分布型流出解析法を用いた土砂災害予測に関する研究

いであ(株)大阪支社 正会員 〇田中 雄介 鳥取大学大学院 正会員 檜谷 治 広島市 非会員 若島友里恵 鳥取大学大学院 正会員 梶川 勇樹

1. はじめに

近年,異常気象による集中豪雨などで土砂災害は毎年 1000 件以上も発生しており,我が国では対策として土砂災害警戒情報を発令している.しかしながら,土砂災害箇所を正確に予測することは,従来のタンクモデルを用いた予測手法¹⁾では困難である.人命に関わる被害を減らすためには,今まで以上に正確な崩壊位置を予測できる手法を構築し,警戒情報の空振りを減らして発表精度を高め,住民の避難意識を向上させる必要がある.そこで,本研究では,土砂災害のうち「急傾斜地崩壊」を対象として,分布型流出解析法²⁾を用いた急傾斜地崩壊の予測手法について検討した.

本研究では、山口県中部に位置する佐波川流域(図-1)を対象とした.まず、分布型流出解析モデル²⁾を 用いて 2009 年 7 月洪水を再現し、パラメータの同定を 行った.そして、本解析モデルによる土砂災害予測手 法を提案し、従来のタンクモデル法との比較から、本 手法の有用性について考察した.

2. 流出解析モデルについて

急傾斜地崩壊の危険予測には、土砂災害発生目安の 1 つの指標である、土壌雨量指数による評価方法が挙 げられる.現在、気象庁ではタンクモデル法により土 壌雨量指数を計算し、災害危険度を評価している¹⁾. しかしながら、タンクモデル法での予測は、予想範囲 が1kmメッシュ単位であり詳細ではないこと、パラメ ータが全国一律であるため、地域ごとの地形パラメー タを考慮できない点が問題として挙げられる.将来的 には地下水分量をより詳細な範囲で、かつすばやく定 量的に予測できる方法の開発が必要である.

そこで本研究では、分布型流出解析法²⁾を用いて、 斜面内における地下水量の推定を試みた.まず、10m メッシュの数値標高モデル(Digital Elevation Model) を用いて、対象流域のモデル化した.本研究では、図 -2 に示すように、各小流域を斜面部と河道部に分け、 さらに表面流出・中間流出・地下水流出を再現するた め、地下を3層構造として取扱った.そして、支川の 合流点に着目して各小流域を連結することにより全流 域を表現した.

図-3 に、小流域に分割した佐波川流域を示す.ただし、図は流量観測所の位置から解析可能な範囲のもののみを示している.表-1 に、図-3 に示される 5 流域について、2009 年 7 月の中国・九州北部豪雨を対象に決



図-3 分割した佐波川流域

定した流出パラメータをそれぞれ示す.降雨には,7 月の1ヶ月間の解析雨量とティーセン雨量データを使 用した.計算結果の代表として,流域①の結果を図-4 に示す.比較した流量は,流域①下流に位置する新橋 の観測流量である.洪水波形はほぼ一致しており,ピ ーク流量,総流量に関しても再現できている.したが って,地下水量解析で用いるモデルとしては十分な精 度であると考えられる.

<u>3. 急傾斜地崩壊予測に関するとタンクモデルと本予</u> 測手法との比較

ここでは、2章で構築した流出解析モデルを使用し、 土砂災害(急傾斜地崩壊)に関する予測手法について 提案する.そして、2009年7月の中国・九州北部豪雨 時に、佐波川流域で実際に発生した土砂災害を対象と して、従来のタンクモデル法と本予測手法による結果 の違いについて検討する.

まず、本分布型流出解析モデルを用いた土砂災害予 測手法について説明する.まず、図-5 に示すように、 各小流域における斜面を傾斜方向に約 10m 間隔で分 割し、各層の地下水位を平均化する.そして、第1層 および第2層の地下水位の和(mm)を警戒基準の指 標として用いることとした.第3層の地下水位につい ては、どの流域でもほとんど変動がなく、常に満水に 近い状態であったため考慮しないこととした

結果として、まず、図-6 にタンクモデル法による計 算結果を示す.ここで、タンクモデルにおける諸パラ メータについては、気象庁のものと同様とした¹⁾.図 -6上に示すグラフは、土砂災害が発生した7月21日 12:00における小流域毎のピーク土壌雨量指数を示し ている.また、実際に崩壊が発生した小流域1~5 につ いては、赤い棒グラフで示している.図-6下は、土壌 雨量指数に階級を付けて色分けし、各小流域に対応す るセルを着色したものである.

表-1 分割した流域毎の流出パラメータ

流出パラメータ		流域①	流域②	流域③	流域④	流域⑤
粗度係数	斜面	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	河道	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
透水係数 (m/s)	第1層	1.00×10^{-2}	1.50 × 10 ⁻²	1.80 × 10 ⁻²	2.30×10^{-2}	1.30 × 10 ⁻²
	第2層	1.00×10^{-4}	2.00×10^{-5}	3.00×10^{-4}	6.00×10^{-4}	3.80 × 10 ⁻⁴
	第3層	1.00 × 10 ⁻⁵	1.00 × 10 ⁻⁷	5.00 × 10 ⁻⁵	5.00 × 10 ⁻⁵	8.00 × 10 ⁻⁵
浸透能 (mm/hr)	第1層	36	180	23.4	36	180
	第2層	1.8	18	0.126	0.007	0.72
	第3層	1	1	0.01	0.004	0.01
	第4層	0.3	0.2	0.001	0.001	0.001
層厚(m)	第1層	0.52	0.20	0.32	0.40	0.30
	第2層	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	第3層	2 00	2 00	2 00	2 00	2 00



図-5 解析モデルの地下水計算のイメージ図

図-6上を見ると、小流域毎に降雨が異なるにもかかわらず、土壌雨量指数は全小流域でほぼ同様の値となっていることが分かる.また、気象庁が1kmメッシュ毎に定めている警戒土壌雨量指数を用いて、全流域共通 136mm として予測判定を行った場合、全ての小流域でピーク土壌雨量指数が警戒基準を上回っている. つまり、現状のタンクモデル法では、詳細な災害発生個所の推定が困難であることが分かる.災害予測精度を求めると、全34流域で基準を上回り、そのうち実際に崩壊が発生した流域が5流域であるため、災害捕捉率は100%、災害発生率が14.7%、予測空振り率が85.3%となった.

図-7 に、本予測手法による結果を示す.図-7 上は、地下水量がピークを示した時の、各小流域における 第1層および第2層の平均地下水位の和を示している(空隙率0.35を乗じると単位面積当たりの正味の表層 にある地下水量を表す).ここで、地下水量がピークとなった時刻は、タンクモデルと同様、土砂災害が一斉 に発生した7月21日12:00であった. 図-7下は,地 下水位に階級を付けて色分けし,図-6下同様,各小流 域に対応するセルを着色したものである.

図-7上を見ると、タンクモデル法による土壌雨量指数とは異なり、小流域毎に地下水位が異なっていることが分かる.さらに、各小流域の右岸・左岸でも違いが表れている.つまり、分布型の流出解析モデルを使用すれば、小流域毎の地下水量の違いを明確に把握することができる.また、実際に崩壊が発生した小流域1~5の地下水位を参考に、警戒基準として地下水位800mm(空隙率0.35を乗じた正味の地下水量は280mm)を設定した場合、災害捕捉率は100%、災害発生率が33.3%、予測空振り率が66.7%となった.タンクモデルによる予測手法と比較すると、予測空振り率は18.6%軽減することができた.

<u>4. おわりに</u>

本研究では、2009年7月の中国・九州北部豪雨によ る佐波川流域での土砂災害を対象に、分布型流出解析 を用いた急傾斜地崩壊の予測手法について検討した. また、従来のタンクモデルによる手法との比較検討を 行った.その結果、分布型流出モデルはタンクモデル 法よりも、小流域毎の地下水量の違いをより明確に表 現可能であることが分かった.また、本手法により、 土砂災害の予測精度を高めることが可能であることが 示された.

【参考文献】1) 気象庁 HP:http://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/bosai/dojoshisu.html, 2014年4月1日参照.

2) J. Huang, O. Hinokidani, H.Yasuda and Y. Kajikawa: Study on Characteristics of the Surface Flow of the Upstream Region in Loess Plateau, 土木学会水工学論文 集, 第 52 巻, 2008.





