

置土から生じる土砂の波が下流河床に及ぼす効果の予測方法の提案 Evaluating Riverbed Improvement by Sediment Wave of Replenished Site

○宮川幸雄・角哲也・竹門康弘

○Yukio MIYAGAWA, Tetsuya SUMI, Yasuhiro TAKEMON

Although an effect of sediment replenishment below dams depends not only on sediment volume but also on distance from the replenished point, it has never been distinguished clearly in the previous studies. We propose a method to evaluate both effects of the volume and the distance by using a sediment wave model. Results showed that changes in the riverbed elevation by sediment wave were milder at long range than at short range from the sediment replenishment site probably because of reduction in the dispersing wave with distance. Distinguishing the effect of the distance from that of the volume, this model would be of use for evaluation of riverbed improvement by sediment replenishment.

1. はじめに

ダム湖に土砂が堆積することで、下流への土砂供給量が減少し、河床の低下および粗粒化が進行する¹⁾。これに対し、ダム湖の堆積土砂を掘削して下流に置土し、増水時に流下させることで²⁾、細粒土砂が下流に供給され、河床の低下および粗粒化を抑える効果が期待されている。ただし、供給量が少ない場合は、供給土砂がすぐに流出するため、河床への効果が小さくなる一方、供給量が過剰な場合は、砂州に堆積・陸域化し樹林化が進行するおそれがある。下流の河床に適度な量の土砂を供給するためには、置土からの流下土砂が河床に及ぼす効果を定量的に予測する技術が必要となる。このとき、流下土砂量と置土からの距離に応じた異なる土砂の伝播特性を考慮する必要がある。しかし、ダムの現場で多用される流砂の連続式³⁾⁴⁾では、流下土砂量と置土からの距離とを分離して評価することが困難である。

そこで、本研究では、置土から流下する土砂の伝播特性を「土砂の波 (Sediment Wave)」として表すことで考慮し、下流の河床変動を予測する手法、および河床改善効果を評価する手法を提案し、現地データを用いてその検証を行う。

2. Sediment Wave の概要

1. の Sediment Wave は、Lisle (2001) らの報告から、土砂の「伝播」と「拡散」の組み合わせにより表現される⁵⁾。土砂の「伝播」とは、波が形状維持しながら下流に移動する動きを表し、「拡散」

とは、波のピークが減少すると同時に裾野が上下流に広がる動きを表す (図-1a、b)。さらに、Lisle (2001) らは、Sediment Wave を一次元の流体のエネルギー保存則等を組み合わせ、式(1)で表している⁵⁾。

$$\frac{\partial z}{\partial t} = \frac{Kqc_f^{1/2}}{R_s(1-\gamma)} \left[\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \left(\frac{\partial}{\partial x} (1 - F_r^2) \frac{\partial h}{\partial x} \right) \right] \quad (1)$$

ここで、 z : 河床高 (m)、 K : Meyer-Peter and Müller の経験式に基づく係数 (= 8)、 q : 単位幅あたりの流量 ($\text{m}^3/\text{m/s}$)、 c_f : 摩擦係数、 R_s : 砂粒子の水中比重 (= 1.65)、 F_r : フルード数、 h : 水深 (m)、空隙率 γ (本研究では 0.3 と設定) である。式(2)の[]内前半の項は、波形の拡散を表し、後半の項は波形の伝播を示す項である。

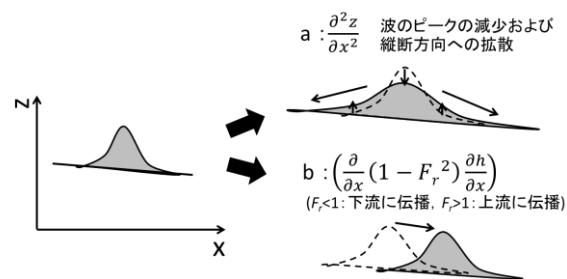


図-1 土砂の伝播・拡散の概念 (a. 拡散、b. 伝播)

3. 置土地点からの Sediment Wave のモデル化

本研究では、荒川本川の二瀬ダムの下流を対象として、置土地点のダム直下から、支川である中津川合流地点の約 4.0km までにある 3 地点 (以下

st1～st3（置土地点（st0）から約 0.7、1.8、2.7km 下流）の 2003～2013 年度における河床高の予測を行った。具体的には st0～st3 における河床高の時間変化を式(1)から算出した。このときに必要な変量は、流量、水面幅、水深、河床勾配であり、二瀬ダムの放流量および支川合流地点付近の水文観測所のデータから推定した数値を入力した。また、摩擦係数 c_f の算出に必要な河床にはたらく掃流力、フルード数 F_r の算出に必要な流速も地点ごとに算出した。また、置土からの土砂の流下は河床にはたらく掃流力がある値以上のときに発生するものとし、その際に発生する掃流砂量と土砂の連続式から、置土地点の河床高の変化を算出した。土砂の流下が発生しない場合は、置土地点の河床高は変動しないと設定した。

4. 計算結果および考察

河床高の計算開始時からの変化量として、河床高変化量を z 変化量 (m) とし、置土を行わなかったと仮定した場合、および過去に実施した通りに置土した場合の z 変化量をそれぞれ計算した。さらに、置土による河床高の増加を示す指標として、双方の z 変化量の差（増加河床高）を算出した（図-2）。この結果、置土地点である st0 から遠くなるにしたがい、増加河床高のピークは低下し、ピークの時期も遅くなるが、上昇している期間はより長くなる傾向であった。st1～st3 における Sediment Wave の拡散の項の絶対値を比較すると、概ね st1>st2>st3 のとなったことから、置土から離れるほど st0 から発生した Sediment Wave の影響が小さくなっていると考えられる。一方、伝播の項は、水理条件によって大きく数値が変動し、拡散の項のように置土からの距離との一定の関係は見られなかった（st1 が最大の場合もあれば最小の場合もあった）。

また、算出した z 変化量と実測した河床粒径の

50%粒径 (D_{50} , m) を比較した結果、 z 変化量が大きい、すなわち河床高が計算開始時から高くなった場合ほど D_{50} が細粒化される傾向が確認された（図-3）。このため、本研究の河床高の変動モデルを用いることで、現場の河床表層の細粒化および粗粒化の傾向を高い精度で予測できると考えられる。

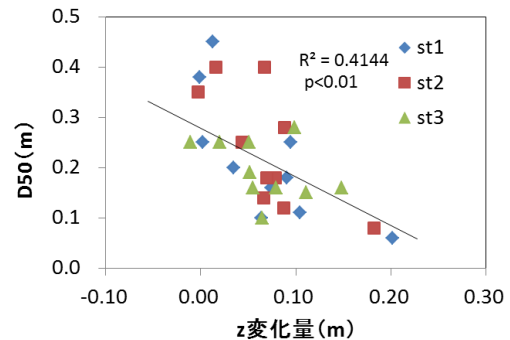


図-3 河床粒度分布観測日における z_n と D_{50} の観測値との散布図

- 1) Erskine, W. D.: Downstream geomorphic impacts of large dams: the case of Glenbawn Dam, NSW, Applied Geography, Vol.5, pp.195-210, 1985.
- 2) Kantoush, S. A., Sumi, T. and Kubota, A.: Geomorphic response of rivers below dams by sediment replenishment technique, River Flow 2010, The MIT Press, pp.1155-1163, 2010.
- 3) 櫻井寿之: 置土の侵食過程と流送過程の数値計算、置土シンポジウム、pp.59-66、2008.
- 4) 中津川誠、荒井信行、清水康行: 現場のための水理学、国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所、PP.35-50、1988.
- 5) Lisle, T.E., Cui, Y., Parker, G., Pizzuto, J.E., and Dodd, A.M.: The dominance of dispersion in the evolution of bed material waves in gravel-bed rivers, Earth Surface Processes and Landforms, Vol.26, pp.1409-1420, 2001.

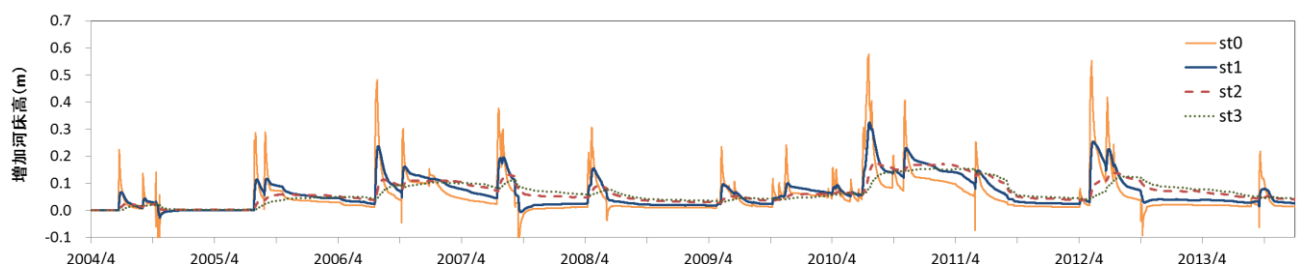


図-2 各地点における Sediment Wave を考慮したモデルによる河床高の予測結果