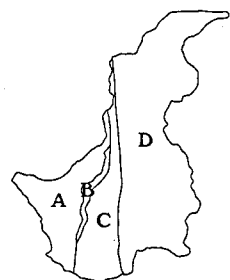


崩砂防・地すべり技術センター ○前田 禎, 松村 和樹
建設省富士川砂防工事事務所 久保田 哲也
株式会社 コルバック 坂場 義雄, 鈴木 正己

1. はじめに

現行の砂防計画では計画崩壊生産土砂量を経験的・統計的手法で求めているが、より合理的な計画崩壊生産土砂量算定のためには、土砂生産のメカニズムの解明および斜面評価（生産ポテンシャル評価）が重要なポイントとなる。一方、近年各種の調査法の発達やコンピューター能力の向上などにより土砂生産機構が理論的な物理手法で取り扱えるようになって来ている。

本報は、富士川水系釜無川右支川の小武川流域を対象とし、その崩壊特性を現地調査、航空写真判読による地形・地質調査によってとらえ、その結果をふまえ崩壊モデルを作成し、昭和57年災害時の崩壊生産との比較により検証したものである。小武川流域は流域面積が45.2km²であり、その上流部には標高2700～2800mの鳳凰三山が位置し、東方に定高性のある山地列が並走する。



A: 鳳凰花コウ岩
B: 破碎帯地域（花コウ岩）
C: 破碎帯地域（楕形山累層）
D: 楕形山累層、桃ノ木累層

図-1 地質概要図

2. 地形特性

2.1 地質

図-1に地質の概要図を示すが、流域中央部には、糸魚川-静岡構造線が南北に縦断し、多くの断層地形が見られる。この構造線を境界にして西側に先新第三系が、また東側には、新第三系が分布する。先新第三系は鳳凰三山を中心とする鳳凰山花コウ岩、その南方に分布する焼地蔵花コウ岩および辻山以南に四万十累層群である。これに対し、新第三系は調査地域東部の楕形山累層と、調査地域中央部の桃ノ木累層に区分される。

2.2 地形特性と崩壊

崩壊の発生はその地下の構造に大きく影響される。崩壊は侵食の一形態であるので、地下構造を反映した侵食地形等の特徴をとらえることは、崩壊のメカニズムを考える上で有効な資料となる。小武川流域の地形特性と崩壊の関係は以下のようにまとめられる。

・花コウ岩地域では図-2に示すように山腹に遷急線とステップ状の低起伏面の発達が顕著である。崩壊は主としてステップの平坦面下方の急崖において発生しており、節理の発達による方形のブロックの崩落の形態をとる。

・断層、破碎帯地域では、規模の大きい崩壊地内に断層破碎帯が位置している場合が多く、低角逆断層での下盤側が強度に破碎され粘土化している部分が侵食された場合、比較的堅固な上盤側の岩盤でも崩落的な崩壊が発生しやすい。

・堆積岩類の分布域の崩壊は、溪岸崩壊が多くその他は表層崩壊である。

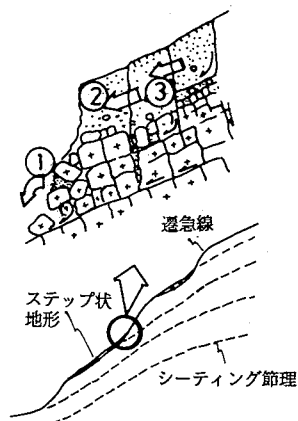


図-2 花コウ岩地域の斜面形状と崩壊様式

3. 崩壊モデル

3. 1 崩壊モデルの概要

前章で検討した地域分類ごとの崩壊形態を考慮し崩壊モデルを作成した。崩壊モデルは3タイプとし、花コウ岩地域でシーティング節理に影響される地域、断層破碎帯地域の花コウ岩地域、堆積岩地域ごとに設定した。山腹における崩壊生産モデル作成のフローチャートを図-3に示す。断層破碎帯地域、花コウ岩分布域の崩壊形態は、すべりよりも崩落と考えられるがこれをモデル化して解析することは現段階では難しいことから、解析にはブロックすべり（任意すべり線）を適用した。

3. 2 崩壊モデル

3. 2. 1 降雨特性

台風10号時の小武川流域の総雨量の降雨分布を図-4の等雨量線図に示すが、上流側の降雨量が多く下流側が少ない。流域平均雨量は453mmである。

3. 2. 2 単位斜面の設定

単位斜面の設定基準、単位斜面の分類のための要因を表-1に示す。設定した単位斜面の総数は1,208である。

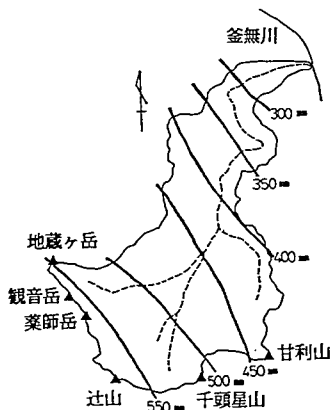


図-4 等雨量線図
(昭和57年台風10号時)

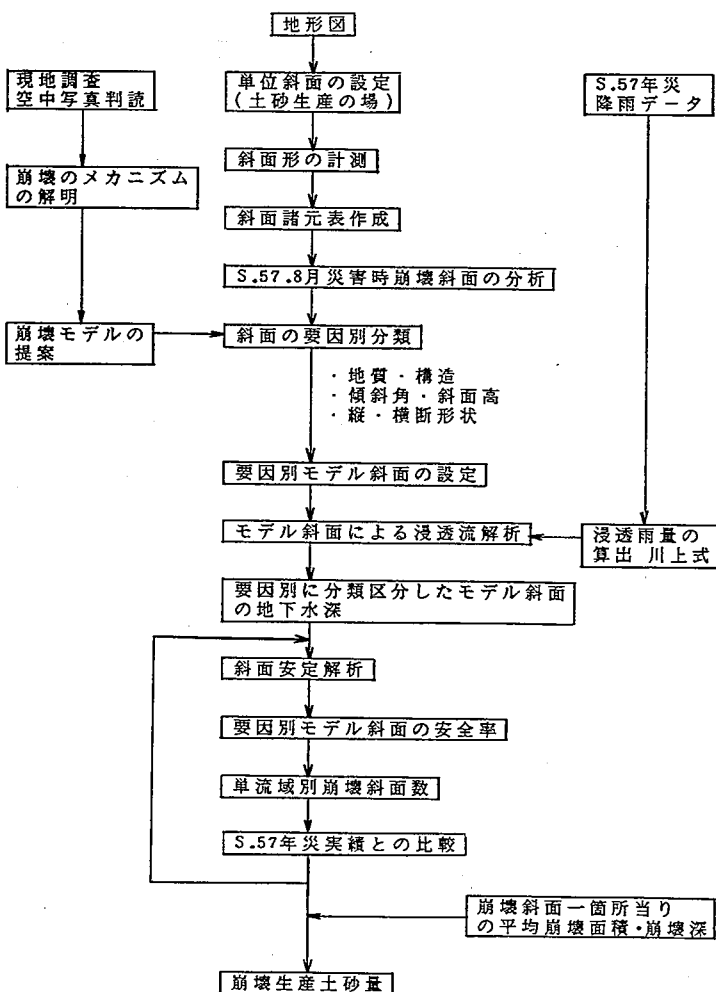


図-3 崩壊生産モデル作成フローチャート

表-1 単位斜面の設定

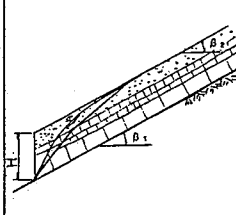
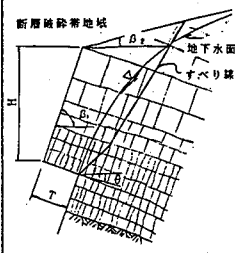
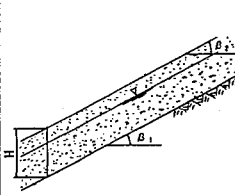
使用地形図		縮尺 1/ 10,000
斜面設定箇所		すべての 0 次谷とそれに準じる凹地（実際の崩壊箇所を参考）
斜面長		斜面水平長 150m～300m
分類要因	地 質	花コウ岩、堆積岩類
	地質構造	断層、リニアメント
	地 形	斜面傾斜角、横断形状、縦断形状、遷急線位置

3. 2. 3 崩壊モデル

崩壊モデルとして

表-2に示すような3タイプとした。断層破砕帯地域には花コウ岩と堆積岩が分布している。このうち断層破砕帯地域の堆積岩の分布域は表層崩壊モデルとした。個々の単位斜面を対象としての解析は可能であるが将来大流域への適用を考え、崩壊発生に関与している地形形状により表-2のように単位斜面を分類し、これらの単位斜面分類ごとに解析を実施した。表-2の要因別斜面区分数は地域区分Aが40、地域区分Bが5、地域区分Cと地域区分Dが40である。

表-2 崩壊モデルと単位斜面の要因別分類

	地域区分			
	A. 花崗岩類分布域	B. 破砕花崗岩類分布域	C. 破砕堆積岩類分布域	D. 堆積岩類分布域
崩壊特性	シーティング節理に沿う崩壊	トップリング崩壊	表層崩壊	
崩壊モデル	 [ステップ高:H シーティング節理勾配: $\beta_1 (= \beta_2)$]	 [斜面高:H 斜面勾配: β 下部崩落厚:T]	 [表層厚:H 斜面勾配: $\beta_2 (= \beta_1)$]	
斜面高または表層厚	* <2区分> 選急線を横断する斜面とそうでない斜面で高さHを変える	H $\approx$ 50m	表層厚 C > D	
平均傾斜角	<5区分> ・ $\beta \leq 30^\circ \longrightarrow$ 代表値 30° ・ $30^\circ < \beta \leq 35^\circ \longrightarrow$ " 35° ・ $35^\circ < \beta \leq 40^\circ \longrightarrow$ " 40° ・ $40^\circ < \beta \leq 45^\circ \longrightarrow$ " 45° ・ $45^\circ < \beta \longrightarrow$ " 50°			
横断形状	<4区分> ・ $AB/AL \leq 0 \longrightarrow$ 代表値 0 ・ $0 < AB/AL \leq 0.10 \longrightarrow$ " 0.10 ・ $0.10 < AB/AL \leq 0.20 \longrightarrow$ " 0.20 ・ $0.20 < AB/AL \longrightarrow$ " 0.30	考慮せず*	<4区分> ・ $AB/AL \leq 0 \longrightarrow$ 代表値 0 ・ $0 < AB/AL \leq 0.10 \longrightarrow$ " 0.10 ・ $0.10 < AB/AL \leq 0.20 \longrightarrow$ " 0.20 ・ $0.20 < AB/AL \longrightarrow$ " 0.30	
縦断形状	影響度小のため考慮せず			
要因別斜面分類数	2 $\times$ 5 $\times$ 4 = 40	5	2 $\times$ 5 $\times$ 4 = 40	

*選急線を横断する斜面 H=8.0m 選急線を横断しない斜面 H=4.0m と設定した

3. 2. 4 モデル斜面の地下水深

昭和57年台風10号での降雨を与え浸透流解析を行い、各モデル斜面の時系列の地下水深を求めた。解析条件は表-3に示す。総雨量 453mmに対し累加浸透雨量は164mmとなった。

3. 2. 5 要因分類別モデル斜面の安定性の検討

各モデル斜面に対して安定解析を行いモデル斜面ごとに安全率を計算する。安全率が1.0未満であればそのモデル斜面を代表として分類区分された斜面は崩壊し、

1.0以上であれば崩壊しないと判定する。解析条件は表-4のとおりである。この中でB地域の土の粘着力が19.0t/m²と他の地域と比べ大きい値を示すが、これはB地域の崩壊モデルの斜面高が50mと高く、風化の度合いが岩塊全体としては、ステップ高が4～8mの花コウ岩地帯よりも小さいと考えられるからである。図-5に例としてA地域の選急線を横断する斜面の、勾配別の水深と安全率の関係を示す。

表-3 浸透流解析の計算条件

解析手法	FEM [*] による浸透流解析、ただし横断形状の違いによる集水性の評価は差分法による2次元飽和浸透流解析による
浸透量	川上が提唱する以下の式による。 $Re = (15.7 / Rt^{3/4}) * R$ ここで Re ; 浸透量、R ; 降雨量 Rt ; 累加雨量
土質条件	透水係数 K = 10 ⁻³ cm/sec 有効間隙率 A 地域 ; 2.5～5 % B 地域 ; 0.4 % C, D 地域 ; 30.0 %

*FEMによる浸透流解析プログラム「UNSAT-2」
Shlomo P.neuman (1974)

表-4 斜面の安定解析条件

安定解析法		岩盤崩壊 (A, B 地域) ブロックすべり解析 (任意すべり線) 表層崩壊 (C, D 地域) 平面すべり崩壊 (無限斜面)
土質条件	土の内部摩擦角	A 地域 30°、B 地域 40°、C 地域 30°、D 地域 25°
	土の粘着力	A 地域 遷急線を横断する斜面 2.7 t/m ² 、その他 1.4 t/m ² B 地域 19.0 t/m ² 、C 地域 0.5 t/m ² 、D 地域 0.5 t/m ²
	土の単位堆積重量	湿潤 $r_t = 1.9 \text{ t/m}^3$ 、飽和 $r_{sat} = 2.0 \text{ t/m}^3$ 、水中 $r = 1.0 \text{ t/m}^3$
斜面高または表層厚		斜面高 A 地域 遷急線を横断する斜面 8 m、その他 4 m B 地域 50 m、C 地域 1 m 表層厚 D 地域 0.75 m、段丘礫層 1.5 m

3. 2. 6 モデルの評価

崩壊モデルによる昭和57年台風10号時のシミュレーション結果をとりまとめると表-5の通りとなる。これによれば斜面総数でみた的中率は平均で94%となりかなり高い結果となった。ただし崩壊場所も一致したものの割合は32%であった。したがって、個々の斜面単位で崩壊場所を特定することは今のところ難しいものの、今回設定した崩壊モデルによって崩壊数 (崩壊生産土砂量) を良い精度で把握できる可能性があることが示された。地域別にみると的中率が高いのは、A (花コウ

岩類分布地域) で98%となり、逆に的中率が低いのはD

(堆積岩類分布地域) で73%となった。なお的中率は崩壊斜面の数に着目し以下の式により求めた。

的中率 (%) = (実績崩壊斜面数と計算斜面数のどちらか小さい数 / 実績崩壊斜面数と計算斜面数のどちらか大きい数) * 100

4. お わ り に

・崩壊特性地域区分はおおまかに設定したが、今後は斜面単位での土砂生産ポテンシャルの評価が必要となる。

・断層破砕帯では斜面下部の侵食状況の把握が、土砂生産ポテンシャルの評価に役立つため必要である。

・花コウ岩地域のモデル化の際転倒ブロックの形態や規模の検討が必要であり、特にシーティング節理と山腹のステップ状の平坦面との関連性ならびに他の節理との関連性についてモデル化が必要である。

参考文献 1) 沖村、市川、藤井：表土層内浸透水のモデルを用いた花崗岩層崩壊発生予知のための手法、新砂防136(昭和60年1月)

2) 土質工学会：土質ハンドブック、昭和57年 8月

3) 江川吉武：崩壊の分類及び各崩壊型の地形発達上の意義、新砂防112、昭和54年 8月

4) R. E. グッドマン：わかりやすい岩盤力学、鹿島出版会

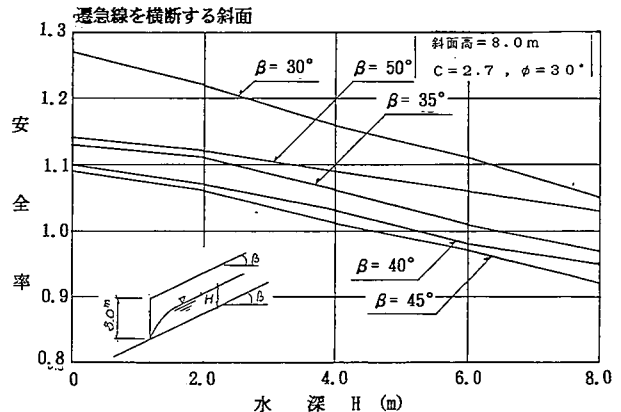


図-5 水深と斜面安全率の関係

表-5 昭和57年台風10号時の災害実績とシミュレーション結果の比較

地域区分	実績値	計算値	的中率
A	113	111(49)	98(43)
B	10	11(3)	91(30)
C	40	47(11)	85(28)
D	73	53(13)	73(18)
合 計	236	222(75)	94(32)

() 内は、昭和57年台風10号時の崩壊斜面に着目した場合