

山地河川における水と土砂の流出量の評価について

九州大学 大学院 工学研究科 学生員 荒渡 光貴
 九州大学 大学院 工学研究科 正員 橋本 晴行
 九州大学 大学院 工学研究科 正員 池松 伸也
 九州大学 大学院 工学研究科 学生員 Park Kichan

1. 目的

洪水時における流出解析は流水のみを対象にした解析が通常行われるが、強い降雨時には上流域で土石流や土砂流などが発生し、著しい河道変動が生じていることが多い。このような場合には流水と流砂を連立方程式の同時解として求めて河床変動解析を行う必要がある。このような観点からいくつかの研究¹⁾がすでに行われているが、山地河道には掃流砂を初めとして土石流、掃流状集合流動、高濃度浮流砂流など様々な流砂形態が現れるので、流出解析においては精度の良好な流砂量や抵抗則の評価式が必要である。本研究は、それらについての従来²⁾³⁾の成果を用い、雨水流モデルを用いた土砂・水の流出量の評価について考察を行ったものである。

2. 水と土砂の流出量の評価

雨水流モデルはKinematic Wave法とも呼ばれ、モデル流域を斜面部と河道部とに分け(図-1)、斜面部では斜面長 L_s 、勾配 s の様な矩形斜面として取り扱い、雨水の流出計算を行う。河道部では斜面からの側方流入 q_{in} を伴う場合の1次元河床変動計算を行う。斜面から河道への土砂流入は考えないことにする。基礎式は以下のとおりである。

(1) 斜面部

連続式は、水深を h 、流量を q 、雨量強度を r として

$$\frac{h}{t} + \frac{q \cos s}{x} = r \cos s \quad (1)$$

となる。ここに、 x 軸は上流端から水平に測った距離である。運動方程式は擬等流として取り扱い

$$q = \frac{1}{n_s} \sqrt{\sin s} h^{5/3} \quad (2)$$

となる。ここにマンニングの粗度係数は $n_s = 1$ (m-sec単位)とした。初期条件は $q = 10^{-7} m^2/s$ とした。

(2) 河道部

運動方程式、全相連続式、固相連続式はそれぞれ以下の通りである。

$$\frac{Q}{t} + \frac{vQ \cos s}{x} = gBh \cos s \left[\frac{(h \cos s + z)}{x} \right] - (B + 2h) \frac{v^2}{2} \quad (3)$$

$$B \frac{(h + z \cos s)}{t} + \frac{Q \cos s}{x} = q_{in} \quad (4) \quad B \frac{(C_* z \cos s)}{t} + \frac{(Bq_s) \cos s}{x} = 0 \quad (5)$$

ここに x 軸は上流端から水平に取った距離、 z は基準水平面から垂直上向きに測った河床高さである。また流速係数は $\alpha = 5$ とした。流砂量式としてどのような式を用いるかが問題であるが、ここでは急勾配で、広範囲の勾配の河道に適用が可能な、掃流状集合流動における流砂量式

$$\frac{q_s}{\sqrt{sgd^3}} = 4.7 \frac{3/2}{*} \left(1 - \frac{*c}{*} \right) \frac{1}{(-\tan \theta) \cos \theta} \quad (6)$$

を用いる。ここに、河床材料は均一と仮定し粒径 $d=0.05m$ とおいた。河道幅 B は現地での測定値を参考にして決めた。初期条件は、低水時においても流水が存在しているので、 $Q = 0.1 m^3/s$ 、 $h = (Q / (\sqrt{g \sin s} B))^{2/3}$ として与えた。堆積層厚は $D=2m$ とした。

3. 背振ダム流域への適用

(1) 背振ダム流域の概要

図-2に縮尺1/25000の地形図から読みとられた背振ダム流域を示す。背振ダムは南畑ダムの上流約6km地点に上水道専用ダムとして築造されたもので、竣工後24年経過している。その流域面積は

キーワード：土砂流出，流出解析，Kinematic Wave法

連絡先：〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1 TEL 092-642-3289 Fax 092-642-3289

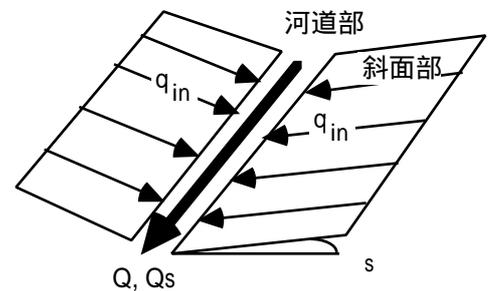


図-1 斜面部と河道部から構成される河川流域

5.5km²、当初総貯水容量は450万m³である。97年12月現在、累加堆砂量は6万m³、比堆砂量は506m³/年/km²である。背振ダムには3つの河川が流入している。その内、山添川（図-2中C）の縦断勾配は3.61°～11.7°である。

(2) 計算条件

3河川（図-2中C,D,F流域）を対象にして計算を行った。用いた降雨データは、98年5月10日から5月13日までの降雨記録（図-3）である。差分はマコーマック法を用い、計算格子間隔は、斜面部、河道部とも空間刻み幅 $x=10m, 20m$ 、時間刻み幅 $t=0.2秒, 0.5秒$ とした。河道幅Bは、河川の数ヶ所の地点で実際に測量した値から推測した。

計算は、まず図-3の降雨条件下で式(1)、(2)を用いて各斜面からの流出量を計算する。次に、支川河道について、式(3)、(4)、(5)、(6)および斜面からの横流入量を用いて河床変動計算を行い、本川との合流点における流量と流砂量を求める。最後に、本川河道についても同様に、式(3)、(4)、(5)、(6)、斜面からの横流入量および支川からの流入流量、流砂量を用いて河床変動計算を行う。

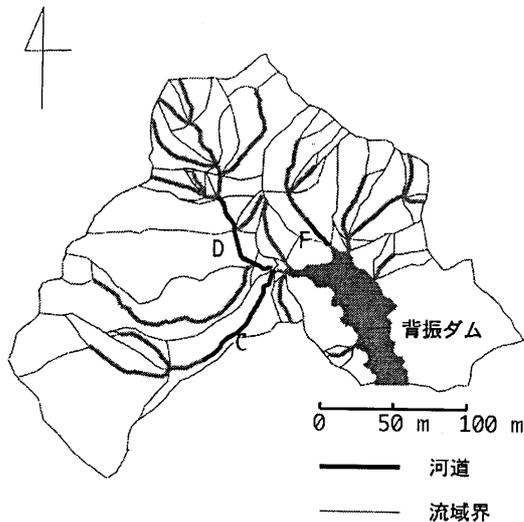


図-2 河道と流域に分割された背振ダム流域

(3) 計算結果

図-4、5に与えられた降雨条件下における下流端（ダム入口）での流量Q、流砂量Qsの計算結果を示す。降雨のピークに対応した形で、流量、流砂量がある程度評価されていることが分かる。また、流量規模が小さい場合には流砂が河道に存在しない場合もあることが分かる。3流域の流量の合計は589,904m³、流砂量の合計は8,012m³となっている。実測された総流入量は613,404m³であるので、3つの河川からの流入量の計算値は、ほぼ一致した。しかしながら、流砂量の合計は年間堆砂量の実測値に比べて5倍過大となっている。

4. 結論

斜面部では運動方程式として等流条件のマニング式を、連続式として非定常の流水の連続式を用い、河道部では非定常の運動方程式、全相連続式、固相連続式を用いて計算を行った。計算された流出流量は実測値と近い値を得ることができた。しかし、流砂量の計算値は、過大な値となってしまった。この理由として、堆積層の厚さや粒径の評価、また、粒度分布を考慮しなかったことなどに問題があったと考えられる。

参考文献

- 1) 高橋保, 井上素行, 中川一, 里深好文: 山岳流域における土砂流出の予測, 水工学論文集, 第44巻, 2000
- 2) 橋本晴行, 平野宗夫: 掃流状集合流動の抵抗則と流砂量, 土木学会論文集No.545/II-36, pp. 33-42, 1996.
- 3) 平野宗夫, 橋本晴行, 多川博章: 急勾配水路における浮流砂を伴う流砂量, 水工学論文集, 第42巻, 1998.

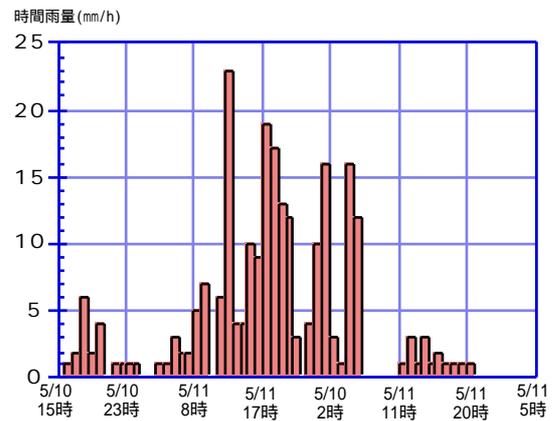


図-3 98年5月10日から13日までの背振ダムにおける時間雨量データ

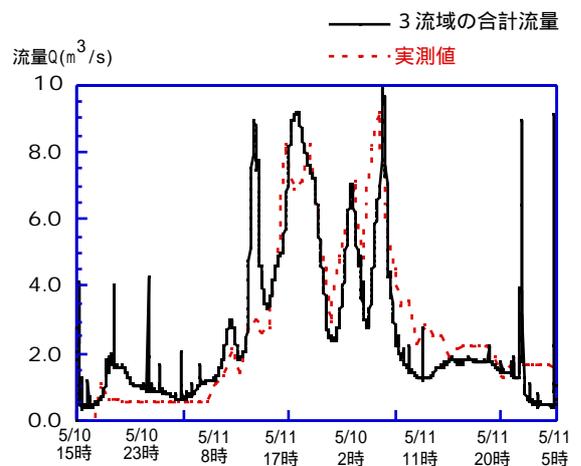


図-4 ダム入口での流量の計算ハイドログラフ

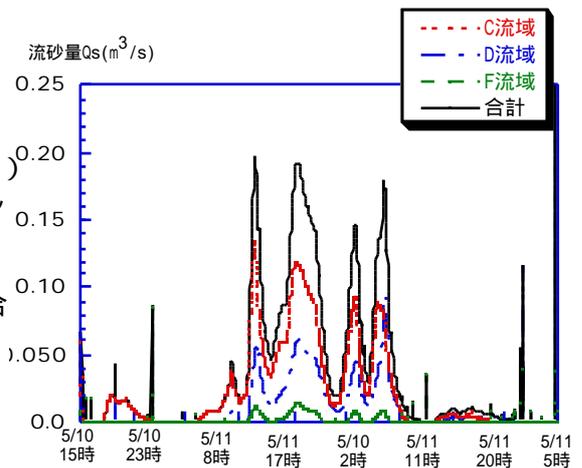


図-5 ダム入口での流砂の計算ハイドログラフ