

橋久保田建設 正員 ○松井 秀二
 鳥取大学 正員 道上 正規
 鳥取大学 正員 檜谷 治

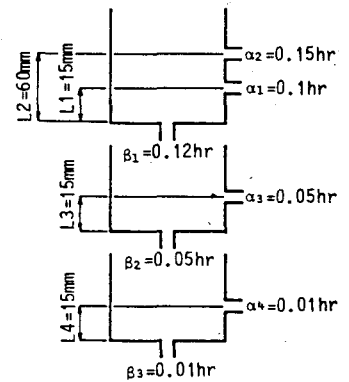
1. はじめに 降雨および融雪水による土砂崩れは、土中に貯留される水分量が増加し、ある限界貯留量に達した時に発生するものと考えられる。本研究は、土中水分量の消長を比較的容易に表わすことのできるタンクモデルを用いて、これまでの土砂崩れ発生状況から、その限界貯留量を推定し、発生の予測に役立てようとするものである。

2. タンクモデル 本研究で使用するタンクモデルは、図1に示す3段直列貯留型タンクモデルである。図1を参照してモデルの表示式を記述すると下のようになる。

$$\left. \begin{aligned} S_1(t+\Delta t) &= (1-\beta_1\Delta t)S_1(t) - q_1(t)\Delta t + R(t;\Delta t) \\ S_2(t+\Delta t) &= (1-\beta_2\Delta t)S_2(t) - q_2(t)\Delta t + \beta_1 S_1(t)\Delta t \\ S_3(t+\Delta t) &= (1-\beta_3\Delta t)S_3(t) - q_3(t)\Delta t + \beta_2 S_2(t)\Delta t \end{aligned} \right\} (1)$$

ただし、

$$\left. \begin{aligned} q_1(t) &= \alpha_1\{S_1(t) - L_1\} + \alpha_2\{S_1(t) - L_2\} \\ q_2(t) &= \alpha_3\{S_2(t) - L_3\} \\ q_3(t) &= \alpha_4\{S_3(t) - L_4\} \\ Q(t) &= q_1(t) + q_2(t) + q_3(t) \end{aligned} \right\} \dots\dots (2)$$



ここに、 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$: 流出係数, $\beta_1, \beta_2, \beta_3$: 浸透係数, $S_1, S_2,$

S_3 : それぞれ1段目、2段目、3段目タンクの貯留量, q_1, q_2, q_3 : それぞれ1段目、2段目、3段目タンクの流出量, L_1, L_2, L_3, L_4 : それぞれ

の流出孔高さ, $R(t;\Delta t)$: 時刻 t から $t + \Delta t$ の間の降雨量, $Q(t)$: 全流出量である。図1では、1段目タンクが降雨の表面流出、2段目タンクが表層浸透流出、3段目タンクが地下流出に対応する。タンクモデルで貯留量や流出量を計算するには、モデルの諸定数を流域に適合するように選ばなければならないが、ここでは土中水分量の消長に主眼をおいているため、花石こう岩地帯の諸定数を使用した。(図1参照)

3. 融雪水のタンクモデルへの適用 融雪水をタンクモデルに適用する場合、融雪量を水に換算する必要がある次のようにして換算した。

$$W = mt + Pt/80 \quad (t > 0) \quad (3)$$

ここに、 W : 融雪水量, P : 日雨量, t : 日最高気温, m : 定数である。本研究では $m = 6$ とし午前9時から午後5時までの8時間に一率に融けるものとし、(3)式を8で割った値を時間融雪量として採用した。

4. 計算結果と考察 本研究は山岳地帯に位置するダム流域を通る道路沿に発生する土砂崩れを対称にし、昭和45年以降の降雨から累加雨量100mm以上の24ケースについて検討した。図2, 3はそれぞれ降雨、融雪水による土砂崩れ発生時の降雨、貯留量および発生時刻を示したものである。(St=S1+S2+S3) 図よりStが125mmを越えると土砂崩れ発生の危険性が高まるようである。土砂崩れ発生の限界貯留量を検討したところ、ほぼ正規分布を示すことが認められ表1に示すように標準偏差、分散ともに最も小さいStが発生予測に適しているといえる。Stを土砂崩れ発生の危険度指標として用い警戒情報としての価値を判断するには、限界値を越えている時間内での発生頻度が高くかつ、限界値を越えている時間が必要最小限に短いことが必要である。そこで、土砂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、その時間内に土砂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。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、Pと

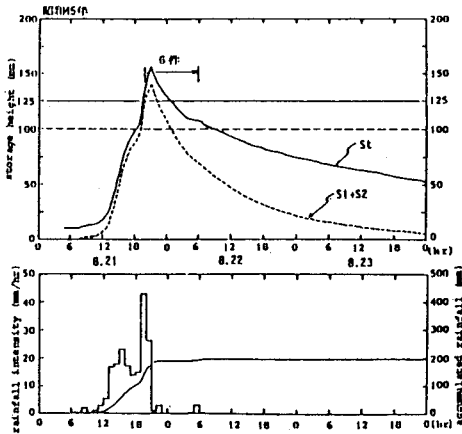


図 2

Tは相補であることから、限界基準としてPが1に近くP×Tが大き
いようなStを限界貯留量Stcとする。図4よりStcとして125mmが最適
であると判断した。正規分布の性質からStが125mmになったとき、土砂
崩れの生じた斜面の88%はこの限界貯留量以上で土砂崩れを起こして
いることを示している。限界貯留量を125mmとしたが、この値は土砂崩
れ発生の限界値であるので、情報伝達の時間を考慮してSt=100mmを要注
意貯留量と定め、この値を越えると注意報を出し、125mmを越えると警
報を発するのかよいと考えられる。

5. 斜面の力学的安定 これまでは土砂崩れ発生予測をタンクモデル
で計算した貯留量の値でBlack Box的に試みてきた。ここでは土質力学的
にみた斜面の安定とタンクモデルで求めた限界貯留量の関係について
検討する。無限斜面の安定解析より斜面が安定を失う土質力学的限界条
件での水位は次式で表わされる。

$$Stc' = \frac{C' \sec^2 \beta + \gamma_t \cdot H (\tan \phi' - \tan \beta)}{(\gamma_t - \gamma') \tan \phi' + (\gamma_{sat} - \gamma_t) \tan \beta} \quad (4)$$

ここに、Stc':みかけの限界水位、C':有効応力に関する土の粘着
力、β:斜面の傾き角度、γ_t:湿潤土の単位体積重量、H:基岩か
ら表面までの深さ、φ':内部摩擦角、γ_{sat}:飽和土の単位体積重
量、γ_w:水の単位体積重量、γ' = γ_{sat} - γ_wである。Stc'はみかけ
の限界水位であるので正味の水位はNeStc(Ne:有効空隙率)となる。

これまで検討してきたタンクモデルの限界貯留量Stcに対応する
ものがこのNeStcである。図5はまさ土の一般的な場合についての
γ_t - Stc', γ_t - NeStcの関係を示したものである。(C'=0.4t/m²,
tan φ'=0.85) 斜面の傾き角度が40°前後で貯留量が125mm前後
になると、斜面が不安定になる。ここで調査した斜面の傾き角度の
平均値は38.5°であり、土質力学的な計算から求めた崩壊を起こす
斜面の傾き角度と限界貯留量はタンクモデルで求めた値とほぼ一致
する。 参考文献:道上正規:土石流および斜面崩壊の予知に関する研究, 西田一彦:物理・強度特性か
らみた不攪乱まさ土の分類

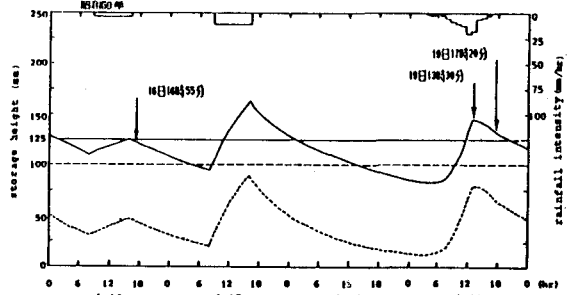


表 1

	Mean	SD	CV
St	151.3	18.76	0.124
S1+S2	102.3	37.66	0.369
S1	57.3	33.91	0.592

図 3

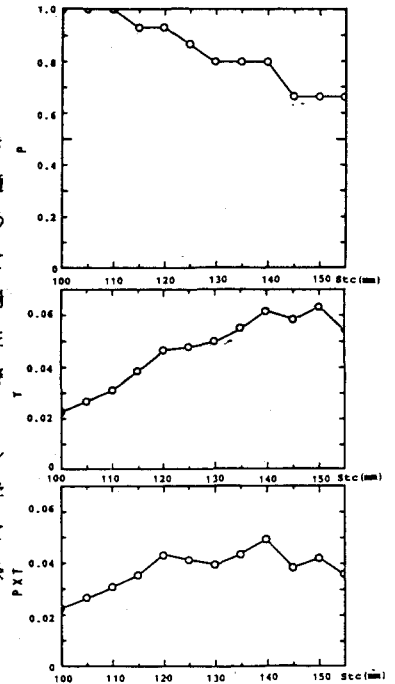


図 4

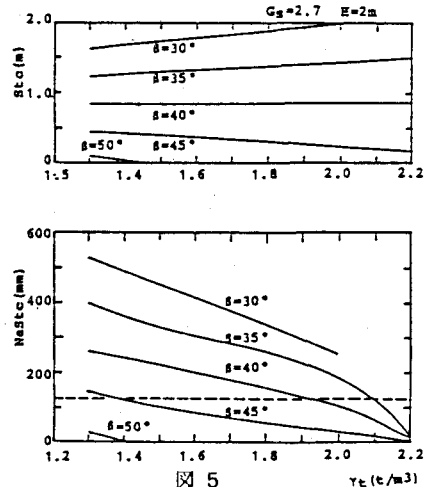


図 5