

自然斜面を対象とした簡易浸透流解析手法の開発

広島大学大学院工学研究科 学生会員 ○丸田 亮
広島大学大学院工学研究院 正会員 土田 孝

1. はじめに

近年、局所的な豪雨等の増加に伴い、土砂災害も増加傾向にある。特に、広島県は全国最多となる約 32,000 箇所土砂災害危険箇所が存在し、2014 年 8 月には広島市内の住宅地背後の危険渓流によって大規模な災害が発生した。土砂災害による被害を軽減するためのソフト対策として、土砂災害警戒情報による危険性の周知が行われているが、現在の土砂災害警戒情報は各地域ブロックごとの雨量データと過去の災害履歴に基づいて危険度を設定する方法であり、個別の危険渓流ごとの危険度評価ではないという問題がある。本研究は現地調査により危険渓流・斜面ごとの地盤の物性値を取得し、それらをもとにモデル化した渓流ごとに、リアルタイムに提供される 10 分間隔の雨量データを用いてエクセル VBA により地盤内の水分状態を随時求めることを目的としている。求めた結果を安全率の算出等に用いることで、個別の危険渓流ごとにより精度の高い危険度評価を行うことを目指している。

2. 現地調査

現地調査では危険渓流・斜面における地盤の強度定数の測定、渓流の勾配測定、土試料のサンプリングを行い、サンプリングした試料は土粒子密度試験、透水試験に用いる。現地調査結果により危険渓流のモデル化を行うが、本研究では地盤の物性値を求めるための貫入試験に軽量動的コーン貫入試験を適用した。この試験は比較的機器が小型軽量で作業も容易であり、少人数・短時間で行えるため、数多く存在する危険渓流の調査に適しているといえる。

3. 簡易浸透流解析

広島県で公開されている雨量データ¹⁾をもとに、現地調査によりモデル化した危険渓流ごとに、浸透流解析を行い地盤内の水分状態の計算から地下水位を予測する簡易浸透解析法を考案した。本解析法では地表面から雨水が鉛直に浸透し、地下水位は基盤面からのみ形成されると仮定し、雨量データを取得する度に VG モデルにより降雨量に応じた透水係数から体積含水率を求めることで浸透量を計算する。この際に降雨量は雨量計のデータと同じ 10 分間隔で与える。由利²⁾の研究より降雨量が一定の場合には、鉛直方向の浸透速度と降雨量とが平衡状態になる平衡含水比帯が形成される。したがって、10 分間の降水量によって表層の体積含水率 θ_1 と透水係数 k_1 が決まり、動水勾配を 1 として浸透速度を計算した。一定の降雨が続く場合、降雨が一旦停止する場合、降雨量が前の 10 分間よりも大きくなる場合および降雨量が小さくなる場合の 4 パターンによる水分の浸透の仕方を設定し、これらのパターンを単位時間ごと繰り返すことにより地盤内の水分状態を求めた。

図-1 に一定降雨の降雨が続く場合の考え方のイメージを示す。一定降雨が続く場合、このように体積含水率

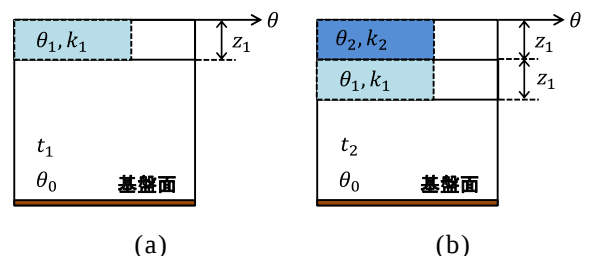


図-1 $r_1 = r_2$ 時の降雨浸透の考え方

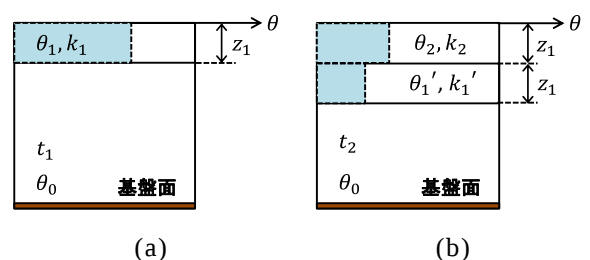


図-2 $r_2 = 0$ 時の降雨浸透の考え方

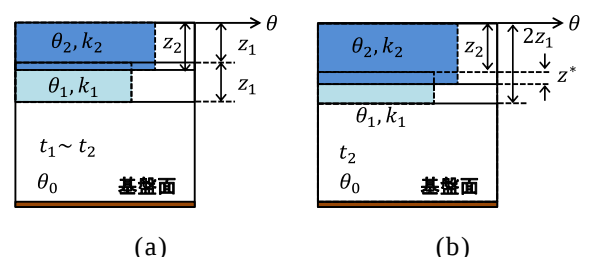


図-3 $r_1 < r_2$ 時の降雨浸透の考え方

θ_1 の層が浸透速度一定で基盤面に達するまで浸透していく。また図-2 に降雨が一旦止む場合の考え方のイメージを示す。図-1(a) から地盤内に新たな水分が供給されない場合は、図-1(a) の時間 t_1 における体積含水率 θ_1 の層の水分は次のステップである時間 t_2 においてすべて下層へ浸透せず、一定量を残留させながら浸透していくと仮定する。ここでは、残留率として不飽和浸透解析の汎用ソフトウェアである HYDRUS と計算結果を比較し一致度が良好な 60% を適用した。図-3 は降雨量が前の 10 分よりも増加する場合である。図-3(a) のように浸透速度の違いにより下層と上層で重なる部分が発生するため、図-3(b) のように重なった水分の分だけ下層の一部が上層と等しい体積含水率になるとして計算した。解析結果の妥当性を検討するため、2014 年 8 月 20 日未明に発生した広島土砂災害の時の被災地周辺の雨量観測局による雨量データを用いて、簡易浸透流解析、HYDRUS による解析を比較した。地盤の条件は、層厚 1.0m、飽和透水係数 $6.0 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ 、VG モデルのパラメータは $m=0.68$, $n=3.13$, $\alpha=0.04$ である。

図-4 に毘沙門台観測局の降雨と時間の関係を示す。図-5(a), (b) は広島市土砂災害時の毘沙門台観測局における雨量データを用いた場合の簡易浸透流解析と HYDRUS による解析の結果の比較を示す。図のように降雨が浸透する過程における簡易浸透流解析による地盤内の水分状態は、HYDRUS の解析結果と類似し、かつ水分状態の変化の傾向を表現できており計算結果が概ね妥当であるといえる。また、広島市土砂災害時の毘沙門台観測局における雨量データを用いた場合の簡易浸透流解析、HYDRUS による解析での地下水位の経時変化の比較を図-6 に示す。地下水位の高さは HYDRUS の結果よりもやや高いが、全体として簡易浸透流解析は浸透による土中水分状態の変化と地下水位上昇の傾向をほぼ表現できていると考えられる。

4. 結論

危険溪流ごとの現地調査による地盤の物性値から溪流のモデル化を行い、それをもとにエクセル VBA で計算するための簡易浸透流解析手法を考案した。2014 年 8 月 20 日未明に発生した広島土砂災害の時の被災地周辺の雨量データを用いて、簡易浸透流解析と不飽和浸透解析のソフトウェアである HYDRUS による結果を比較した結果、簡易浸透流解析は土中の水分状態の変化と地下水位の上昇傾向を概ね表現できた。

参考文献

- 1) 広島県防災 Web : <http://www.bousai.pref.hiroshima.jp/hdis/>
- 2) 由利厚樹：まさ土の土中水分変動に及ぼす降雨特性と地盤条件の影響，第 45 回地盤工学会研究発表会発表講演集，pp.165-166, 2010.

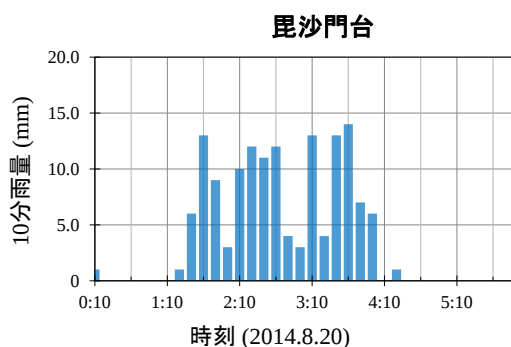


図-4 毘沙門台観測局の降雨時間関係

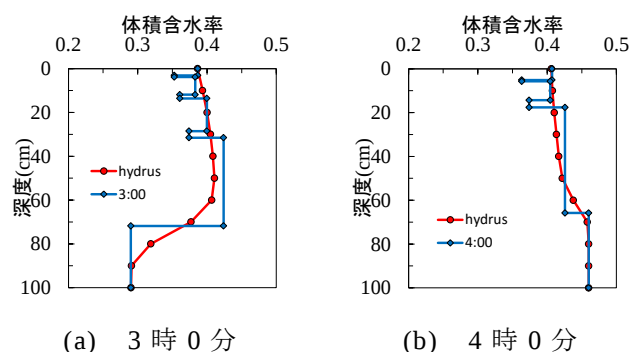


図-5 毘沙門台観測局の雨量データによる比較

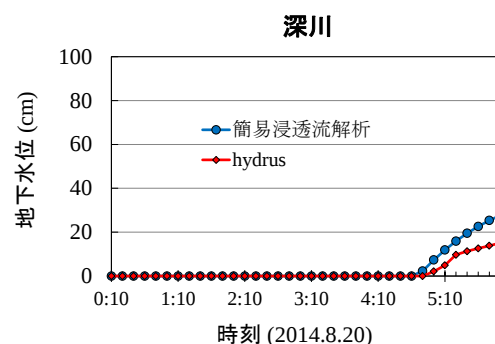


図-6 毘沙門台観測局の雨量データを用いた場合の地下水位の比較