

京都大学農学研究科 ○水谷太郎・里深好文・小杉賢一朗・水山高久
 京都大学防災研究所 澤田豊明

はじめに

現在行われている斜面崩壊の予測計算では、1時間雨量など比較的長時間強度変化のない降雨データを入力値として計算している。しかし、実際の降雨では降雨強度は短時間で大きく変化しているため、強度が長時間一定な雨量データを用いた従来の計算と、短時間変化のある雨量データを用いた計算では結果に違いが出る可能性がある。そこで、より正確な崩壊予測を行うことの第一歩として、短時間変動のある雨量データを用いて浸透・流出計算を行い、従来の計算と比較し、より正確な予測を行うためにはどのような雨量データが有効であるかを検討することを目的とした。

方法

岐阜県高山市奥飛騨温泉郷中尾にある京都大学防災研究所穂高砂防観測所(標高約1200m)において雨量を1分インターバルで観測した。この地域は3000m級の山々に囲まれた代表的な中部山岳地域である。得られた雨量データのうち、本研究では2006/7/15~7/19の5日間(総雨量456mm)の雨量データ(図1)を用いた。

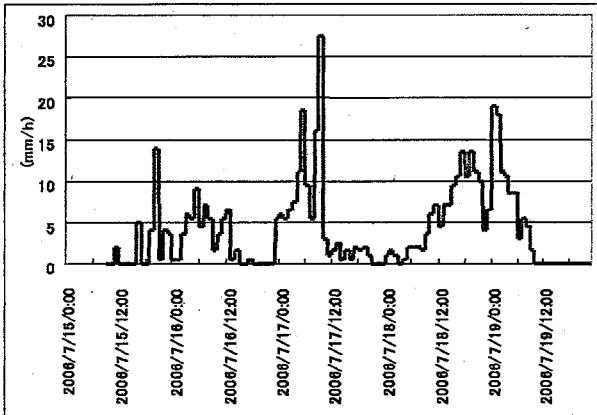


図1 2006/7/15~7/19の1時間雨量

観測雨量から、1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 15, 20, 30, 60分間雨量の時系列を作成し、これらを入力値として斜面長5m, 斜面勾配30°, 土層厚0.5mの斜面における2次元浸透計算を行い、斜面下端における流出量を計算した。2次元浸透計算では以下の3式を用いた。

$$q_x = -K \left(\frac{\partial \psi}{\partial x} \right) \tag{1}$$

$$q_z = -K \left(\frac{\partial \psi}{\partial z} + 1 \right) \tag{2}$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -\frac{\partial q_x}{\partial x} - \frac{\partial q_z}{\partial z} \tag{3}$$

q_x : 水平方向のフラックス

q_z : 鉛直方向のフラックス

ψ : 圧力水頭, K : 透水係数

また、2次元浸透計算で得られた斜面流出量のデータを入力値としてキネマティックウェーブ法によって仮想的な溪流における流出計算を行い、溪流出口でのピーク流量を調べた。溪流部での流出計算では以下のキネマティックウェーブ法の基礎式を用いた。

$$q = \frac{1}{n_m} h^{\frac{5}{3}} \sin^{\frac{1}{2}} \theta \tag{4}$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = q_{in} \tag{5}$$

n_m : 粗度係数(0.02), h : 水深, θ : 水面勾配

q_{in} : 側斜面から溪流への流入量

q : 溪流出口における単位幅流量

溪流部の流出計算は、溪流長が50m~2000m、勾配が5°, 10°, 15°の条件で行った。

次に、1分という短い時間インターバルでの雨量の計測は通常行われていないため、10分間雨量や60分間雨量からそのような短い時間に対する降雨強度を求める方法について検討した。

例えば60分間雨量を用いる場合については、以下の方法を用いた。まず、任意の60分間について、1分間雨量の平均値と分散を求めその相関をとった(図2)。その結果、分散 σ^2 と平均値 r の関係は次式で近似された。

$$\sigma^2 = 0.4r \quad (0 \leq r < 0.1) \tag{6}$$

$$\sigma^2 = 0.225r + 0.0175 \quad (r \geq 0.1) \tag{7}$$

σ^2 : 分散, r : 60分間雨量/60 (mm/min)

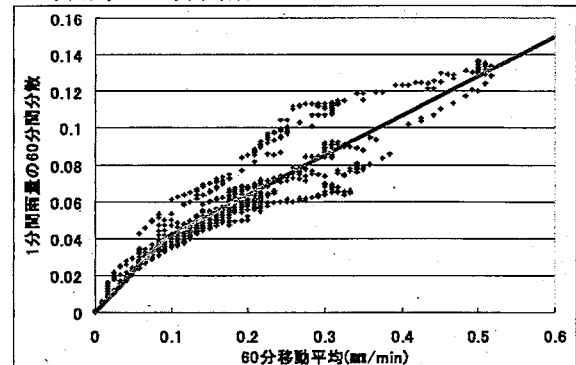


図2 1分間雨量の60分移動平均と分散の関係

σ に比例する強度の雨量を変動成分として r に加えることによって、変動を持たせた1分間雨量 r' を次式で発生させた。

$$r' = r + k \sqrt{\sigma^2} (RAND() - 0.5) \tag{8}$$

r : 60分間雨量/60(mm/min)

r' : 新しく作成した1分間雨量(mm/min)

$RAND()$: 0以上1以下の一様乱数

ここで、 k は比例係数であり、図2の関係が再現されるように値を調節した結果、3.5と定められた。

図2は60分間雨量をもとに作成した1分間雨量である。同様の作業を10, 15, 20, 30分間雨量についても行った。

作成した雨量データを入力値として斜面2次元浸透計算・溪流流出計算を行った。作成した雨を用いた計算結果と実測1分間雨量を入力値とした計算結果のピーク流量を比較し、作成した雨が実際の1分間雨量をどの程度再現できているのかを検討した。

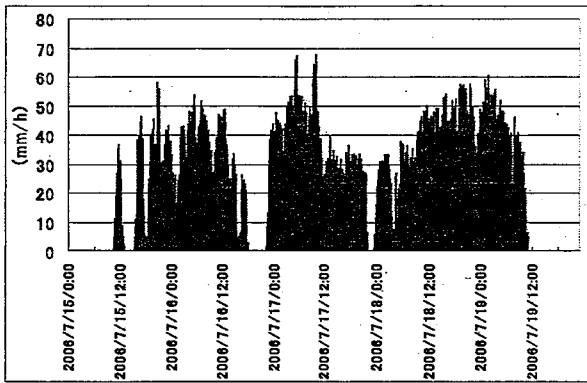


図3 60分間雨量をもとに作成した1分間雨量

結果と考察

勾配5°の溪流における流出計算の結果、溪流の長さに関わらず15分以下の雨量データを用いた計算では、ピーク流量が60分間雨量を用いた場合の約2倍になった(図3)。また、長さが750m以下の溪流では、1, 2分間雨量でのピーク流量は60分間雨量を用いた場合の2倍以上になった。とくに、100m以下の溪流では1分間雨量でのピーク流量は60分間雨量を用いた場合の約3倍になった。勾配10°, 15°での計算の結果も同様であった。これらにより、斜面崩壊や土石流発生の予測を行うためには15分以下の雨量データが必要であり、溪流長が100m以下の流域に関して斜面崩壊や土石流発生の予測を行うためには1分間雨量が必要である事が分かった。

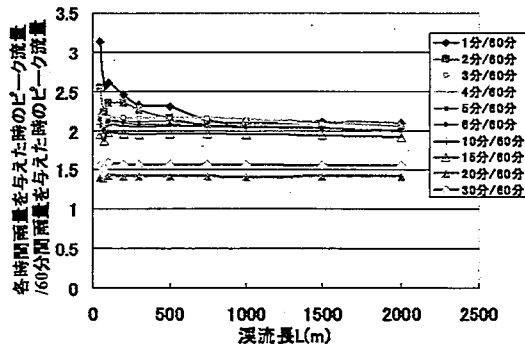


図4 ピーク流量の比較(勾配5°)

また、作成した1分間雨量を用いて斜面2次元浸透計算・溪流流出計算を行い、実測1分間雨量での計算のピーク流量と比較した結果(図5)、10分, 15分, 30分間雨量をもとに作成した雨を用いた計算では、実測1分間雨量でのピーク値を上手く再現できた。しか

し、20分間雨量をもとに作成した1分間雨量では実測1分間雨量でのピーク流量の80%弱の値になった。

また、30分間雨量から作成した1分間雨量を用いた計算では実測1分間雨量でのピーク値を上手く再現できているが、20分間雨量から作成した1分間雨量ではうまく再現出来ていないのは、時間の区切り方によっては降雨のピークが分割されてしまうためと考えられた。図6は降雨のピークが分割される例の模式図である。図6のように、降雨のピークの区切り方によって、各短時間雨量の平均値の大小が逆転する場合がある。そこで、実際の雨量データを10分間ずらした雨量データを用いて1分間雨量を作成したところ、10分, 15分, 20分間雨量をもとに作成した1分間雨量を用いた浸透・流出計算のピーク値は実測1分間雨量でのピーク値を上手く再現できたが、30分間雨量から作成した1分間雨量ではうまく再現出来なかった。よって、20分間以上の雨量データを用いて1分間雨量を作成すると区切り方によって再現の精度が異なることが分かった。

以上のことにより、分散をもとに1分間雨量を作成するためには15分以下の雨量データが必要であることが分かった。

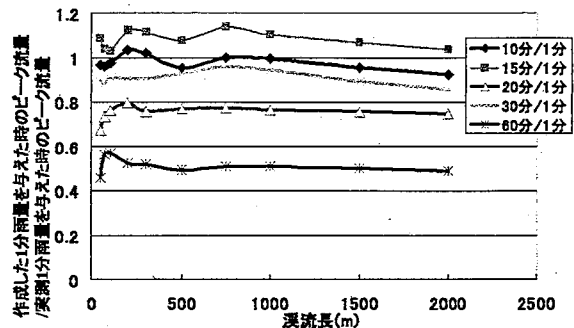


図5 作成した1分雨量と実測1分雨量のピーク値の比較(勾配5°)

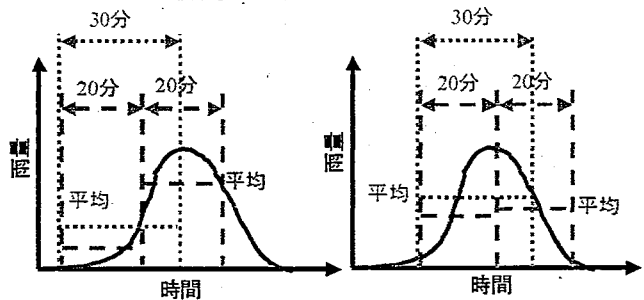


図6 降雨ピークの分割の模式図

まとめ

実測雨量データを用いた2次元浸透計算・溪流流出計算の結果と、仮想的な1分間雨量を用いた2次元浸透計算・溪流流出計算の結果から、より正確な崩壊予測を行うためには少なくとも15分以下の雨量データが必要であると考えられた。

本研究では1つの前線性降雨イベントだけしか対象としていないので、今後は雷雨や台風に伴う降雨イベントでも1分間雨量の観測を行い、同様の検討を行う必要がある。