

風化花崗岩山地におけるタンクモデルの構築に関する検討

国土交通省 中国地方整備局 太田川河川事務所 瀧口茂隆, 光井伸典
 独立行政法人 土木研究所土砂管理研究グループ 内田太郎
 中電技術コンサルタント(株) ○河井恵美, 倉本和正, 杉原成満, 荒木義則

1. はじめに

土砂災害警戒情報の発表・解除基準の降雨指標の1つである土壌雨量指数は、直列3段タンクモデルによって算出されるものである。タンクモデルは、各タンクがそれぞれ複数のパラメータを有し、それらが結合されているため、半減期のみをパラメータとする実効雨量に比べ、土中の水分状態を精度よく評価できる可能性が高いが、数多くのパラメータの適切な設定を行う必要がある。

これまで、流出量観測データを用い、実効雨量の半減期を同定し、土砂災害の発生予測精度向上を試みる研究が行われてきている¹⁾。実効雨量同様、流出量データを用いることにより、タンクモデルのパラメータも適切に同定できる可能性がある。しかし、パラメータが1つしかない実効雨量に比べ、タンクモデルの最適なパラメータの同定は技術的に困難な面があり、これまで十分な検討が行われていない。

そこで、本検討では、広島西部山系の風化花崗岩山地における流出量観測データに基づきタンクモデルのパラメータの同定を行った。パラメータの同定には、近年開発された大域的探索手法を用いた。その上で、土壌水分量観測データの評価を行い、流出量観測データを用いたタンクモデルのパラメータ同定の妥当性を検証した。

2. タンクモデル構築手法の概要

2.1 タンクモデルの概要

同定解析で対象とするタンクモデルは、土壌雨量指数の算出に用いている直列3段タンクモデル(図-1参照)とした。当該モデルにおいて同定すべきパラメータは、流出孔4($\alpha_1 \sim \alpha_4$)、流出孔位置4($L_1 \sim L_4$)、浸透孔3($\beta_1 \sim \beta_3$)および各タンク初期水位3($S_1 \sim S_3$)である(合計14定数)。

2.2 解析手法

タンクモデルのパラメータ同定解析には、探索出発点の良否に影響されず大域的な解が求められ、かつ探索効率がよい大域的探索手法として提案されているSCE-UA法(Shuffled Complex Evolution Method developed at the University of Arizona)^{2,3)}を用いた。

2.3 解析条件

最適解の探索範囲は、表-1に示すとおり0から土壌雨量指数を算出するために用いられている値の3倍の値とした(初期水位除く)。なお、初期水位については、十分な値として、一律100mmとした。

目的関数は、観測流出量 Q_0 と同定したパラメータを用

いた場合の計算流出量 Q_c の平均二乗誤差を最小とすることとした(式(1)参照)。

$$RMS = \frac{1}{N} \sum \sqrt{(Q_0 - Q_c)^2} \rightarrow \min \quad \text{式(1)}$$

RMS : 観測流出量と計算流出量の平均二乗誤差

N : データ数

Q_0 : 観測流出量

Q_c : 計算流出量

本検討では、広島成分山系宮内流域で観測された総雨量42~100mmの5つの降雨イベント時の観測流出量に対して同定解析を実施した。ここで、解析における収束判定は、計算回数が50,000回に達した時点とし、その時点で得られた解を最適解とした。

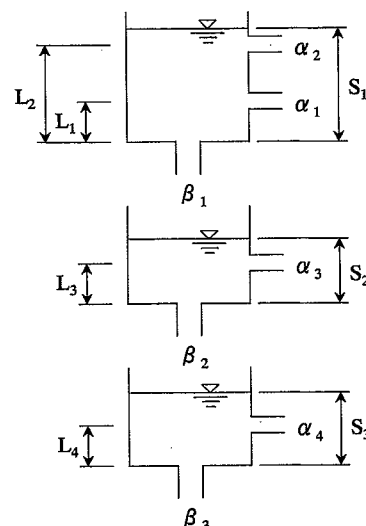


図-1 直列3段タンクモデル

表-1 最適解の探索範囲及び同定解析結果

パラメータ	探索範囲		同定解析 最適パラメータ	参考 気象庁使用モデル
	下限	上限		
α_1	0	0.3	0.0204	0.1
α_2	0	0.45	0.0971	0.15
α_3	0	0.15	0.0019	0.05
α_4	0	0.03	0.0041	0.01
L_1	0	45	12.2500	15
L_2	0	180	172.2400	60
L_3	0	45	45.0000	15
L_4	0	45	45.0000	15
β_1	0	0.36	0.3354	0.12
β_2	0	0.15	0.0324	0.05
β_3	0	0.03	0.0143	0.01
S_1	0	100	18.6400	-
S_2	0	100	14.4000	-
S_3	0	100	84.5300	-

※少数点以下第4位まで記載

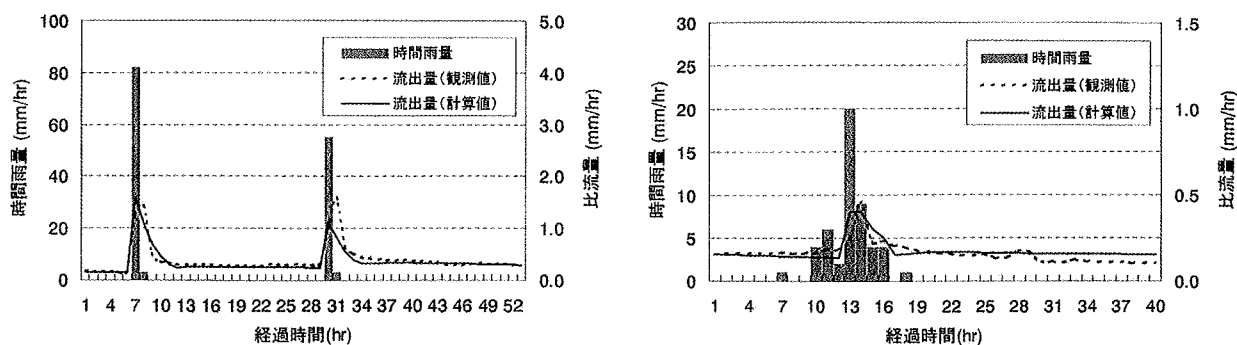


図-2 計算流出量と観測流出量の比較結果の一例

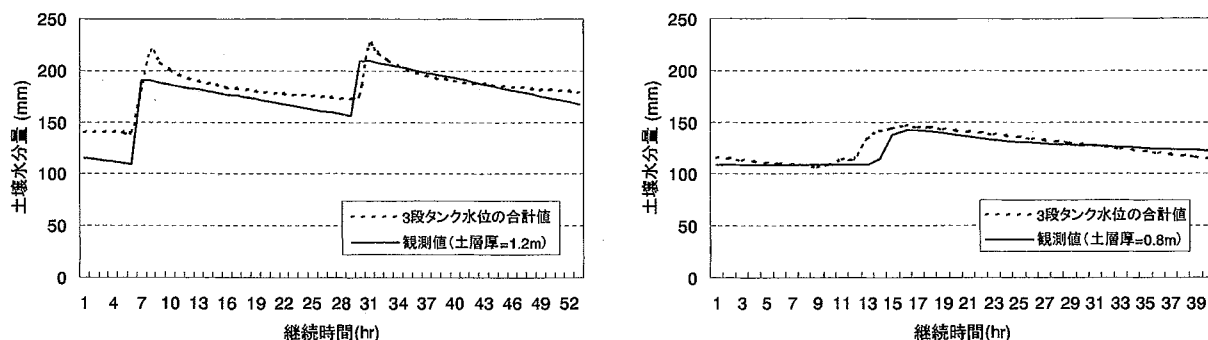


図-3 3段タンク水位の合計値と土壌水分量の比較結果の一例

3. 同定解析結果

同定された最適パラメータを表-1に示す。また、同定解析に用いた降雨における計算流出量と観測流出量との比較結果の一例を図-2に示す。

図より、計算流出量はピーク時の流出量が観測流出量と若干異なるものの、立ち上がりや減衰等、流出量の変動傾向は概ね一致している。

4. 土壌水分量の評価

構築したタンクモデルの妥当性を検証するため、構築したタンクモデルの3段タンク水位の合計値を算出し、体積含水率観測データより算出した土壌水分量との比較を行った。体積含水率の観測データは、パラメータの同定に用いた流出量の観測が行われた宮内流域の斜面の深度35cmにおいて、TDR土壌水分計を用いて観測したものである。ここで、土壌水分量は、体積含水率が土層内で一定とし、その値に土層厚を乗じて算出した。なお、土層厚は、3段タンク水位の合計値に一致するように試行錯誤的に求め、ここでは図中左の降雨では1.2m、図中右の降雨では0.8mとした。3段タンク水位の合計値と土壌水分量との比較結果の一例を図-3に示す。

図より、設定した土層厚は異なるものの、3段タンク水位の合計値と土壌水分量の変動傾向は、両降雨とも概ね一致している。

このことから、土壌水分量の算出における土層厚の設定に関する課題はあるものの、降雨と流出量を用いた同定解析を行うことにより、土壌水分量も概ね適切に評価

できるタンクモデルのパラメータ同定が可能であると言える。

5. おわりに

流出量観測データを対象に、タンクモデルのパラメータの同定解析を行うことにより、構築したタンクモデルは、土壌水分量の変動をよく表現していた。このことから、流出量観測データを用いて、タンクモデルのパラメータの同定を行うことにより、土砂災害の危険度評価の精度を向上できる可能性があると考えられる。

今後は、さらにデータの蓄積を行い、本検討でタンクモデルのパラメータの同定解析に用いた降雨よりも大きな降雨や長期間の降雨についても再現性の高いタンクモデルの構築を行うことが必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 恩田裕一・辻村真貴・田中高志・笹木浩二・水山高久・内田太郎・田井中治・田中秀夫：降雨流出特性を用いた土石流警戒避難基準の策定法の検討。砂防学会誌，58(5)，13-17，2006。
- 2) Duan, Q., Sorooshian, S. and Gupta, V. K. : Effective and Efficient Global Optimization for Conceptual Rainfall-Runoff Models, Water Resources Research, Vol. 28, No.4, pp.1015-1031, 1992.
- 3) 倉本和正，杉原成満，荒木義則：大域的探索によるタンクモデルパラメータの同定手法に関する一考察，平成18年度 砂防学会研究発表会概要集，pp.194-195 2006。