

タンクモデルによる崖崩れの発生予測

鳥取大学工学部 正員 道上正規
明建設計(株) 正員 小島英司

1. はじめに わが国は、梅雨の季節から秋の台風期にかけて豪雨に見舞われるため、土石流、崖崩れといった土砂災害に基因する災害が多発しており、この種の災害は、交通機関の発達や居住領域の拡大により、ますます増加する傾向にある。このような土砂災害を防止軽減するには、その発生予測法の確立と避難基準の策定が重要である。本研究は、降雨を誘因として生じる崖崩れを対象に、その発生を予測しうるモデルについて検討を試みたもので、その結果について報告する。

2. 対象地域 本研究において対象とした地域は広島県の呉市である。呉市の地質は、主に風化花崗岩から成っており、呉市では、その脆弱な地盤条件を反映して毎年のように崖崩れの発生が見られる。呉市の消防署では、1951年から崖崩れの聞き込み調査をおこなって、呉市内におきる崖崩れの発生時刻、箇所数等を詳細に記録しているが、ここでは、表-1に示す27例を解析の対象にした。

3. タンクモデル法 降雨による崩壊現象は、表層土の土中水分量の増加によって生じるものと考えられる。すなわち、降雨が土中に浸透して、土のせん断抵抗を減少させ、それが崖崩れを誘発すると思われるので、本研究では、土中水分の消長を比較的容易に表わすことのできるタンクモデルを用い、タンクモデル貯留量と崖崩れの関係について検討することにする。ただし、タンクモデルで貯留量や流出量を計算する場合、タンクモデルの各パラメータを流域に適合するように選ばなければならないが、ここでは、流出等の観測資料がないので、図-1に示すように、石原・小葉竹¹⁾式、流域の地質特性によって分類し、花崗岩地帯に対して提案しているものを用いることにする。また、崖崩れのような小規模な崩壊では、従来から指摘されているように先行降雨の影響を導入した取扱いが重要となるので、崖崩れ発生時の降雨の前日から14日間の降雨を先行降雨と定義し、これをタンクモデルで計算した。その結果が、先行降雨の影響を反映していると考え、その翌日崖崩れ当日の初期条件となるようにした。なお、計算に用いる時間ステップは1時間とし、時間雨量の資料を用いる。また、計算を進めるための最初の条件として、1段目および2段目タンクの初期貯留量を0 mm、3段目タンクの貯留量10 mmと仮定した。

4. 計算結果と考察 図-2は、全貯留量 St や1段目と2段目の貯留量の和 S_1+S_2 と、崖崩れの発生時刻およびその数との関係を示したものである。図からも明らかなように、 St が70 mmのラインに達すると、崖崩れの発生が顕著になる。27例について、このような崖崩れ発生限界の貯留量を検討したところ、ほぼ正規分布を呈することが認められ、表-2に示すように、 St の平均値は前述の70 mm

表-1 呉市の年別がけ崩れと降雨特性

崩壊番号 NO.	年 月	崩壊数 N	最大時間雨量 (mm)	先行雨量 A.R.(mm)
1	1951. 7	320	25.5	120.2
2	1951.10	50	35.1	47.3
3	1952. 7	39	21.1	172.6
4	1953. 6	160	22.2	145.4
5	1953. 6	90	17.6	109.1
6	1953. 7	38	17.4	71.0
7	1954. 7	87	18.1	209.3
8	1956. 6	33	14.6	95.8
9	1957. 7	58	18.5	134.7
10	1958. 7	31	46.8	63.1
11	1960. 7	80	38.8	71.7
12	1962. 7	113	27.3	145.9
13	1963. 5	37	11.2	85.1
14	1963. 6	31	14.1	112.7
15	1964. 6	46	15.3	153.6
16	1965. 6	106	25.5	6.3
17	1965. 7	57	15.1	207.8
18	1966. 7	37	22.6	144.0
19	1967. 7	1563	74.7	207.4
20	1969. 6	178	26.0	73.0
21	1969. 7	144	21.0	356.0
22	1970. 6	33	20.0	99.0
23	1972. 7	288	31.0	155.5
24	1974. 7	21	13.0	146.5
25	1975. 6	37	15.5	114.5
26	1976. 9	129	22.5	83.0
27	1979. 6	264	25.5	49.0

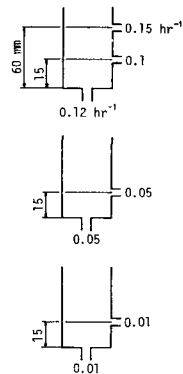


図-1 タンクモデル

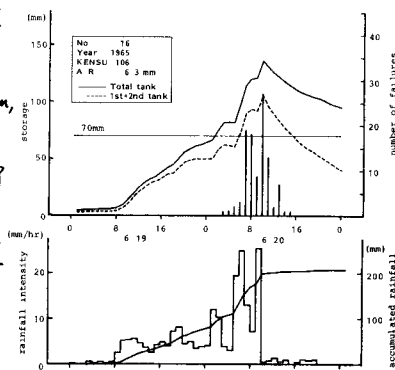


図-2 (a) タンクモデルの貯留量およびがけ崩れ箇所数の図

表-2

	Mean (mm)	SD	CV
St	71.6	12.9	0.180
S_1+S_2	44.9	11.6	0.258
S_1	25.7	8.9	0.346

に近い値となった。また、変動係数も他の指標に比べて小さく、予測に適しているようである。ここで、 St を崖崩れ発生の指標として用いる場合、限界値として、どのような値が最も合理的であるかを検討する。すなわち、ある限界値以上で発生する割合が高いというだけでなく、限界値を越えている時間内での発生頻度

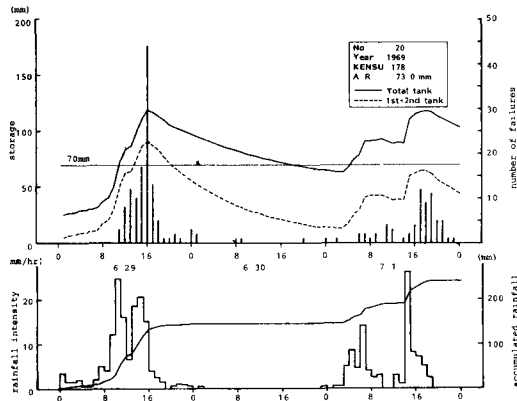


図-2 (b)

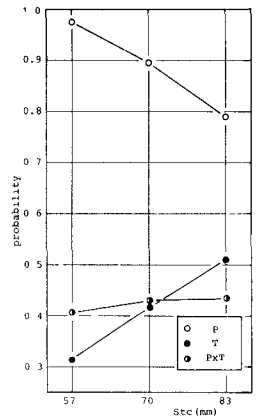


図-3 適中率と超過発生率の変化

が高く、限界値を越えている時間が必要最小限に短いことも重要である。そこで、崖崩れ発生期間内の全発生件数に対し、限界値以上で発生した件数の割合を適中率 P とし、 St が限界値以上になる時間数に対し、その時間内に崖崩れが記録されている時間数の割合を超過発生率 T で表わすことにする。また、崖崩れ発生に対する St の限界値として、ここでは、平均値70mmと、それぞれ平均値から σ だけずらした値、すなわち、57mmと83mmという3つの値を採用して検討する。 P および T 両者とも大きくなるように、限界値を設定するのが望ましいが、図-3からも明らかなように、 P と T は、まったく逆の変動特性を示すものである。そこで、 $P \times T$ を判定基準に選ぶと、図-3に示すように、70mmと83mmに対応する $P \times T$ にはそれ程大きな差異は見られない。したがって、ここでは適中率がより高く、かつ $P \times T$ が大きい70mmを崖崩れ発生の限界貯留量として採用した。図-4は、1963年5月1日から10月31日までの時間雨量に対して、崖崩れの発生予測を試みたものである。この図では、1日の全貯留量 St の最大値を取り出してプロットしている。崖崩れが発生した日には、矢印を記し、その発生数も併記してある。この図によれば、 St が限界値70mmを越える頻度はそれ程高くなく、また St が70mmを越えた日には、崖崩れの発生が顕著になっていることがわかる。このような手法を住民の避難体制に結びつけるには、崖崩れ発生の何時間前かにその発生を予測することが重要となる。図-5は、27例の資料について、崩壊発生時刻より1時間から5時間まで逆のばって、そのときの St を求めたものである。ただし、図中○印は平均値であり、●印は平均値±標準偏差の値である。図によれば、崩壊発生時から2時間逆のばったときの St の値は56mmであり、これは前述した限界値の平均値より標準偏差だけ引き下げた値にほぼ等しい。すなわち、崖崩れ発生の限界値70mmから標準偏差だけ下げた値を予備限界とすれば、この限界ラインを越えると2時間後には、崖崩れの発生が予想され、このような考え方と気象情報と結びつけることによって崖崩れの発生の2時間前には、その発生をかなりの精度で予測できると考えられる。また、本研究では、奥市と同じ風化花崗岩地帯である小豆島の土石流の発生についても検討したが、土石流の発生予測には、タンクモデルの1段目貯留量および流出量

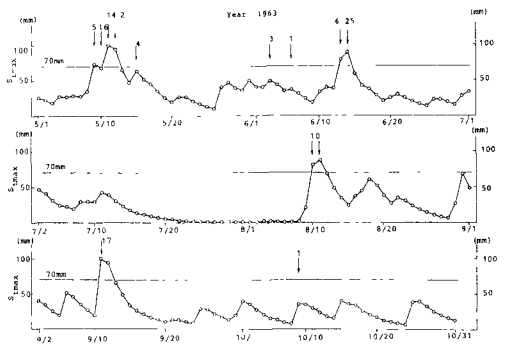


図-4 タンクモデル貯留量の日変化

が有効であることが認められた。

(参考文献) 1) Ishihara, Y & S, Kobatake: Runoff Model for Flood Forecasting, Bull., D.P.R.I., Kyoto Univ., Vol. 29, 1979.

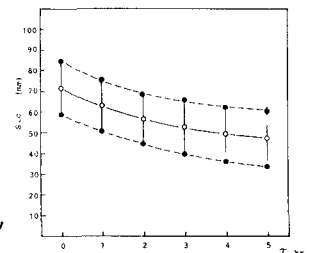


図-5 がけ崩れ発生時前の貯留量の平均値と標準偏差の変化