

土砂災害における実効雨量と土壌雨量指数を用いた降雨指標の比較

信州大学大学院 学生員 ○徳田晴香
信州大学工学部 正会員 大上俊之
信州大学工学部 正会員 小山 茂

1. はじめに

日本列島は急峻な山岳地形と脆弱な地質といった地理的特徴を有しており、降雨によって土砂災害発生の危険性を有する斜面が広く分布している。このことから、降雨を誘因とする土砂災害の危険性を求めるためのモデル開発が進められている。土砂災害に関して、これまでも実況の雨量に対する災害発生危険度の表現方法に関する研究、集水度に関する研究等、様々な研究が行われている。

長野県における土砂災害の危険箇所数は全国でも上位であり、過去多くの災害を被ってきている。長野県の土砂災害警戒情報の発表基準として用いられている土砂災害発生危険基準線(CL)は、以前は降雨指標として72時間半減期実効雨量を用いて設定されていたが、2006年より土壌雨量指数の手法に変換し、気象台との連携案方式を採用している。

本研究では長野県下の事例より、過去に発生した土砂災害から72時間半減期実効雨量と土壌雨量指数の2つの降雨指標を比較検討し、CLの設定にどのような違いが出るかを検討する。

2. 研究に用いる情報

本研究で対象とする土砂災害は、表層崩壊である土石流、がけ崩れとし、地下水の影響が強い地すべりは対象外とする。

解析にあたっては、以下に示す土砂災害情報、地質情報、降水情報のデータを用いた。

(1) 土砂災害情報

長野県における2004年から2011年までの7年間の土砂災害データを土砂災害情報として利用した。このデータは、土石流、がけ崩れ等の災害現象の種別、場所、規模、推定発生時刻を記載したものである。この7年間に長野県で発生した土砂災害は350箇所であり、その中で上記全てが記録されていた154箇所の災害事例を対象に検討を行った。

(2) 地形情報

国土地理院発行の数値地図標高50mメッシュ¹⁾のDEMデータを用いて、長野県全域について起伏、曲率、傾斜度を算出し、これらを地形情報とした。

(3) 地質情報

数値地質図幅集²⁾を利用し地質分類を行った。地質年代別では、第四紀層と新第三紀層が全崩壊箇所の大半を占めており、土石流崩壊地域で22%、43%、崖崩れ崩壊で46%、37%であった。地質構造では、花こう岩、流紋岩、凝灰岩、火山灰などの火山岩を含む地質での崩壊が多くみられ、全体の60%であった。

(4) 降水情報

気象統計情報(気象庁)から長野県内の降水データを取得し、降水情報とした。

3. 雨量解析

ティーセン法を用いて、長野県全域を長野、松本、諏訪、軽井沢、飯田の5地区に区分し、それぞれの地区において、各雨量観測所の雨量データをIDW法によって内挿補間し、土砂災害地点における降水量を算出する。各地区内の雨量観測所の数はそれぞれ、長野12箇所、松本7箇所、諏訪8箇所、軽井沢3箇所、飯田12箇所である。

(1) 72時間半減期実効雨量の算出

土砂災害発生危険雨量の検討に用いられる実効雨量は、先行雨量に低減係数 α をかけることで求められる。以下に算出式を示す³⁾。

$$R_w = R_t + \sum_{i=1}^T \alpha_i \cdot R_i, \quad \alpha_i = 0.5^{\frac{1}{T}} \quad (1)$$

ここに、 R_w は実効雨量(mm)、 R_t は最新時刻 t の時間雨量、 α_i は i 時間前の低減係数、 R_i は i 時間前の時間雨量、 T は半減期である。本研究では、半減期 T を72時間として土砂災害との検討を行った。

(2) 土壌雨量指数の算出

土砂災害発生危険雨量の検討に用いられる土壌雨量指数は、以下の直列三段タンクモデルによる式より求められる (図-1)。

$$S = S_1 + S_2 + S_3 \quad (2)$$

土壌雨量指数 S は各タンクの貯留高の和である。

ここに、

$$S_1(t + \Delta t) = (1 - \beta_1 \Delta t) \cdot S_1(t) - q_1(t) \cdot \Delta t + R$$

$$S_2(t + \Delta t) = (1 - \beta_2 \Delta t) \cdot S_2(t) - q_2(t) \cdot \Delta t + \beta_1 \cdot S_1(t) \cdot \Delta t$$

$$S_3(t + \Delta t) = (1 - \beta_3 \Delta t) \cdot S_3(t) - q_3(t) \cdot \Delta t + \beta_2 \cdot S_2(t) \cdot \Delta t$$

$$q_1(t) = \alpha_1 \{S_1(t) - L_1\} + \alpha_2 \{S_1(t) - L_2\}$$

$$q_2(t) = \alpha_3 \{S_2(t) - L_3\}$$

$$q_3(t) = \alpha_4 \{S_3(t) - L_4\}$$

S_1, S_2, S_3 は各タンクの貯留高, $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ は各タンクの浸透係数, q_1, q_2, q_3 は各タンクの側面孔からの流出量, $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ は各流出孔の流出係数, L_1, L_2, L_3, L_4 は各流出孔の高さである。

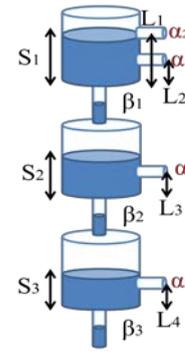


図-1 3段直列タンクモデル

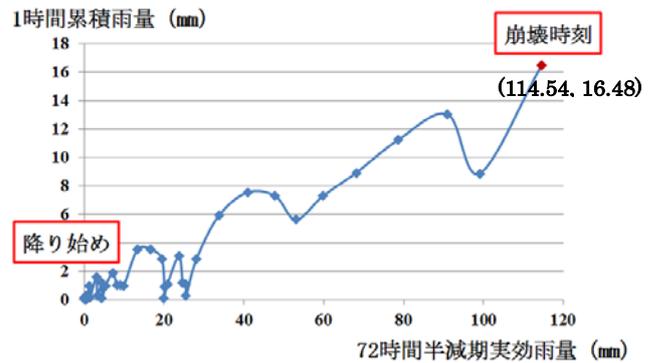


図-2 豊里のスネークライン (72 時間半減期実効雨量)

4. CL の設定

(1) 72 時間半減期実効雨量を用いた CL

崩壊地点の 72 時間実効雨量と 1 時間累積雨量の関係から、崩壊時刻の降り始めから崩壊時刻までの降雨の状況 (スネークライン) を求め CL を設定する。

(2) 土壌雨量指数を用いた CL

崩壊地点の土壌雨量指数と 60 分間積算雨量の関係から崩壊時刻のスネークラインを求め CL を設定する。

5. スネークラインの算出

2004 年 10 月 20 日 20:00 に穂高町豊里で発生した土石流の事例について算出した。

72 時間半減期実行雨量および土壌雨量指数を用いたスネークラインの算出結果を図-2, 図-3 に示す。

図-2 と図-3 のスネークラインを比較すると、同じような形状のラインを示しているが、図-3 は 10 分間隔で算出しているため、より細かく表現されている。また、崩壊時刻での 72 時間半減期実行雨量は約 115mm, 土壌雨量指数は約 88mm と地中の雨量に若干の差が見られた。その他の崩壊個所の事例および CL の設定結果に関しては当日発表する予定である。

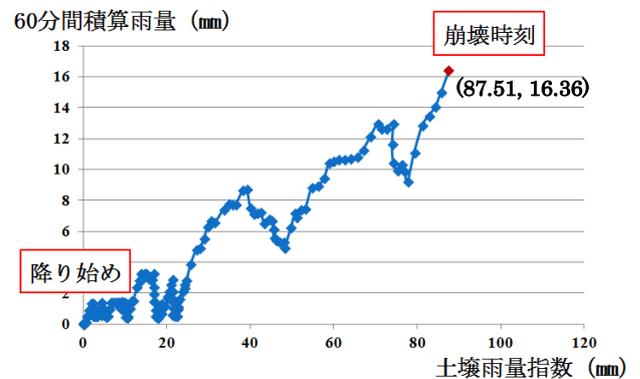


図-3 豊里のスネークライン (土壌雨量指数)

参考文献

- 1) 国土地理院: 数値地図 50m メッシュ (標高), CD-ROM 版, 2001.
- 2) 産業技術総合研究所 地質調査総合センター, 20 万分の 1 数値地図図幅集「関東甲信越及び伊豆小笠原諸島」2004, 「北陸, 中部及び近畿」2005.
- 3) 川越清樹, 江坂悠里, 脇岡靖明: 実効雨量と地域情報を用いた東京都の土砂災害解析, 水工学論文集, 第 55 巻 pp.955-959, 2011.