

39 山地流域における長期土砂流出と 砂防施設の効果

(財)砂防・地すべり技術センター ○枠木 敏仁

同 上 松村 和樹

株式会社 コルバッック 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

土砂災害を未然に防止するためには、土砂の挙動を把握した上で土砂の生産抑止、抑制及び河道の安定などさまざまな土砂災害対策を実施しなくてはならない。しかし、従来は、土砂生産及び流出に関与する降雨を年超過確率100年程度雨量として土砂の挙動と施設効果の評価がなされており、十分土砂の挙動等を反映していない。

そこで、本報告は山地流域を例にとり数値実験的手法（一次元河床変動計算）を用いて計画規模降雨後に中小降雨が発生した場合の土砂の挙動と砂防施設（砂防ダム、床固め工）の効果を時系列的に把握することを目的として検討を試みたものである。

2. 計算条件・計算ケース

計算の対象範囲は全流路長約20km、流域面積約100km²の山地荒廃河川とした。

2.1 河床変動計算

河床変動計算は掃流力を求める流水の運動方程式、流砂量を求める流砂量式、河床変動量を求める流砂の連続式を解くことによって行い、計算結果は計算後の河床高、河床変動量、流出土砂量、土砂濃度である。流砂の形態は土石流、土砂流（掃流状集合運搬）、掃流、浮遊砂を取り扱った。土石流、土砂流については高橋式を用い、掃流、浮遊砂については、それぞれM.P.M式、芦田・道上式を用いた。

2.2 流量条件

流量条件は3ケース設定した。

①短期洪水の流量は計画規模降雨を流量に変換して設定した。

②長期洪水の流量は、対象流域内で観測された実績の降雨データをもとにモンテカルロ・シミュレーションを用い約70年間の降雨時系列を模擬発生させ、流量に変換し設定した。その降雨時系列の中には計画規模雨量を含んだものとした。

③短期洪水+4中小洪水の流量は長期洪水の中の計画規模降雨続く4中小降雨を流量に変換して設定した。

2.3 河床条件

河床材料データについては現地調査の結果より表-1に示すとおり設定した。なお、河床の非侵食深を3mと仮定し、初期河床高から3m以上は洗掘されないとした。

2.4 給砂条件

給砂条件としてはすべてのケースにおいて斜面からの土砂量と低次谷からの土砂量を時系列的に供給した。生産土砂は、連続雨量が土砂生産限界雨量250mm（当流域の特性より算出）を超えた時点から流量に比例して時系列的に与えた。

2.5 砂防施設

砂防施設の基数はそれぞれ砂防ダム8基、床固め工3基の合計11基の砂防施設を配置した。砂防施設は満砂状態とした。

2.6 計算ケース

計算ケースは表-2に示すとおり計6ケース計算を行った。ただし、ケース3、4については、計算機の容量、現存のプログラム制限から70年間の流量を与えて計算することができないため、各洪水規模ごとに同一の元河床高を与え、流出土砂量を求めた。累加流出土砂量は各洪水規模の流出土砂量を等を求める方法を流量時系列に従い加算し、求めた。

3. 計算結果

3.1 流出土砂量及び累加流出土砂量の経時変化

図-1は対象流域末端部における流出土砂量の経時変化を比較したものである。短期洪水時（94時間まで）では、土砂流出のピーク低減が認められ、ピーク低減土砂量としては $11.6 \times 10^3 m^3$ である。短期洪水+4中小洪水時（334時間まで）においても同様にピークの低減効果が認められるが、短期洪水ほど顕著でない。

図-2、3は対象流域末端部において累加流出土砂量の経時変化を比較したものである。短期洪水時では $311.02 \times 10^3 m^3$ が砂防施設効果量として認められ、短期洪水+4中小洪水時では、砂防施設効果量が $354.4 \times 10^3 m^3$ 認められる。すなわち約 $43 \times 10^3 m^3$ の土砂が4中小洪水時の砂防施設効果量となる。これより砂防施設は短期洪水ばかりでなく、中小洪水にも効果があることがわかる。図-2に示した×はケース3におけるケース5と同一洪水規模時の累加流出土砂量のプロットである。334時間目のケース3とケース5の土砂量の差は $10 \times 10^3 m^3$ 程度であることから明確な違いは認められなかった。

表-1 河床粒径データ

粒径	1mm 浮遊砂	8mm	32mm	128mm	合計
河床表層部	0	4	62	34	100%
河床下層部	32	40	25	3	100%

表-2 計算ケース

ケース名	流量条件	砂防施設の有無
CASE-1	短期洪水	有
CASE-2	短期洪水	無
CASE-3	長期洪水	有
CASE-4	长期洪水	無
CASE-5	短期洪水+4中小洪水	有
CASE-6	短期洪水+4中小洪水	無

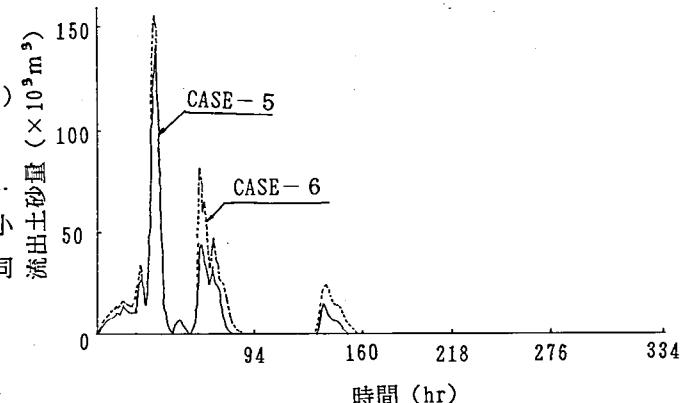


図-1 短期洪水+4中小洪水時の流出土砂量の経時変化

図-2、3は対象流域末端部において累加流出土砂量の経時変化を比較したものである。短期洪水時では $311.02 \times 10^3 m^3$ が砂防施設効果量として認められ、短期洪水+4中小洪水時では、砂防施設効果量が $354.4 \times 10^3 m^3$ 認められる。すなわち約 $43 \times 10^3 m^3$ の土砂が4中小洪水時の砂防施設効果量となる。これより砂防施設は短期洪水ばかりでなく、中小洪水にも効果があることがわかる。図-2に示した×はケース3におけるケース5と同一洪水規模時の累加流出土砂量のプロットである。334時間目のケース3とケース5の土砂量の差は $10 \times 10^3 m^3$ 程度であることから明確な違いは認められなかった。

図-3では、砂防施設効果量として $12.53 \times 10^6 m^3$ が認められる。しかし、これは各洪水規模時の砂防施設効果量を流量時系列に従って累加した値であることから実際はこの値より少い値が砂防施設効果量となるであろう。ただし図-2から中小洪水を連続して求めた累加流出土砂量と一洪水ごとに求めた流出土砂量を加算した累加流出土砂量は大きな違いがないことから推測すると大きな差はないであろう。

3.2 流出土砂量の流砂形態ごとの比較

表-3は短期洪水+4中小洪水時における無施設時と施設時の流出土砂量の流砂形態ごとの割合を比較したものである。ケース6では、流出土砂量のほとんどが土石流状態で流出していることがわかる。ケース5では土石流状態による土砂流出が少なくなり、掃流状態の土砂流出が全体の約50%を占めていることがわかる。

る。

表-4は砂防施設時及び無施設時における短期洪水と短期洪水+4中小洪水の流出土砂量の流砂形態ごとの割合を比較したものである。ケース5はケース1と比較して土石流状態で流出する土砂は若干ではあるが少なくなっていることがわかる。しかし、無施設時においても土石流状態で流出する土砂の割合は少なくなっていることから砂防施設の効果は明確でない。

表-3 短期洪水+4中小洪水時の流砂形態ごとの流出土砂量

流砂状態	ケース6	ケース5
浮遊砂	3.87	8.71
掃流	14.34	51.50
土石流	81.79	39.79
合計	100 %	100 %

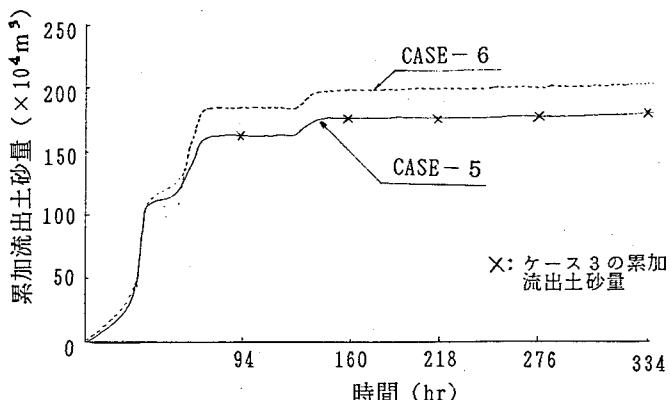


図-2 短期洪水+4中小洪水時の累加流出土砂量の経時変化

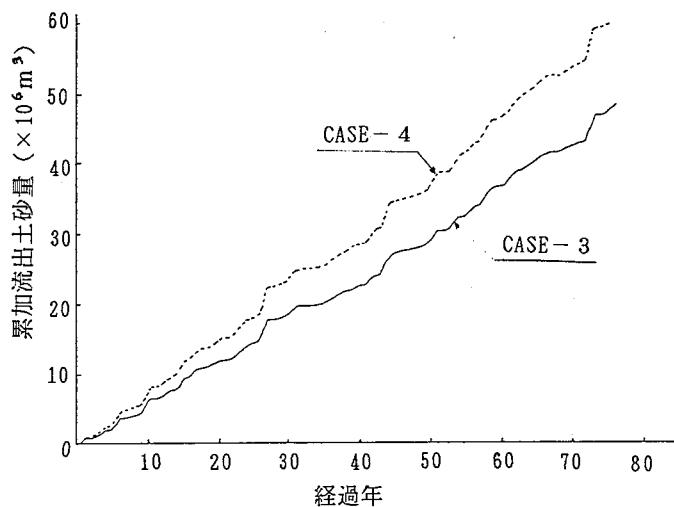


図-3 長期洪水時の累加流出土砂量の経時変化

表-4 砂防施設時及び無施設時の流砂形態ごとの流出土砂量

流砂状態	ケース2	ケース6	ケース1	ケース5
浮遊砂	3.40	3.87	8.82	8.71
掃流	8.90	14.34	49.32	51.50
土石流	87.70	81.79	41.86	39.79
合計	100 %	100 %	100 %	100 %

3.4 土砂濃度の経時変化

図-4は砂防施設直下流点における土砂濃度の経時変化を示したものである。短期洪水時では施設時と無施設時の土砂濃度のピーク差は約2.2程度あるが、土砂濃度のピーク時を除いては大きな違いはみられない。一方、中小洪水時においては無施設の場合で土砂濃度の変動は少ないが、施設時では土砂濃度の変動は大きい。

すなわち土砂流出が抑えられていることは砂防施設の効果があることになる。

3.4 その他の検討

河床変動高の経時変化及び河床高の縦断変化の検討結果については、講演時に述べる。

4. 今後の課題

今回の報告では山地流域における計画規模降雨の後に続く中小降雨を連続した場合と約70年間のタイムスパンを考えた場合における土砂の挙動と砂防施設の効果について数値実験的手法（一次元河床変動計算）を用い、検討を行った。その結果、砂防施設の効果としては、中小洪水時には短期洪水時ほどは顕著に表れないが、ピークの低減、及び砂防施設効果量があることがわかった。また連続した流量を与えて求めた累加流出土砂量と一洪水ごとの流出土砂量を加算して求めた累加流出土砂量の大きな違いは認められなかった。しかし、計算機の容量やプログラムの制限から、連続した大量の流量を与えて経時的に流出土砂量等を追うことができなかつたため、数十年におよぶ効果量を定量的に把握できなかった。

今後は、プログラムの改良を行い、数十年におよぶ土砂の挙動、砂防施設の効果を定量的に把握するとともに、砂防施設として砂防ダム、床固め工ばかりでなく、山腹からの生産土砂を抑制する発生源対策施設の効果も評価した山腹斜面から河道までの土砂の挙動を追跡していきたい。