

模型実験による降雨時の土中水分観測

J R 東日本 正会員 ○石黒 進也

東京大学大学院 正会員 Rolando.P.Orence

J R 東日本 正会員 島村 誠

1. はじめに

斜面における崩壊は降雨時に多く発生し、その要因の多くは降雨の斜面内への浸透と地下水位の上昇である。そこで現在当社では、土中水分等の現地観測を自然斜面と盛土を対象に行っている。そこでは降雨・土質などの条件が多種多様であるため、データ分析の際には基礎的なデータを用いることによって補完が可能であると考え、本研究では土中の降雨浸透の基礎的データを得るため、土壌水分センサー（ADR 法）を用いた模型実験により一次元の土中水分移動の状況を観測した。また今回の実験モデルを対象として浸透流解析を行いその検討も行った。ここにその実験概要と検討結果を報告する。

2. 実験概要

本研究で用いた実験土槽を図 - 1 に示す。この土槽は高さ 110cm、断面 40cm × 40cm、前背面がアクリル板になっており、散水時の浸潤状況を観察することができる。また、側面及び底面は鋼製であり、両側面底部には排水弁を設け常時排水できるようにした。そして底面から均等に排水を促すため、細礫で厚さ 3cm の排水層を施している。試料は斜面災害が発生しやすいといわれる飽和透水係数が 10^{-3} 前後となる 3 種類を用いた。その保水性試験結果を図 - 2、物性を表 - 1 に示す。また表 - 2 は実験条件を示し、試料、では土槽は高さ 100cm、相対密度 $D_r=50\%$ 、土壌水分センサを試料上面から深さ 20cm、60cm、100cm の各位置の断面中心に埋設した。また、試料 では、自然含水比の状態を試料高さ 50cm、土壌水分センサを 20cm、40cm、50cm の位置に埋設した。本実験は温度・湿度とも一定となる条件のもと室内において行った。試料、で Case1 を行う前には排水弁を閉じて散水し 10 時間及び 8 時間放置後に排水させ、土中水分の変化が安定してから実験を行った。また、Case2、3 では、初期体積含水率が Case1 とほぼ等しくなるようにしてから散水を行うようにして一連の実験を行った。

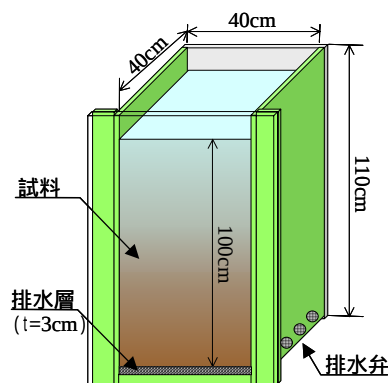


図 - 1 実験土槽

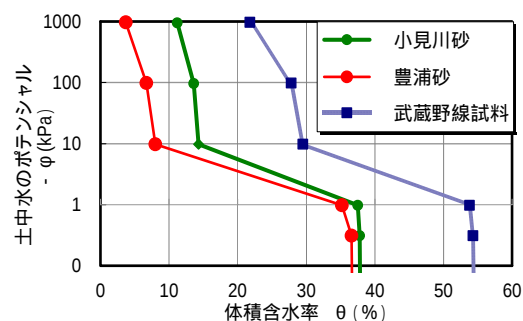


図 - 2 保水性試験結果

表 - 2 実験条件

No.	試料	散水ケース	降雨強度 R (mm/h)	降雨時間 T (時分)	試料高さ (cm)	土壌水分計 設置位置 (cm)	相対密度 (%)
	小見川砂	Case1	30	4:00	100	20 60 100	50
		Case2	45	2:40			
		Case3	60	2:00			
	豊浦砂	Case1	30	4:00			
		Case2	45	2:40			
		Case3	60	2:00			
	武蔵野線 試料	Case4	60	2:00	50	50,40,20	

表 - 1 試料の物性

	比重 G_s	乾燥密度 ρ_d g/cm ³	飽和透水係数 k cm/sec	飽和体積含水率 $\theta_{sat}\%$
小見川砂	2.67	1.41	7.55×10^{-3}	47.1
豊浦砂	2.65	1.48	2.04×10^{-2}	44.1
武蔵野線 試料	2.77	1.13	8.29×10^{-4}	59.2

キーワード 土中水分、土壌水分センサー、模型実験、降雨浸透

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町 2 丁目 0 番地 JR 東日本研究開発センター安全研究所 048-651-2668

3. 実験結果

全7ケースの実験のうち代表的な結果として、図-3に試料を用い降雨強度30mm/hの条件でのセンサーで測定された体積含水率と時間との変化を表す。散水を開始後、湿潤過程では降雨が浸透しセンサー位置まで浸潤線が達することにより20cmと60cmのセンサーの順で急激な応答があり体積含水率が上昇する。その後、散水が続いても一定の値となり変化しない。これは上方からの水の供給が続いても下方への排水量も一定となるため、センサー位置では不飽和での定常的な透水状態であることがわかる。そして、散水が終了すると排水過程へと移行し下方への排水のみが進み体積含水率が緩やかな勾配で低下していくことがわかる。

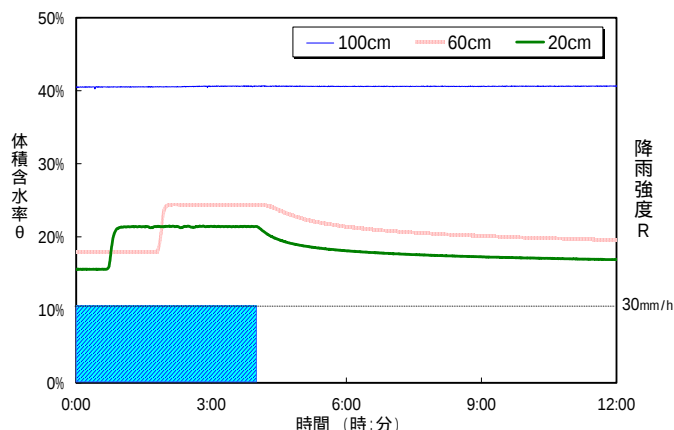


図-3 試料 Case 1 の体積含水率 θ の変化

また、降雨強度が大きくなると浸透速度も早くなるため湿潤時のセンサーが応答するまでの時間が短くなり、さらに湿潤応答後の体積含水率の一定値も大きくなることが実験からわかった。そして、実験に用いた試料の違いをみると保水性が大きいほど排水過程での体積含水率の変化が緩やかになり、排水時間も長くなる傾向があることもわかった。

4. 浸透流解析と実験結果の比較

実斜面で数多くのデータを観測するには多大なコストと労力を要し、また測定箇所1点の観測となるため、浸透問題を扱う場合の多くは2次元または3次元の浸透流解析によりシミュレーションを行う場合が多い。ここではその解析の傾向を把握するため実験モデルを対象とした2次元浸透流解析を行い、実験と解析の飽和度の変化を比較した。解析では実験に用いた試料の物性をパラメータとした。図-4～6に示すのは、試料 小見川砂、降雨強度30、45、60mm/hの20cmセンサーの実験測定値と解析値の飽和度の経時変化を比較するグラフである。まず解析では湿潤応答が散水と同時に実験より速く応答し、実験で見られたような不飽和での定常透水状態にはならなかった。さらに水分量を過大に評価していることがわかる。また排水応答は解析実験ともよくあっている。この傾向は、他の試料においても同様であった。浸透流解析ではこれらの傾向を考慮する必要があるといえる。

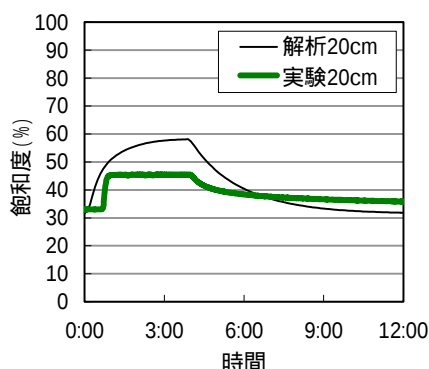


図-4 実験と解析の比較
(試料、R=30mm/h)

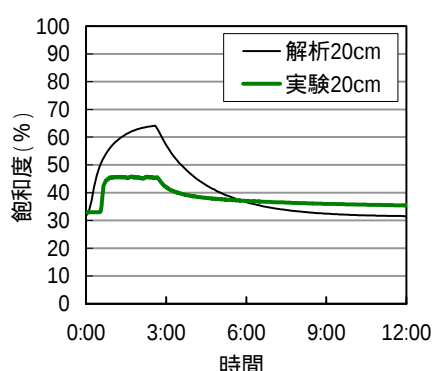


図-5 実験と解析の比較
(試料、R=45mm/h)

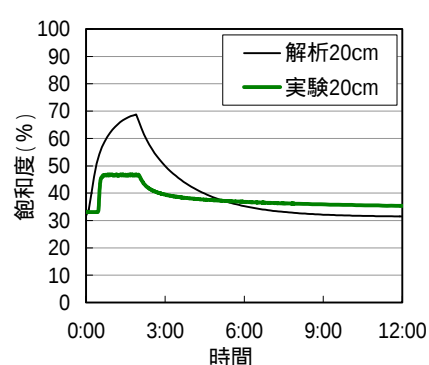


図-6 実験と解析の比較
(試料、R=60mm/h)

5. まとめ

試料・降雨強度を変え土壌水分センサーを用いた模型浸透実験を行い、降雨浸透による土中水分の経時変化を把握することができた。さらに実験と浸透流解析との比較を行いその傾向も把握することができた。