

雲仙水無川における小規模土石流による流出土砂量の評価

九州大学大学院工学府 学生員 荒渡 光貴  
 九州大学大学院工学研究院 正員 橋本 晴行  
 九州大学大学院工学研究科 学生員 Park Kichan

1. はじめに

山地流域においては強い降雨時には上流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く、このような場合の流出解析には流水と流砂を連立方程式の同時解として求める解析が必要となる。山地河道には土石流、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が、著者らは急勾配の山地河道に現れる流砂形態について統合的な理論展開を行い<sup>1)・2)</sup>、それらの流砂量や抵抗則の評価式を開発してきた。本研究は、それらの成果を雲仙水無川において1992年6月7日発生の小規模土石流に適用し、雨水流モデルを用いた土砂・水流出量の評価法について考察を行ったものである。

2. 土砂流出量の評価

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 $\theta_s$ 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

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

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

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

となる。ここにマンニングの粗度係数は  $n_s = 0.6$  (m-sec単位) 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。

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

$$B \frac{\partial (h + z \cos \theta)}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} \cos \theta = q_{in} \quad (4)$$

$$B \frac{\partial (C \cdot z \cos \theta)}{\partial t} + \frac{\partial (Bq_s)}{\partial x} \cos \theta = 0 \quad (5)$$

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 $\phi = 7$ 、最密充填濃度 $C = 0.65$ 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<sup>1)</sup>

$$\frac{q_s}{\sqrt{sgd^3}} = 4.7 \tau_*^{3/2} \left( 1 - \frac{\tau_* \epsilon}{\tau_*^*} \right) \frac{1}{(\alpha - I_r)} \quad (6)$$

ここに、 $\alpha = 0.875$ 、 $\tau_* = 0.05$ 、 $I_r = u_*^2/gh$ であり、河床材料は均一と仮定し粒径 $d = 0.05m$ とおいた。

3. 水無川流域への適用

(1) 河道幅と流域面積との関係

河道部の計算の際には川幅 $B$ を与える必要がある。川幅については、流量 $Q$ との関係を示したレジーム則や、流域面積との関係を表わした笠井<sup>3)</sup>の式がある。ここでは後者の式を用いることにする。

$$B = 5.36 \times A^{0.37} \quad (\text{ただし、川幅} B \text{は} m、\text{流域面積} A \text{は} km^2)$$

図-2は、笠井が行った調査以外に背振ダム流域、南畑ダム流域、寺内ダム流域での筆者らの現地調査結果を合わせて示したものである。

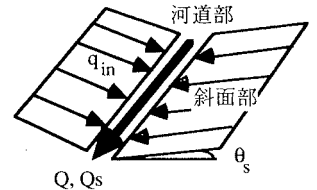


図-1 斜面部と河道部から構成されるモデル流域

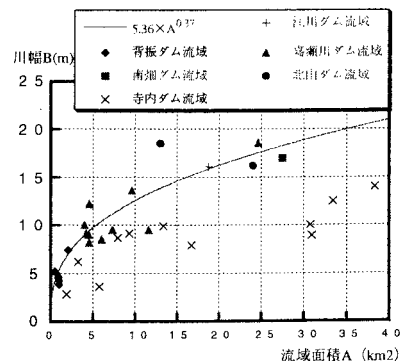


図-2 川幅と流域面積との関係

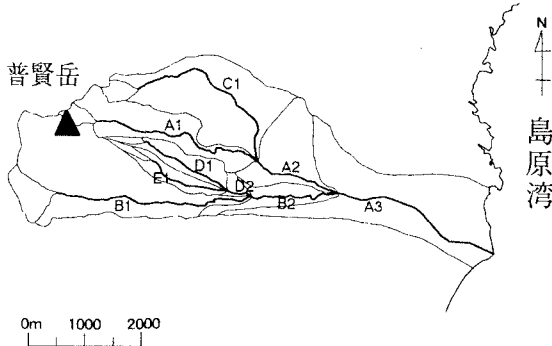


図-3 水無川流域

(2) 計算条件

図-3に縮尺1/25000の地形図から読みとられた水無川流域を示す。

用いた降雨データは、92年6月7日2時から17時間の降雨記録である(図-4)。差分はマコーマック法を用い、計算格子間隔は、斜面部では空間刻み幅 $\Delta x=10m$ 、河道部では $\Delta x=20m$ 、時間刻み幅 $\Delta t=0.1秒\sim 0.5秒$ とした。河道幅 $B$ は、A3河道については実測値を用い、その他の河道では $B=5.36 \times A^{0.37}$ (ただし、川幅 $B$ はm、流域面積 $A$ は $km^2$ )を用いた。

計算は、まず図-4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。

(3) 計算結果

図-4に与えられた降雨条件下における、河口から1080m上流にある大南橋での流量 $Q$ の計算結果を図-5,6に示す。計算総流量は $560,000m^3$ となり、実測値の流量のピークが $70m^3/s$ 程度であるのに対して計算値は $51m^3/s$ 程度となった。また、国道57号線地点での計算総流砂量は $8470m^3$ となり、実測値の $34,000m^3$ と比べかなり過小な値となった。これは浮流砂を考慮していないためと思われる。

さらに詳細な流出解析を行うためには斜面における地下水の問題や、斜面からの土砂の供給を考慮することも必要である。また、河道部では、堆積層厚の問題や砂レキの粒度分布についても考慮しなければならない。

4. おわりに

以上、雨水流モデルを用いて流水と流砂を連立方程式の同時解として求める流出解析を行った。まだ、計算時間の問題を始めとして、多くの課題が残っているが、方程式を簡略化するなどして、計算の高速化を行うことも必要であろう。

参考文献

- 1) 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, 1996.
- 2) 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.
- 3) 笠井美青: 嘉瀬川に流入する河川およびダムへの流入土砂について, 平成9~11年度建設省・土木学会共同研究報告書(代表九州大学 橋本晴行), 2000.

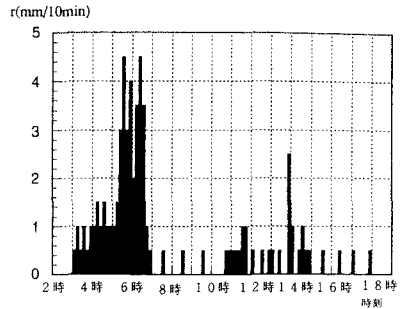


図-4 92年6月7日から17時間の雨量データ

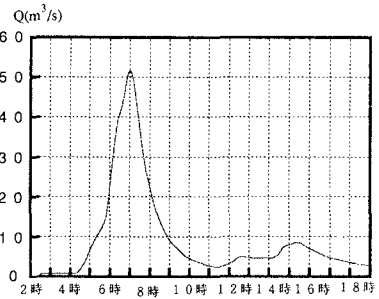


図-5 大南橋での流量の計算ハイドログラフ

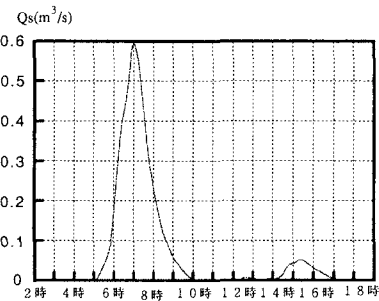


図-6 大南橋での流砂の計算ハイドログラフ