

27 土砂生産・流出の長期的影響に関する検討

崩砂防・地すべり技術センター ○戸木 敏仁, 松村 和樹
株式会社コルバック 鈴木 正己
建設省富士川砂防工事事務所 酒谷 幸彦

1. はじめに

土砂移動過程は土砂の生産、輸送、堆積の大きく3つの過程に分類され、それらは降雨などの自然の外力によって変化している。流域で崩壊生産された土砂は下流に輸送されていくが、すべての生産土砂が下流に輸送されるのではなくその一部は河道に貯留している。そして河道に貯留している土砂はその後の洪水により徐々に下流に輸送される。このように下流域に与える土砂流出の影響は、短期間（ひと雨の期間）におけるものばかりでなく、流域の大きさ、土砂生産の場の状況により長期間に及ぶものもあると考えられる。しかし、上流域で生産された土砂が下流域に及ぼす影響の大きさ、期間についてこれまであまり検討なされていないのが現状である。このような現象を把握するためには、長期間、長区間の河床変動測量を解析することが重要であるが、ここでは計算機での数値実験的手法を用いて大規模な土砂生産が下流河道に及ぼす影響について流域面積約40km²、主流路長約17kmのモデル流域において検討を行ったものである。

2. 長期的土砂流出現象とその影響について

一般に生産源から供給される土砂は、石礫から微細粒子まで広範囲な粒度分布を示している。そのため、土砂の輸送過程における粒径ごとの移動限界の相違が河床材料のふるい分け作用をもたらし、その結果比較的大きな粒径が表層に出現し、細かい粒径は下層に存在するといったアーマコート現象が起きる。

崩壊生産土砂の一部は、河道の土砂輸送能力の局所の変化によって河道や山脚に貯留し、このような土砂は細粒分が多く、その後の洪水により容易に流出すると考えられる。このように大雨の後に中小降雨が連続することによっても粒径は細かいが、量的には大雨と同程度の流量に応じた流出土砂が下流に輸送されることになり、土砂生産が生じた場合と無い場合では下流河道が被る影響に差異が現れる。

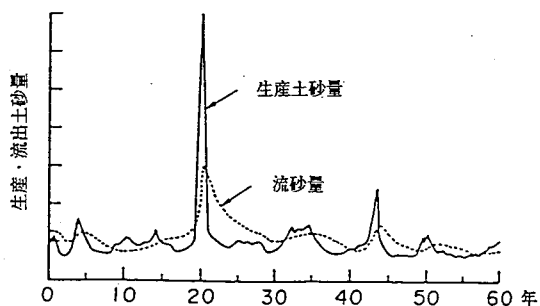


図-1 生産土砂量と流砂量の時系列¹⁾

3. 長期影響期間の考え方

前述したように長期間の土砂流出は下流域にとっても無視することのできない土砂移動現象である。そこで砂防計画の対象とする流出土砂はひと雨ばかりのものでなく、長期間におけるものも十分考慮して決定しなくてはならない。そのためにも長期間における土砂移動現象を的確に把握することは必要

である。そこで、生産土砂の下流河道へ及ぼす影響を検討する手法としては、「生産土砂を与えた時の土砂移動現象」と「生産土砂を与えずに流量のみ与えた時の土砂移動現象」を下流点において土砂量、粒径分布を比較することにより崩壊生産土砂が下流域に及ぼす影響について評価することを考えた。

以下にその検討手順を述べる。

3.1 検討手順

- ① 流域下流端において、アーマコート部の90%粒径が移動しはじめる流量を求める。すなわち、限界掃流力 $\tau_{c,90}$ <掃流力 τ となる流量を求め、この流量の相当する雨量 R_c を設定する。
- ② 年3位までの実績雨量を時系列に並べ、雨量 R_c を超える実績雨量を抽出し、計画規模時のハイドログラフの後に抽出した実績雨量のハイドログラフを続ける(図-2参照)。
- ③ ②で設定したハイドログラフに計画規模に対する崩壊生産土砂量と流量を与えて、河床変動計算を行うことにより土砂移動状況を把握する。
- ④ ③の結果を比較するために後続の流量のみを与えて、河床変動計算を行うことにより土砂移動状況を把握する。
- ⑤ ③と④の結果をそれぞれ1洪水あたりの流出土砂量、累加流出土砂量、粒径別流出土砂量、粒径分布を比較検討することにより生産土砂による影響を検討する。

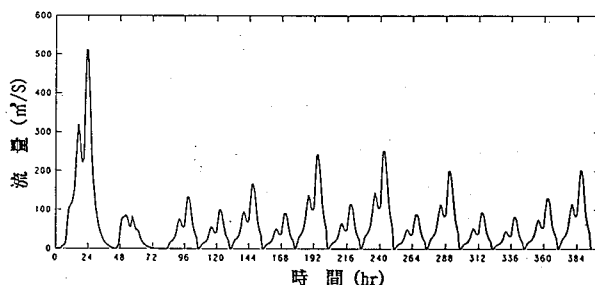


図-2 ハイドログラフ

3.2 土砂生産・流出モデルの概要

土砂生産と流出モデルは、検討を行った流域を地質・地形条件等から土砂生産区域と生産・流出区域の2つに区分し、それぞれの区域について計算をおこなうものである。

土砂生産モデルは、斜面崩壊の発生、非発生を把握することにより生産土砂量を推定する物理モデルである。どの斜面が崩壊するか識別する方法としては、まず流域内を単位斜面ごとに分割し、さらに単位斜面を地質、地質構造、地形の要因別に分類し、次に要因別に分類した斜面ごとにモデル斜面を選出し、その斜面における浸透流解析、斜面安定解析を行うことにより斜面崩壊の有無を把握する方法をとった²⁾。

土砂流出モデルは、生産土砂が河道に流入した後の土砂の流送形態と粒径に考慮して追跡を行う物理モデルである。流送形態は掃流と土砂流・土石流に分け、その内の土砂流、土石流の区分については河床勾配によって決定した。流砂量は掃流、土砂流、土石流、浮遊砂ごとに算出し、掃流砂に関してはアーマコートや粒径の混合効果を評価するため混合粒径の河床変動計算手法を用いた。

3.3 粒径分布

土砂生産・流出シミュレーションを行う際に河床や崩壊土砂の粒径分布を同定することは重要なことである。しかし、河床の粒径分布を正確に設定することは難しいため、今回は2 CASEの粒径分布を設定し検討することとした。なお、崩壊生産土砂の平均粒径は5mmであり、CASE 1、2のアーマコート部の平均粒径はそれぞれ232mm、500mmであり、河床材料の平均粒径はそれぞれ15mm、30mmである。

表-1 粒径分布 (CASE 1)

代表粒径	1mm 浮遊砂	8mm	32mm	128mm	500mm	合計 (%)
崩壊生産	55	41	4	0	0	100
アーマート部	0	0	4	67	29	100
河床材料	34	28	38	0	0	100

表-2 粒径分布 (CASE 2)

代表粒径	1mm 浮遊砂	8mm	32mm	128mm	500mm	1000mm	合計 (%)
崩壊生産	55	41	4	0	0	0	100
アーマート部	0	0	0	30	48	22	100
河床材料	34	46	0	20	0	0	100

4. 検討結果

図-3, 4はそれぞれCASE 1, CASE 2における1洪水あたりの流出土砂量と累加流出土砂量を時系列的に示したものである。図-3によると各洪水において生産土砂を与えたものと与えないものの違いはあまり認められなかった。また累加流出土砂量についても違いは認められなかった。すなわち、土砂が生産され河道に供給されても下流域には、影響を与えないことがわかる。また図-4によると土砂を与えない場合は144時間まで土砂流出がなく、生産土砂を与えた場合には土砂流出が認められる。

表-3, 4は、それぞれCASE 1, CASE 2において流出土砂の粒径分布を1洪水ごとに示したものである。表-4から生産土砂を与えた場合は5番目の後続洪水まで細粒砂が流出土砂に占める割合が多いこと、また土砂を与えない場合と比べて割合が大きいことが認められる。これは、計画規模の洪水によりアーマート部が破壊され、アーマート部の下層に堆積していた細粒砂が下流点に多量に輸送されることが原因と考えられる。すなわち、後続洪水を連続して設定することによりアーマート部の生成が容易でないことによって細粒砂が流出し続けると考えら

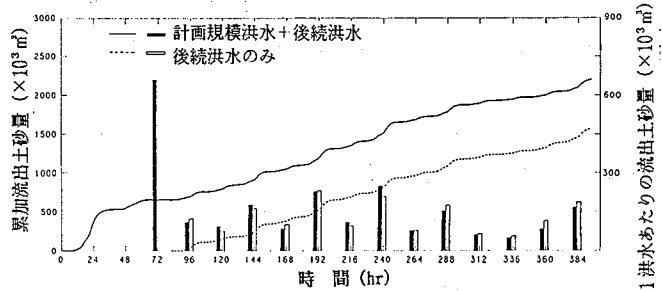


図-3 累加流出土砂量 (CASE 1)

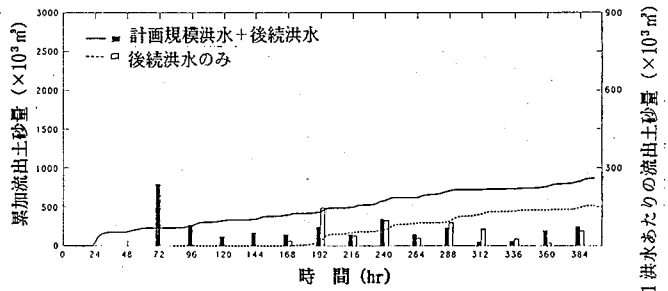


図-4 累加流出土砂量 (CASE 2)

表-3 流出土砂の粒径分布 (CASE 1) (%)

粒径 (mm)	計画規模洪水+後続洪水					後続洪水のみ				
	1	8	32	128	500	1	8	32	128	500
計画規模洪水	38.4	17.0	21.1	22.3	1.2	—	—	—	—	—
後続洪水 1	28.0	13.7	17.5	40.6	0.2	40.7	26.0	33.0	0.3	0.0
" 2	28.4	15.4	19.2	37.0	0.0	38.4	23.7	29.6	8.3	0.0
" 3	31.7	15.4	20.0	32.9	0.0	40.8	40.8	27.1	9.7	0.3
" 4	32.3	14.3	15.8	37.6	0.0	40.7	40.7	29.7	5.0	0.2
" 5	15.6	5.9	27.3	51.2	0.0	19.4	19.4	49.1	3.1	1.1
" 6	15.6	4.4	45.9	39.3	0.0	29.1	29.1	35.2	15.1	0.1
累加洪水	26.5	14.3	24.6	34.1	0.5	31.3	31.3	25.2	19.5	0.5

れる。また6番目の後続洪水からほぼ一定の割合で細粒砂の流出がみられ、その他の粒径についても同様なことが認められる。

ケースごとにみると河床が移動しやすい粒径の場合(CASE 1)では、生産土砂の粒径と河床の粒径の大きさが近いので、土砂量の流送曲線はハイドログラフの波形を忠実に表現している。一方、アーマコートが強固で河床が移動しにくい粒径の場合(CASE 2)では、生産土砂の粒径と河床の粒径は大いに異なっているため、洪水が発生すると河道の状況は変化し、土砂流出量、現象等が異なって現れることがわかる。一般的にCASE 1は火山や常時荒廃している河川に多くみられ、CASE 2は一般の河川に多くみられる。

表-4 流出土砂の粒径分布(CASE 2)(%)

粒径(mm)	計画規模洪水+後続洪水					後続洪水のみ				
	1	8	128	500	1000	1	8	128	500	1000
計画規模洪水	59.1	27.6	10.9	2.4	0.0	—	—	—	—	—
後続洪水 1	53.7	36.3	9.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
" 2	54.0	36.4	9.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
" 3	76.0	16.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
" 4	82.3	13.2	4.4	0.1	0.0	69.1	21.4	9.5	1.4	0.0
" 5	84.6	7.6	7.7	0.1	0.0	53.3	33.0	12.3	0.0	0.0
" 6	62.9	29.1	8.0	0.0	0.0	60.2	28.1	11.7	0.0	0.0
累加洪水	57.4	31.8	10.0	0.8	0.0	62.9	26.5	10.2	0.4	0.0

5. おわりに

今回の報告では計画規模で発生した崩壊生産土砂が下流域に及ぼす影響について検討を行った。その結果、河床を構成する材料と崩壊土砂の材料の差が下流域への影響を及ぼすパラメータの1つであることがわかった。しかし、崩壊生産土砂の影響を流出土砂で評価したため、河床からの生産土砂と崩壊生産土砂との影響の差を明確に把握することは困難であった。これは用いたモデルがその目的に対応していないためであり、今後モデルの改良も含め検討する必要がある。

参考文献

- 1) 芦田和男; 土砂生産・流出過程, 水工学シリーズ84-A-2, 1984年7月
- 2) 前田 禎、松村和樹、久保田哲也、坂場義雄、鈴木正己; 小武川流域の地形の特徴と崩壊モデル - 昭和57年災害を対象として -, 砂防学会研究発表会概要集, 平成元年