雑化するため、分析対象期間（2008 年 4～9 月）のうち各月の代表イベントに限定し、計 5 通りの曲線を代表例として示した（7 月は目立った降雨が無かったため対象外とした）。図-2 のマーキングの塗りつぶしが吸水過程、白抜きが排水過程の曲線を表している。代表例に示す通り、各降雨イベントでの吸水～排水過程で θ - ϕ 曲線は明瞭なループを描く結果が得られている。ただし、個別の曲線では、形状や傾きは降雨イベント毎に異なっていることがわかる。すなわち、対象期間中に発生する複数パターンの降雨状況により θ - ϕ 曲線は異なるヒステリシスを描き、吸水過程および排水過程のヒステリシスは必ずしも同一の主曲線を持たないと言える。

以上のように、ヒステリシスが複数出現することから、図-1 で示されるように低サクション領域ではグラフがバラつく結果となる。

なお、複数パターンのヒステリシスを描く要因の 1 つとしては、イベント毎の降雨特性の違いが関連していると考えられる。図-2 における降雨イベント時の総降雨量は表-1 に示すとおりである。このうち総降雨量が 26mm と最小となる 9/13 の降雨イベント時のヒステリシスは、図-2 中で最も左側（ θ が低い方）を通過する。ただし、その他のイベントについては、総降雨量と曲線の形状との明瞭な相関は認められず、総降雨量以外に、各イベント時の降雨強度の違いや、各イベント前の事前降雨とそれに起因する θ - ϕ 値が曲線形状を規制している可能性も考えられる。また、以上で抽出した θ - ϕ 曲線はいずれも走査曲線であると判断されるが、イベント毎で得られた吸水過程と排水過程の変換点が全て主吸水曲線上にあるか否かは不明瞭である。

4. おわりに

本検討で行った現地計測データ分析では、 θ - ϕ 曲線は降雨イベント毎に異なるヒステリシスを描き、吸水過程および排水過程の曲線のヒステリシスは必ずしも同一の主曲線を持たないことが分かった。また、同一のイベント時における吸水過程と排水過程の曲線はループを描き、それぞれの過程では異なる θ - ϕ 関係となることが示された。現地計測データから得られた θ - ϕ 曲線の特性を踏まえ、吸水過程の主曲線をいかに定量的に導くかは今後の課題である。また、降雨イベント毎に異なるヒステリシスを描くことに関し、今後、降雨特性との相関性等を含めて、その要因を分析していく必要があると考えている。

謝辞：本研究の実施にあたり、貴重な資料およびご助言をいただいた国土交通省中国地方整備局太田川河川事務所担当者の各位に深く御礼申し上げます。

参考文献 1)(社)地盤工学会(2006)：豪雨時における斜面崩壊のメカニズムおよび危険度予測

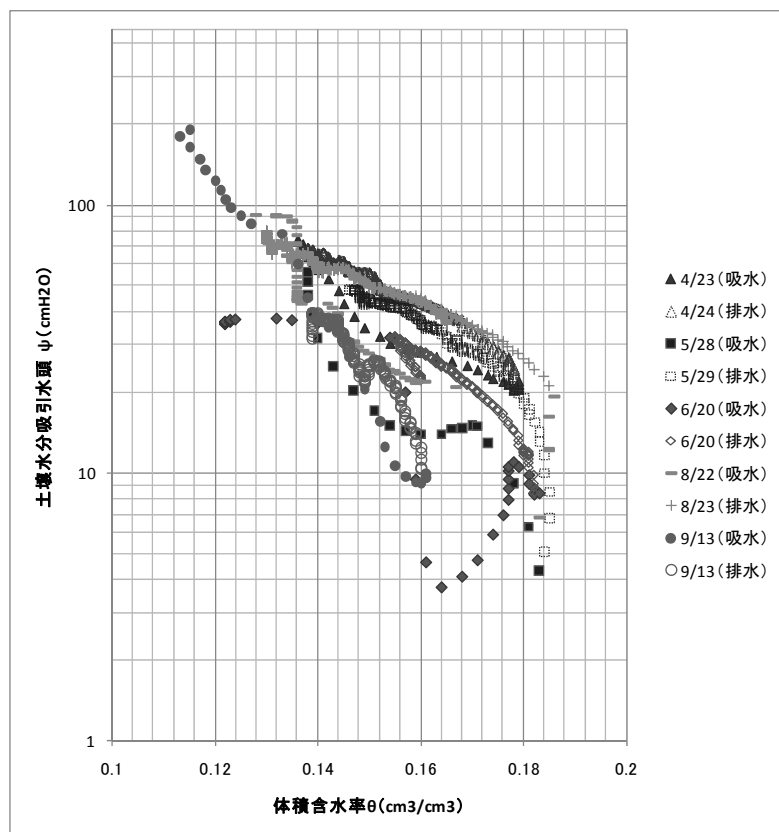


図-2 湿潤過程と乾燥過程との θ - ϕ 曲線の比較

表-1 代表降雨イベント時の総降雨量

降雨イベント	2008/4/23	2008/5/28	2008/6/20	2008/8/22	2008/9/13
総降雨量	59mm	73mm	58mm	70mm	26mm