

勘砂防・地すべり技術センター ○菊井 稔宏 安江 朝光  
建設省富士砂防工事事務所 栗原 淳一

1. はじめに

富士山大沢川の源頭部は「大沢崩れ」と呼ばれ、大沢川で頻繁に発生する土石流の土砂供給源になっている。これまで、昭和43年の直轄砂防調査開始以来、源頭部対策に関する調査・試験を行って資料を蓄積するとともに、下流扇状地を中心に砂防対策事業が行われている。

一方、建設省では「土砂災害に関する避難の指示のための降雨量設定指針(昭59年3月(以下、指針))」にもとづいて土石流被害の防止・軽減を図るよう指導している。大沢川については昭和60年度に指針に従って検討を行っているが<sup>1)</sup> その中で大沢では融雪期(おおむね3~6月頃)については一つの基準値をもって土石流の発生・非発生を定量的に扱うことは困難であるとしていた。そこで、大沢川における土石流発生を把握するためにモデル的検討を行ったので以下に報告する。

2. 検討方法

大沢における崖堆積物を想定した斜面崩壊機構は、水山ら<sup>2)</sup>によって説明されている。斜面崩壊機構を説明したモデルの概要は次のようである。このモデルで最も重要なポイントは、富士山頂一帯において凍土層が形成されること<sup>3)</sup>から、凍結層を不透水層と設定したことにある。次に斜面において降雨浸透による地下水位上昇に伴う有効応力の減少を議論している。これにより、大沢の斜面崩壊は降雨に対して整然と説明されることになる。本検討はこのモデルに従い、各種パラメータスタディーを行うものとした。以下のその過程を述べる。

2.1 凍結・融解深

凍結・融解深の計算はStefan式を用いた。

Stefan式は次式で示される。

$$h_r = A_r \sqrt{\Omega_r} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$h_m = A_m \sqrt{\Omega_m} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 $h_r$ 、 $h_m$ は凍結、融解深、 $\Omega_r$ 、 $\Omega_m$ は積算寒度、積算温度、 $A_r$ 、 $A_m$ は凍結、融解定数であり、

$$A = \sqrt{\frac{2\kappa}{80 \times \gamma_d \times \omega}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

である。ここで、 $\kappa$ は熱伝導率で、凍土のそれを用いる場合 $A_m$ 、未凍土の $\kappa$ を与えれば $A_r$ が求められる。 $\gamma_d$ は乾燥密度(=1.4 g/cm<sup>3</sup>)、

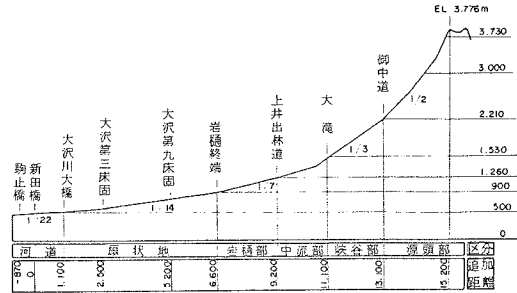


図-1 富士山大沢流域区分図

融雪期(おおむね3~6月頃)については一つの基準値をもって土石流の発生・非発生を定量的に扱うことは困難であるとしていた。そこで、大沢川における土石流発生を把握するためにモデル的検討を行ったので以下に報告する。

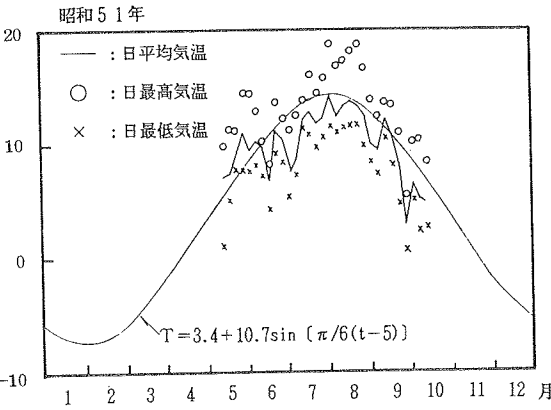


図-2 気温サイン波(御中道)

$\omega$  は含水比である。気温は図-2に示すように  $\sin$  波で近似したものを平均的に与えた。また、 $\kappa$ 、 $\omega$  は既往の調査成果<sup>3)</sup>等を参考に  $\omega$  を 2~10%、 $\kappa$  を  $1 \sim 5 \times 10^{-3}$  (架/cm s °C) と変化させ、 $A_m = 3 \sim 7$ 、 $A_r = 5 \sim 15$  の範囲で検討した。以上

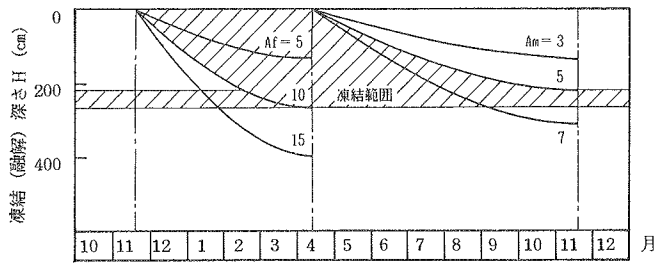


図-3 凍結・融解深の状況 (御中道)

から計算される御中道での凍結・融解深と月の関係を図-3に示す。 $A_r = 10$ 、 $A_m = 5$  の定数をとる場合には、図中にハッチングした部分が凍結して、融解範囲以下の深さでは永久凍土が存在することになる。

ただし、積雪があれば凍結・融解深を約1/10程度とする働きがあるが大沢における雪に関する資料が無いこと、かつ富士山頂の積雪データから凍結・融解時期の積雪量は少ないと考えられることの2つの理由から、雪の影響は評価していない。

### 2.2 地下水位上昇高

それぞれの融解深と地下水位上昇高の関係を見たのが、図-4である。地下水位上昇高の計算における有効間隙率の深度方向の分布については図-5に示すように三角形と矩形の2つの分布形状を仮定し、有効間隙率  $n_a = 0.3$  としている。融解深が大きいと当然ながら土層を飽和させるのに多くの雨量が必要となることがわかる。

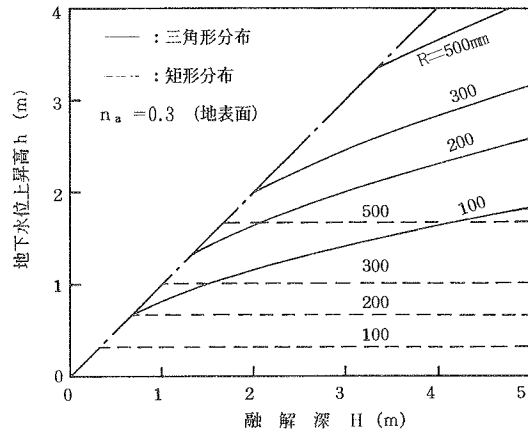


図-4 融解深と地下水位上昇の関係

### 2.3 すべり安全率

すべり安全率は無限長斜面における平面すべりの計算による。平面すべりの安全率  $F$  は、

$$F = \frac{C + (\gamma_t(H-h) + \gamma' h) \cos^2 \beta \tan \phi}{(\gamma_t(H-h) + \gamma_{sat} h) \cos \beta \sin \beta} \quad (4)$$

で与えられる。ここに、 $C$  : 粘着力、 $\gamma_t$ 、 $\gamma_{sat}$ 、 $\gamma'$  : それぞれ湿潤、飽和、水中の単位堆積重量、 $\phi$  : 内部摩擦角、 $\beta$  : 斜面傾斜角、 $H$  : 地表面から不透水層までの深さ、 $h$  : 地下水位上昇高である。安定性の検討を行うための斜面傾斜角  $\beta$  は、御中道上流域での溪床勾配として  $26.6^\circ$  (1/2) と崖錐斜面の平均的な傾斜角の  $34^\circ$  (1/1.48) を設定した。土質定数等については、試験結果<sup>3)</sup>をもとに  $\gamma_t = 1.5$ 、 $\gamma_{sat} = 1.9$ 、 $\gamma' = 0.9$ 、 $C = 0.1$ 、 $\phi = 35^\circ$  とした。 $H$  は融解深の位置である。

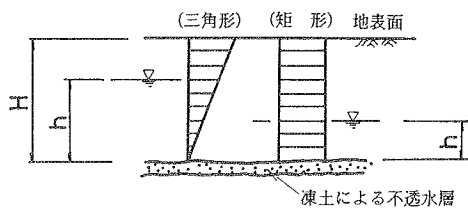


図-5 有効間隙率分布

図-6 は融解深に対する斜面安全率の変化状況が特徴的に表れている例を示したものである。図中下

には  $A_m = 5$  とした場合の御中道での融解深に対する月を示してある。安全率の絶対値そのものは、それほど意味はなく変化傾向に着目してみる。これによると凍土融解期の斜面崩壊機構は次のように説明される。

- (1) 降雨量別にみると、すべり安全率は、ある融解深までは減少し、さらに融解がすすむと逆に増加する。
- (2) 安全率が減少する過程において、降雨量と融解深の関係によっては表面流が発生するケースがあるが、表面流の水深を考慮しない場合には融解深と地下水位が一致するときに安全率は最小になる。

- (3) 御中道での融解深と対比してみると日雨量100~300mmに対して5月初旬~6月中旬で安全率が最小となり、5月頃の200mmの降雨は8月頃の300mmの降雨よりも、すべり安全率が低くなる。

以上のように、融解の途中で安全率が最も低くなる傾向は融解土層に若干の粘着力を見込んだことよっている。

### 3. 土石流発生の検討

以上の結果を過去の土石流発生時の降雨条件にあてはめてみたのが、図-7である。図中にはすべり安全率が1となる境界線と、融解層が飽和する場合を示してある。降雨条件は日雨量で、御中道観測所のものである。実際には降雨の時間的分布の差異により地下水位の上昇程度は異なるものであるが、4~6月にかけては融雪の影響を考慮する必要もあり、さらに検討する必要があるが、今回はこれを考慮していない。その他の条件は図-6に示したものと同じである。

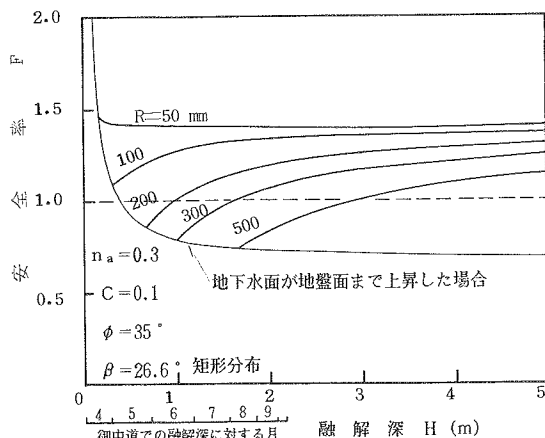


図-6 降雨量とすべり安全率の関係

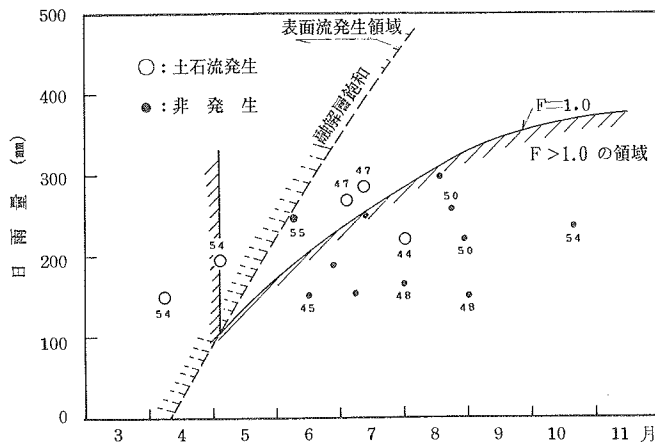


図-7 土石流発生とすべり安全率の関係

これによると、土石流は、すべり安全率  $F < 1.0$  となった条件で発生していることがわかる。また、4月の融解深では安全率は1以下とはならないが、表面流の発生する状態にあることがわかる。

しかし、昭和44年8月の発生事例と55年6月の非発生事例は説明されない。これについては、源頭部の不安定土砂の存在程度や気温の季節的な変動による融解深の変化などの要因、さらには、異なる誘因による土石流発生など今後検討する必要があると思われる。

#### 4. 今後の課題

富士山大沢川において斜面崩壊機構を説明したモデルを用い、若干のパラメータを変更することで土石流発生の傾向が把握できた。しかし、上述したように今後の検討課題も多く、以下に列挙する。

- (1) まず、融解・凍結状況および斜面崩壊に関する現地での測定データを蓄積することが最も重要なことである。
  - (2) 御中道上流付近の溪床勾配 ( $\beta = 26.6^\circ$ ) を用いた場合に土石流の発生傾向が比較的分離できたがモデル条件の現場へのフィードバックおよび他の土石流発生に関与する条件については、今後の課題である。
  - (3) その意味から、融解深が浅い時期での表面流による侵食についての詳細な検討が必要である。
  - (4) 積雪および融雪に関するデータの蓄積ならびに解析が必要である。
  - (5) 上記の融雪量も取り入れて、土石流発生を時間的に評価する必要がある。
- などが挙げられる。

なお、凍結・融解深の計算を行うにあたり、鹿島建設㈱技術研究所の田中益弘氏にアドバイスをいただいた。さらに、本報告の一部は(財)砂防・地すべり技術センターにおける「土石流警戒・避難基準雨量検討委員会」において討議され、芦田和男委員長を始めとする委員各位の御指導、御助言があったことを付け加えておく。以上の方々に対し、記して感謝する次第である。

#### 参考文献

- 1) 建設省富士砂防工事事務所・(財)砂防・地すべり技術センター；富士山大沢川土石流警戒避難基準雨量検討業務委託報告書，昭和61年3月
- 2) 建設省富士砂防工事事務所；富士山大沢崩れ砂防調査成果報告書，昭和53年3月
- 3) たとえば、藤井理行・樋口啓二；富士山の永久凍土，氷雪34巻4号，昭和47年
- 4) 建設省富士砂防工事事務所・㈱建設基礎調査設計事務所；昭和52年度生産土砂量解析調査業務委託報告書，昭和53年2月