

41 移動しない転石が散在する河床の流砂量

立命館大学 大同淳之, 三菱重工業, 井口泰明
京都府 小林暢彦 左同 前川真吾

1. はしりき 急こう配河道での流砂現象は、粒径に対して水深が小さく、掃流力の大きさが限界掃流力とわずが上廻る程度で行なわれる。また通常の出水では、河床にある最大径は移動せず、これが他のれきの移動に影響を及ぼすことが予想される。本文は移動しない転石が流砂量に及ぼす影響を考察するため、まず一様砂れきの流砂量を考察し、続いて動かない石のしゃへいと考察した。

2. 急こう配水路における流砂量
流砂量 Q_B は、次式によって表わす。

$$Q_B = \text{れきの平均移動速度 } \bar{v}_s \times \text{移動層厚 } \delta_s \quad (1)$$

i) れきの平均移動速度、水路の1点におかれた色付けしたれきの単位時間あたりの平均移動距離より、粒子の見掛けの平均移動速度と求めた。測定値を図1に示す。

この結果は、矢野らによつて1/100の急こう配まで求められたものより下廻り、関係式の指数は大きい値を示すようである。見掛けの平均速度 \bar{v}_s は

$$\bar{v}_s = \frac{1 \text{ ステップ長さ} \times \text{ステップの数}}{(1 \text{ ステップの移動時間} + \text{休息時間}) \times \text{ステップの数}} \quad (2)$$

と、休息時間を含めて速度が評価されているので、休息時間と消去して、真の移動速度に近づけることが必要である。平均休止時間は、単位時間当りの離脱確率 λ_2 より $1/\lambda_2$ と表される。 λ_2 はトレーサの定常残留確率 p_0 の時間的变化、 $p_0(t) = e^{-\lambda_2 t}$ (3)

より求めた。式(2)を置き直して、 l と1ステップの距離とすると、

$$\bar{v}_s = v_s \{1 - (v_s / l \lambda_2)\}^{-1} \quad (4)$$

と表わすことができる。括弧中の $v_s / l \lambda_2$ は、種々の運動形態を含めた平均速度 v_s と、休息することなく移動した場合の速度 $l \lambda_2$ との比である。

しについては測定値を参考にして $l = 100d$ を用いた。この \bar{v}_s と、 $\{u_* / \sqrt{(s-1)gd}\} \cdot (1 - u_{*c}/u_*)$ との関係と求めると、図2より次の様になる

$$\frac{\bar{v}_s}{\sqrt{(s-1)gd}} = 20 \cdot \left\{ \frac{u_*^2}{(s-1)gd} \left(1 - \frac{u_{*c}}{u_*}\right) \right\}^3 \quad (5)$$

ii) れきの移動層厚 δ_s れきが個別移動している領域では、せん断力と砂層内のせん断抵抗の釣り合いより、静的釣り合い条件では粒径分次上の流動層厚になることはないので、 $\delta_s = K_1 d$ (6)

とする。式(5)と式(6)を式(1)に代入して整理すると、流砂量 Q_B は、次のように表される。

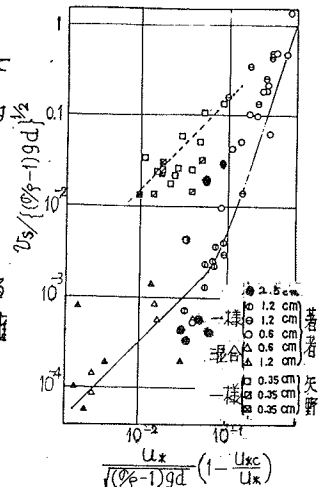


図1 砂れきの見かけ速度

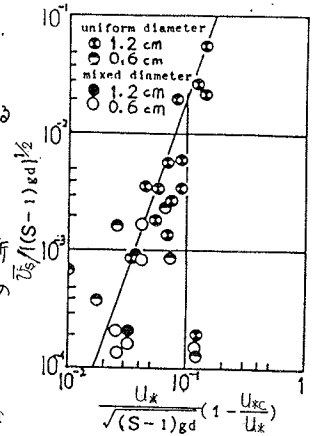


図2 砂れきの平均移動速度

$$\frac{q_B}{\sqrt{(s-1)gd^3}} = A_2 \tau_*^{3/2} \left(1 - \frac{\tau_{*c}}{\tau_*}\right)^{3/2} \quad (7)$$

測定値を $\tau_*^{3/2} \left(1 - \frac{\tau_{*c}}{\tau_*}\right)^{3/2}$ について表わしたのが図3で $3/2$ の指数は満たされておるとみてよい。Gilbertの実験の最急こう配 $1/100$ 、 $1/50$ のデータも付記したが、Gilbertのデータも実験値と同じ傾向を示す。すなわち、指数は $3/2$ であるが常数は $\tau_* \left(1 - \frac{\tau_{*c}}{\tau_*}\right)$ の大きい領域と小さい領域とでは別の値をとる。これは先に、見掛けの移動速度 u_m が $u_m \left(1 - \frac{u_{*c}}{u_m}\right)$ の大きさによつて2つのグループを示したものと一致する。

図3より常数を決めると、 $\{\tau_* \left(1 - \frac{\tau_{*c}}{\tau_*}\right)\} > 10^{-3}$ では、 $A_2 = 12$ 、 $\{\tau_* \left(1 - \frac{\tau_{*c}}{\tau_*}\right)\} < 10^{-3}$ では $A_2 = 3.7$ となる。 $A_2 = 12$ は林の式¹⁾と一致するので、こう配のゆるい相対水深の大きい河道の流砂量に対応していると思なせる。こう配が急で、相対水深の小さい河道では

$$\frac{q_B}{\sqrt{(s-1)gd^3}} = 3.7 \tau_*^{3/2} \left(1 - \frac{\tau_{*c}}{\tau_*}\right)^{3/2} \quad (8)$$

が適用できよう。ちなみに $A_2 = 3.7$ のとき、式(6)の k_1 は 0.185 となり、式(6)の赤の方が妥当であることを示す。

3. 動かないれきでしゃへいされている砂面からの流砂量

砂面に半円柱とある間隔におき、しゃへい面積と求めた結果は図4に示される。この解析結果によると、 A_L/A に相当する面積は動かないれきの後流域内でしゃへいされており、 $(A - A_0 - A_L)/A$ の部

分は限界掃流力より少し下廻ったせん断力が作用している部分になる。ここに A : 全水路床面積、 A_0 : 動かないれきの河床占有面積、 A_L : 動かないれきのしゃへい面積である。したがって、ある掃流力のとき $(A - A_0 - A_L)$ の部分で砂の移動が停止していても、それより大きいせん断力が作用すると、 $(A - A_0 - A_L)$ の部分からは流砂が生じるはずである。

半円柱間に砂をおき、砂が動かないまで通水して、しゃへい効果の生じている水路に、少しせん断力を増加させて、このときの流砂量を測定し、式(8)で求めた値に $(A - A_0 - A_L)$ から飛出したものとして補正を加えた値と比較した結果は、図5に示すとおりで、ほぼオーダーは合っており、ほぼ以上の赤の方が妥当であることを示した。今後さらに実際の河床に近い状態に以上の赤を適用し、実際の河道で使える形にまとめる予定である。

- 1) 林ら、混合砂礫の掃流砂量に関する研究・土木学会24回水理講演会論文集1980
- 2) 大同 れきの限界掃流力におよぼす移動しない軽石の影響、昭和57年度砂防学会研究発表会報告集、昭58年5月

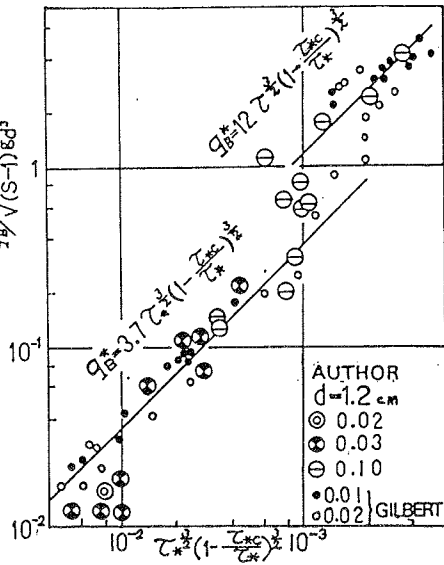


図3 流砂量

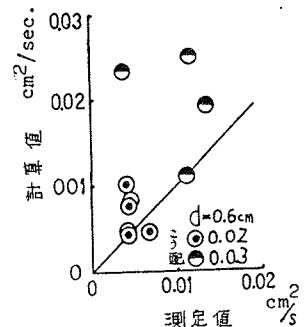
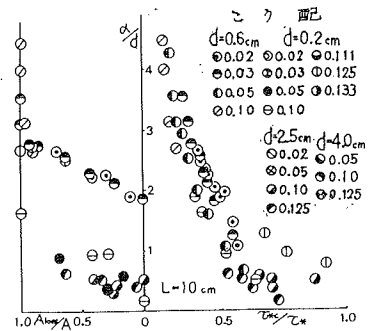


図5 計算値と測定値との比較