

建設省土木研究所 ○浅井涌太郎
 富山県土木部 本田孝夫
 建設省土木研究所 工藤賢二

1. 目的

全国のがけ崩れ危険箇所数は、建設省の昭和57年度調査によると72,258箇所あり、その内に存在する人家は、1,094,193 戸となっている。これらの危険箇所のうち、急傾斜地崩壊防止工事の概成されている所は約9,000 箇所と低い。しかしこれらの全ての危険箇所を早急に手当することは経済面から困難である。従ってハード面の対応と共にソフト面の対応が重要であり、警戒・避難体制の整備を図る必要がある。ここでは降雨をファクターと考え、降雨量による警戒・避難基準雨量の検討を試みたものである。

2. 調査方法

降雨指標として、単純に累加した雨量と、経済的に低減させた有効雨量を累加した雨量との2種を取り上げ、がけ崩れを予知するための基礎的作業として、がけ崩れ発生降雨の限界条件を検討した。

次に、がけ崩れ警戒・避難基準雨量の設定を念頭におき、ある基準値を仮定して、実際に警報あるいは避難勧告を出した場合の適合性を検討した。

2. 1 調査対象区域と調査対象期間

今回の調査で対象とした区域を表-1に示す。昭和47年から58年までの間に、まとまった崩壊事例があり、雨量資料も比較的整った区域を選定した。また全国的に区域が分散するようにも配慮した。区域の対象範囲は、代表雨量観測所から概ね半径10kmとしたが、災害を起こした降雨域が広い島根県では20kmとしている。

2. 2 雨量資料

崩壊を発生させた降雨（以下、発生降雨という）と崩壊が発生しなかった降雨（以下、非発生降雨という）の2種の雨量資料を収集した。非発生降雨としては、総雨量（一連続降雨）で80mm以上、または1時間雨量で20mm以上のいずれかを満足する降雨を対象とした。なお一連続降雨の定義は、前後24時間以上の無降雨の期間に挟まれる一塊の降雨とした。雨量資料の収集は、降り始めからさかのぼっ

表-1 調査対象区域

地区名	代表観測所	解析対象範囲	対象市町村
北海道 室蘭	室蘭地方 気象台（気）	観測所から半径10kmの範囲内	室蘭市のほぼ全域。 伊達市、登別市の一部
神奈川県 横浜	横浜地方 気象台（気）	観測所から半径10kmの範囲内	横浜市
石川県 輪島	輪島測候所 （気）	観測所から半径10kmの範囲内	輪島市の大半。 柳田村、門前町の一部
兵庫県 家島	家島観測所 （気）	観測所から半径10kmの範囲内	家島全域
高知県 高知	室蘭地方 気象台（気）	観測所から半径10kmの範囲内	高知市のほぼ全域。春野町、伊野町、鏡村 土佐山村、南国市の一部
島根県 浜田	浜田測候所 （気）	島根県(1984)による同一基準雨量適用範囲（浜 田70ヶ）内で、観測所から半径20kmの範囲内	浜田市全域。三隅町、金城町、弥栄村、の 始ど。江津市、旭町の一部
島根県 益田	美濃地（建）	島根県(1984)による同一基準雨量適用範囲（浜 田70ヶ）内で、観測所から半径20kmの範囲内	益田市の殆ど。 美都町、匹見町の一部
長崎県 長崎	長崎海洋 気象台	観測所から半径10kmの範囲内	長崎市、香焼町、伊王島町の大部分 長与町、時津町の一部
長崎県 諫早	諫早（気）	観測所から半径10kmの範囲内	諫早市、飯盛町、森山町の殆ど。長崎市の 多良見町、大村市、高来町、美野町の一部

て2週間分を収集（以下、前期雨量という）した。

2.3 降雨指標

2.3.1 定時間雨量（RH）

発生降雨の場合、かけ崩れ発生時刻までの一定時間内の降雨量累計である。記号は、RH1、RH2、RH3、RH6、RH12、RH24、RH36、RH48、RH72、RH96、RH120、RH144、RH168、RH192、RH216、RH240、RH264、RH288、RH312、RH336（崩壊発生時から前14日間の累計雨量）とする。

非発生降雨の場合は、一連続降雨中で最大となる時点を抽出する。

2.3.2 残留雨量（RZ）

かけ崩れの発生に対して、一つの考え方として直前の降雨ほど強く影響し、発生時との時間差が大きくなるほど影響度合いが小さくなるとする方法があり、降雨解析によく用いられている。

この手法を導入して、発生降雨の場合は発生時点まで、非発生降雨の場合は一連続降雨中で最大となる時点まで、の時間雨量全てに時間差によって異なる減少係数を乗じたものを残留雨量とした。減少係数は1時間単位に設定することとし、残留雨量（RZ）は、

$$RZ = \sum_{t=1}^n K_t \cdot R_t$$

によって求められる。ここで R_t は t 時間後の1時間雨量、 n は対象降雨の前期降雨（2週間の間の降雨）を含めた降雨継続時間である。 K_t は t 時間前の減少係数で指数関数により表される。

$$K_t = e^{-\beta \cdot t} \quad T = (n \cdot 0.5) / \beta = -0.693 / \beta$$

ここで T は半減期の期間（雨量の効果が半減する時期）である。

残留雨量の記号はRZに半減期の時間を添して、半減期1時間の残留雨量（RZ1）、半減期2時間の残留雨量（RZ2）、RZ3、RZ6、RZ12、RZ24、RZ48、RZ72とする。

2.3.3 タンクモデル

タンクモデルは一度係数が決定されると使い易いモデルであるが、その係数の設定にはある程度の観測期間と密度の高い水文資料が必要となる。ここでは便宜的に六甲山系都賀川ハチース谷の事例（鈴木・小橋による六甲モデル）を採用した。六甲モデルを地域の異なる所で採用することには、当然ながら問題を含むが各地区ごとにタンクモデルの係数を設定することが困難なためである。

タンクモデルの降雨指標の記号は下記による。

1段目のタンク貯留高（mm） TANK1

2段目のタンク貯留高（mm） TANK2

1段目、2段目及び3段目貯留高の和 TANK123

3. 限界降雨指標（L.L）の検討

警戒・避難基準雨量の設定のための基礎作業として、がけ崩れ発生降雨の限界条件を検討した。この限界降雨指標値、即ち発生降雨の最低値を以下限界降雨指標値（L・L）と言う。発生降雨と非発生降雨の降雨指標値を順に並べて、限界降雨指標値より上に発生降雨が、下に非発生降雨がそれぞれ分布すれば理想的な限界降雨指標と言え、そのまま警戒・避難基準雨量となり得る。

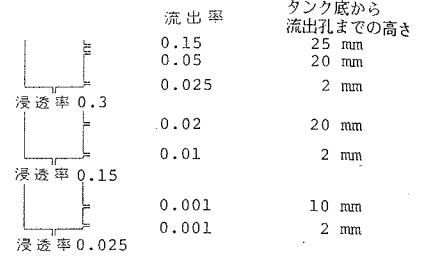


図-1 六甲ハチース谷モデル

しかしながら限界降雨指標が発生降雨と非発生降雨を理想的に分散させているのは、今回の検討の箇所においては兵庫県の家島地区のみであり、一般的にはその様な分布を示すことは少ない。

各地域の限界降雨指標値を見ると全般的に短時間の限界降雨指標値はかなり低い値となったが、これは発生降雨の限界指標値を発生時点でもらえているためと考えられる。発生時点以前の最大値をとれば、また違った結果となったかも知れない。

4. 警戒・避難基準雨量の検討

一般的には限界降雨指標値がそのまま警戒・避難基準雨量となり得ることは少ない。それで、ここでの検討ではある基準値を仮決定し、それを評価する評価値でそれぞれの降雨指標の警戒・避難基準雨量としての妥当性を検討してみた。

4.1 基準値の設定

次の三つの基準値を設定し、それぞれについて捕捉率等を検討した。

- ① L・L 発生降雨の最低値である限界降雨指標値
- ② M・L 各非発生降雨の降雨指標値の平均値
- ③ H・L 各非発生降雨の降雨指標値の最大値

②と③で基準値を非発生降雨の中から選定したのは、災害事例の少ない地域で警戒・避難基準雨量を設定する際のことを考慮してである。

4.2 評価値の設定

基準値を評価する手段として以下の評価値を設定する。

- ① 捕捉率 = (降雨が基準値を越えた後で崩壊が発生した崩壊の発生件数) ÷ (崩壊の総発生件数)
- ② 適合率 = (基準値以下の非発生降雨数) ÷ (総非発生降雨数)
- ③ 乗越え頻度 = (基準値を越える降雨数) ÷ (観測年数)
- ④ 空振り頻度 = (基準値を越える非発生降雨数) ÷ (観測年数)

4.3 基準値の評価

各基準値を各評価値で評価した結果、適合率、乗越え頻度、空振り頻度については、目立った差がなかった。それで最良捕捉率の指標を抜粋して表-2に示す。捕捉率は全般的に長時間の降雨を表現する降雨指標が高い。

4.4 警戒・避難基準雨量の設定

表-2 最良捕捉率を示す降雨指標

警戒・避難基準雨量を設定する前に、危険基準雨量とも言うべきであるラインを設定せねばならない。即ち危険基準雨量とは、そのラインの以上と以下でがけ崩れの発生危険度が急激に増減するラインである。理想的な危険基準雨量は、捕捉率が1.0、空振り頻度が0と言うことになる。つまりH、Lの捕捉率が1.0でL、Lの空振り頻度

地区名	H L		M L	
	最良の捕捉率	指標	最良の捕捉率	指標
浜田	0.936	RH 192	0.997	RH 216~336
益田	0.871	RZ 48 TANK 123	0.988	RH 312
長崎	0.935	RH 120,144,312,336	0.997	RH 288~336
諫早	0.765	RH 312	0.926	RH 96 ~192,RZ72
室蘭	0.975	RH 312,336	1.0	RH 312,336
横浜	0.778	RH 72 RZ 48,72	0.951	RH 216,240
輪島	0.259	RH 6,12 RZ 6,12	0.889	RH 336
家島	1.0	全部	1.0	全部
高知	0.944	RH 72	1.0	RH 36 ~336 RZ 24 ~72 TANK 123

が0となれば理想的である。しかしながらその様な条件を満たす降雨指標は、ほとんどの地域で見当たらない。事前の策として各地域において、捕捉率が高くかつ空振り頻度の低い降雨指標を危険基準雨量とする。

避難基準雨量は、この危険基準雨量から避難に要する時間（以下余裕時間と言う）を考慮して決定する。警戒基準雨量は避難基準雨量より更に、ある一定時間さかのぼって決定する。

余裕時間は、主として避難場所の立地条件によって地域毎に異なるものであるから、各地域での基準雨量設定の際には、充分検討する必要がある。

ここでは各地域ごとに算出した1時間確立降雨の生起年2年を参考にして余裕時間を決定した。各地域の警戒・避難基準雨量を表-3に示す。

5. 今後の問題点

以上から時間の比較的長い降雨指標を使えば、捕捉率、空振り頻度共に、ある程度満足する警戒・避難基準雨量が設定可能であった。しかしながら以下の問題点が残されている。

① 非発生降雨を限定して収集したため、長時間降雨指標の場合、今回の結果よりも空振り頻度が高くなる可能性がある。

② 発生降雨の最小値が、非発生降雨の最大値を下回るケースが多く、崩壊事例の少ない地域での基準値設定が困難である。

表-3 警戒避難基準雨量一覧

	危険基準			避難基準			警戒基準				
	降雨指標	基準値	捕捉率	降雨指標	基準値	捕捉率	空振り頻度	降雨指標	基準値	捕捉率	空振り頻度
室蘭	RH 96	179.0	0.95	RH 96	150mm	0.95	0.2	RH 96	130mm	0.98	0.5
横浜	RH 216	189.5	0.78	RH 72	150mm	0.80	0.4	RH 216	130mm	0.95	1.6
輪島								RH 96	90mm	0.85	2.5
家島	RH 72	276.0	1.00	RH 72	250mm	1.00	0.0	RH 72	150mm	1.00	0.1
高知	RH 144	225.5	1.00	RH 144	170mm	1.00	2.3	RH 144	140mm	1.00	4.2
浜田	RH 72	191.0	0.93	RH 72	150mm	0.95	0.3	RH 72	110mm	0.97	1.1
益田	RH 96	141.8	0.98	RH 96	110mm	0.96	1.5	RH 120	100mm	1.00	2.2
長崎	RH 120	178.3	0.97	RH 120	120mm	0.99	2.2	RH 168	115mm	1.00	3.5
諫早	RH 96	167.6	0.91	RH 96	120mm	0.93	3.0	RH 96	70mm	1.00	5.0

参考文献

1) 鈴木雅一、小橋澄治：がけ崩れ発生と降雨の関係について、新砂防、121、1981