

河床幅と河床勾配による流砂量の変化に関する検討

国土防災技術北海道株式会社 ○松山洋平 九石公道 森 美佳
中葉 保 朝日敏治

1はじめに

砂防調査と工事に関わる要件の一つとして、施設効果の評価が挙げられる。この施設効果の評価は、砂防計画上、施設配置に対するその効果の妥当性を検討するものである。砂防施設効果は、これまで、経験値による縦断規制を主体とする方法と、土砂濃度式や流砂量公式による数値シミュレーションによる方法等が採用されてきた。経験値に基づく縦断規制を主体とする方法は、扇状地のように縦断勾配の緩やかな、或いは河床と河岸との高低差に乏しい流域ではその効果検討に限りがあり、また、数値シミュレーションによる方法では、与条件により異なる結果が得られる場合があることから、判断が難しい場合がある。

本報告では、この課題について少ない与条件のもと、流砂量の変化を推定する、簡易な手法について検討したものである。

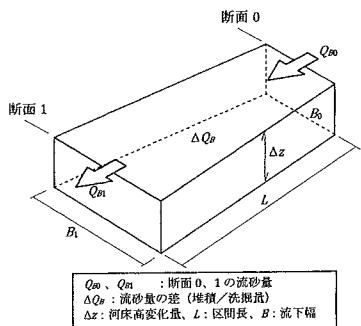
2 河床変動の基本的な考え方

ある区間における河床変動は、次式で表される。

$$\left. \begin{array}{l} Q_{B0} - Q_{B1} < 0 : \text{洗掘} \\ = 0 : \text{変動なし} \\ > 0 : \text{堆積} \end{array} \right\} \quad (1)$$

ここで、式(1)の両辺を Q_{B0} で除すと、次のように表すことができる。

$$\left. \begin{array}{l} Q_{B1}/Q_{B0} > 1 : \text{洗掘} \\ = 1 : \text{変動なし} \\ < 1 : \text{堆積} \end{array} \right\} \quad (2)$$



上式中 $Q_{B1}/Q_{B0} = \alpha$ とし、これを流砂量比と呼ぶこととする。ここで、流量、粗度係数、礫径等の条件を図-1に示す隣接する断面0-1において一定と仮定し、式(2)の左辺である Q_{B1}/Q_{B0} について、流砂量にBrown式を、土砂の運動にManning式を適用すると、次のように表される。

$$Q_{B1}/Q_{B0} = p^m q^n = \alpha \quad \text{ただし, } p = B_1/B_0, q = i_1/i_0 \quad (3)$$

上式より、 $Q_{B1} = \alpha Q_{B0}$ と表される。従って、式(1)及び式(3)から、2地点間の流砂量の差は次式となる。

$$\Delta Q_B = Q_{B0} - Q_{B1} = Q_{B0} - \alpha Q_{B0} = (1 - \alpha) Q_{B0} \quad (4)$$

式(4)は、流砂量の差は、上流からの流砂量の流出率として求まることを示す。流砂量比は、流砂量が幅・勾配のみの関数となり、河道形状によって流砂量、即ち河床変動が規定されることを表す。

式(3)に表される流砂量比を、河床幅一定-河床勾配変化（図-2）、河床勾配一定-河床幅変化（図-3）の場合について示す。河床勾配が上流よりも下流側が緩いと ($i_1/i_0 < 1$) 流砂量比が1.0未満となり堆積が生じ、河床勾配が急になると ($i_1/i_0 > 1$) 流砂量比が1.0を超え、洗掘が生ずる。同様に、河床幅が拡幅されると ($B_1/B_0 > 1$) 堆積が生じ、狭窄すると ($B_1/B_0 < 1$) 洗掘が生ずる。流砂量比を算定する場合は、幅と勾配の両者の変化に対して、それぞれを算定して乗すれば良い。

3 流砂量比の適用について

3.1 規模別流出率の推定

新谷¹⁾によれば、流域の土砂移動の特徴はその規模と頻度で示され、また土砂移動現象は時間的・空間的に不連続である。流砂量比が河道形状により規定されるなら

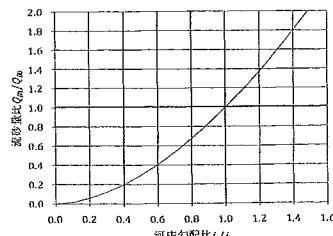


図-2 河床勾配の変化による流砂量比の変化

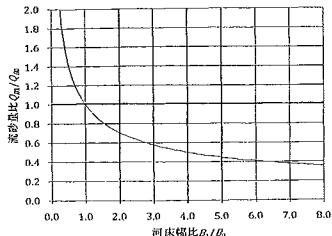


図-3 河床幅の変化による流砂量比の変化

ば、様々な規模の土砂移動に対しても同様な変動を示すこととなり、この不連続性が説明されない。しかし、図-4に示すように、河道内には年代の異なる階段状の堆積地が分布し、ある流出規模に応じた幅があるものと推察される。

この河道断面で示される堆積面を含む流下幅は、堆積地形成年代と同じ確率年規模の流下幅と等しいと推定される。この流下幅を用いることにより、当時の地点別流砂量比及び流出率が求められる。即ち、現存の年代別堆積土砂量に対する各々の流出率が推定可能となる。

新谷は、図-5に示すように、比移動可能土砂量の確率分布（ポテンシャル曲線）と、比移動土砂量の確率分布との比が土砂流出率であるとして土砂交互移動モデルを提案している。本報告の流砂量比も同様に流出率を表しており、土砂移動規模に応じた地形条件、即ち幅・勾配を現地調査結果から抽出することにより、同様の結果を得ることができる。

3.2 河床変動の解析

ある土砂移動現象に対して、河床変動調査結果による流下幅と土砂移動前の河床勾配を用いて、流砂量比の算定が可能であり、また測量等の結果に基づいて区間別堆積土砂量を算定することにより、最上流地点における流出土砂量が推定可能となる。これは、式(4)を変形して Q_{B0} について整理すれば式(5)が得られることからいえる。

ここで、式(5)を下流に向かって逐次適用すると、 $Q_{B1} = \alpha_1 Q_{B0}$ 、 $Q_{B2} = \alpha_2 Q_{B1} \dots$ 、 $Q_{Bn} = \alpha_n Q_{Bn-1}$ となり、結局 $Q_{Bn} = \alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_n Q_{Bn-1}$ と表される。即ち、流域内の各区間の堆積土砂量が推定されれば、上流端からの流出土砂量が推定可能となる。

$$Q_{B0} = \frac{\Delta Q_B}{1 - \alpha} \quad (5)$$

3.3 洗掘・堆積形状の推定

上述の流砂量比は各地点に対して適用し、計画基準点等の地点別流出率を与えるものとして示した。この流砂量比を用いれば、洗掘・堆積の形状を想定することも可能である。例えば、図-6に示すように、ある一定勾配上で河床幅が変化した場合、流砂量比 α は式(6)のように幅のみの影響として与え、その量を流しうる勾配を式(7)より算定する。

$$\alpha = \left(\frac{B_1}{B_0} \right)^m \quad (6) \quad , \quad i_1 = \alpha^{\frac{1}{n}} i_0 \quad (7)$$

4 適用の留意点

本検討では、対象区間において流量、礫径、粗度係数等が一定であること、矩形断面であること等の仮定を置いた。しかし、流域面積が大きく、対象地点間の距離が長い場合は、これらの諸量の差が無視できなくなる。このようなときは、流量や断面形状等により流砂量比を補正して適用する。

また、幅及び勾配を現地調査から抽出する際、その取り方が一つの問題である。図-4に示したように、幅は形成年代別堆積地幅、流路幅等の数通りの幅があり、勾配は施設間の現勾配、堆積地上の勾配、或いは最低河床の勾配等、いくつかの取り方がある。現地調査結果を抽出する際は、これらの幅・勾配の取り方に留意する必要がある。

5 おわりに

当手法は簡便であり、河床幅及び河床勾配を含むことから、施設効果の評価に対して、また流域の大略的な土砂動態検討のためにも有用である。今後は実現象への適用事例を増やし、既往の各手法との比較検討を継続する。

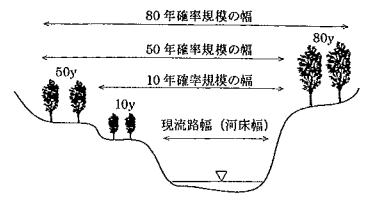


図-4 年代別堆積地の模式図

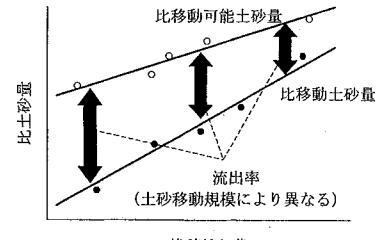


図-5 土砂量の確率分布

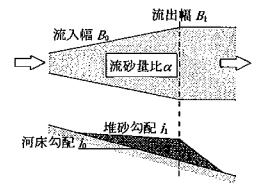


図-6 拡幅による堆積

1) 新谷 融ほか(2001)：流域動態の認識とその方法、北海道大学図書刊行会、p.204.