

降雨初期および降雨後を想定した土カラム通水実験による飽和度分布の変化

九州産業大学 学生会員 松延 秀虎
九州産業大学 正社員 林 泰弘
九州産業大学 正社員 松尾 雄治

1. はじめに

降雨による斜面崩壊が毎年のように発生していることから、降雨と地盤内への水の浸透を把握することで豪雨災害での被害低減に反映させることが重要である。北九州市では短時間での記録的な降雨で基盤層を覆う表土が崩壊した事例がある。

佐野ら¹⁾は降雨の斜面への浸透を確認するカラム通水実験を行うことで、給水初期から継続的な給水を受ける間の飽和度分布を経時的に調べた。本研究では、カラム通水実験で降雨初期の浸透速度における降雨強度の影響および降雨後経過期間の飽和度分布の変化を調べた。

2. 実験方法

図-1 にカラム通水装置の概要を示す。無限長斜面を想定し、基盤上を覆う表土層の一次元流れをモデル化して土カラムを作製した。一つのカラムは内径 5cm、高さ 10cm のアクリル製で、必要に応じて積み重ねることができる。

試料は太宰府産のまさ土を用いた。まさ土は北九州市の崩壊斜面にも多くみられる土質である。透水性を調整するため 0.075mm 以下を水で洗い流し、図-2 のような粒度分布で使用した。

供試体は、初期飽和度 30% に設定し含水比 5.32% に調整した試料を 10 段重ねたカラムに乾燥密度 1.800g/cm^3 となるように締め固めて作製した。この条件で透水係数を変水位透水試験で求めたところ $5.12 \times 10^{-3}(\text{m/s})$ であった。

実験は図-3 に示す 3 の過程を想定して行った。降雨初期を想定した実験（初期浸透過程）では給水速度を 40mm/h、70mm/h、100mm/h の 3 パターンで行い、下部から排水が始まった段階で試験を終了し飽和度を調べた。

降雨後を想定した実験（給水停止・放置過程）では

70mm/h で 15 時間給水し、給水停止後に放置時間ごとの飽和度を調べた。給水速度は北九州市での豪雨災害での実際の値を参考にした¹⁾。

3. 初期浸透過程

図-4 では各給水速度の給水開始後の浸透面の深さと経過時間を示している。カラム下部から排水が始まるまでの経過時間を用いて浸透速度を算出したところ、40mm/h では $9.26 \times 10^{-5}(\text{m/s})$ 、70mm/h では $1.28 \times 10^{-4}(\text{m/s})$ 、100mm/h では $1.67 \times 10^{-4}(\text{m/s})$ となった。不飽和浸透のため土粒子間の貯留にも水が消費され、給水速

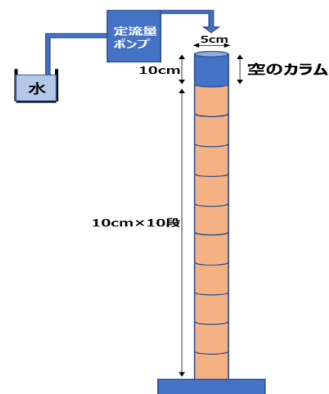


図-1 カラム通水装置の概要

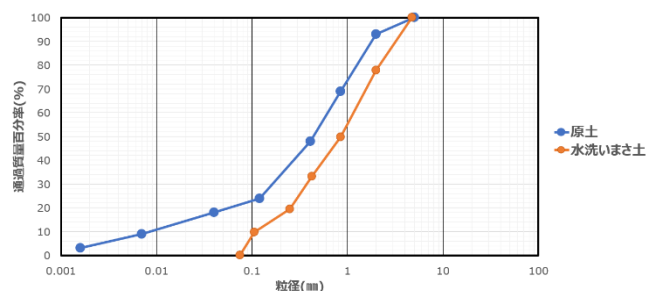


図-2 試料の粒径加積曲線

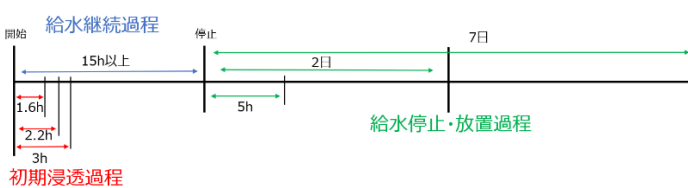


図-3 初期浸透から放置までの過程図

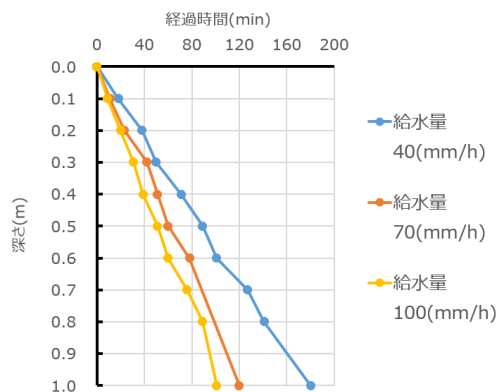


図-4 給水量ごとの経過時間

度への影響がみられた。

図-5 に給水終了後の飽和度分布を示す。飽和度は給水速度 40mm/h では約 60%、給水速度 70mm/h では約 88%まで上昇したが、給水速度 100mm/h では約 82%と若干低下した。また、給水速度 70mm/h で 15 時間の給水を行った場合にも飽和度は約 89%に留まったが、カラム 1 段ごとのばらつきは小さくなった。上部からの給水では給水速度を上げても飽和度は約 80%~90%までの上昇に留まると考えられる。

4. 給水停止・放置過程

給水速度 70mm/h で 15 時間以上給水した後に放置することで降雨後の飽和度分布を調べた。放置時間は 5 時間、2 日、1 週間の 3 パターンで実施した。図-6 が飽和度分布である。いずれも上下方向の差はみられず、5 時間放置後の飽和度は約 70%、2 日放置後では約 62%、1 週間放置後では約 43%となった。図-7 に放置経過時間と飽和度の関係を示すように 5 時間~1 週間では時間に比例して飽和度は下がっていくことが分かった。雨の中断時間が短い場合には、飽和度が高いままの状態であるため、降雨再開時に少量の降雨でも飽和度が再上昇する恐れがあるため、さらなる検討も行うべきだと考える。

5. まとめ

降雨初期を想定した実験（初期浸透過程）では、3 パターンの給水速度での経過時間、浸透速度、飽和度分布を把握することができた。また、70mm/h を超える給水速度であっても 3 時間ほどの短時間では土カラム内の飽和度は約 80%~90%までしか上昇しなかった。

降雨後を想定した実験（給水停止・放置過程）では、最大飽和状態からの 3 パターンの放置時間での飽和度分布を把握することができた。今後は、地盤の透水係数が違えば飽和度分布にも影響が出ると考えられるため異なる条件の考察を行いたい。

参考文献：1)佐野和宏ら：カラム通水実験における給水条件が土層の飽和度変化に及ぼす影響、令和 2 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集、pp371-372、2021.3

2)北九州市防災アドバイザー 玉田文吾：斜面崩壊と雨の降り方との関係ー福岡県北九州市・長崎県などにおける考察ー内部資料

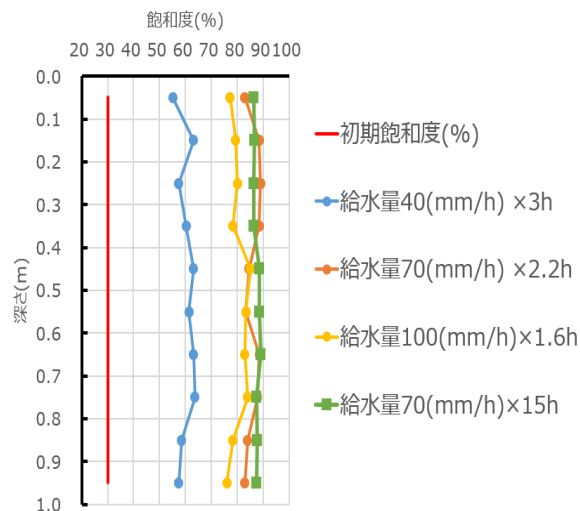


図-5 給水量ごとの飽和度分布

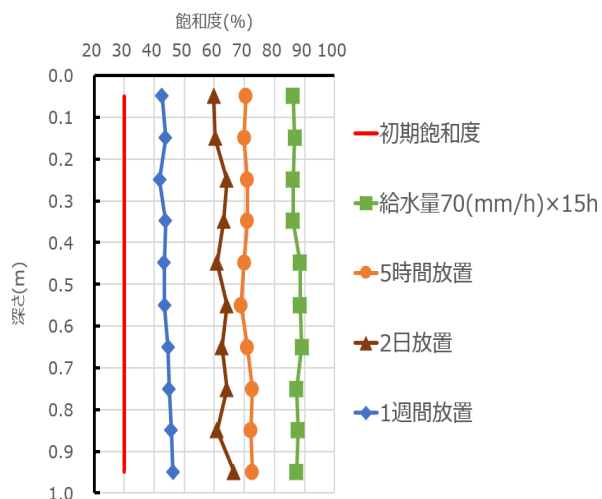


図-6 放置後の飽和度分布

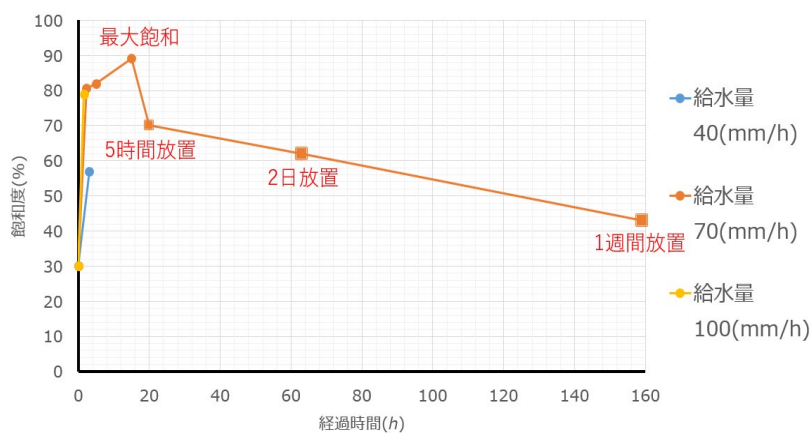


図-7 経過時間ごとの飽和度変化