

急こう配水路における掃流砂量

立命館大学理工学部 正員 大同淳之
立命館大学大学院 学生員 O金森 奨

1. はしがき

山地河川では、掃流力が限界掃流力を少しうわまわった領域で土砂の輸送が生じている場合が多く¹⁾、この領域では、限界掃流力の正確な評価がなければ、流砂量に違いが生じる。本文は、混合粒径に場合に、れきの配列によって、摩擦角が異なることを導入して限界掃流力を求め、これを流砂量を求める有効摩擦力に導入して²⁾、 $q_B \sim \tau$ 、図上のデータのちらばりを補正することを試みたものである。

2. 実験的検討

混合砂れきの流砂量をより明らかにするために、まず一様粒径について 幅0.2m、長さ 9m の水路を用いて掃流砂量の測定を河床形態がtransitionまたはflat bedに属する領域で行い、測定値の精度を検査した。次に径の異なる2つの砂れきが、それぞれ露出面積が1:1であるようにして実験を行った。観測された砂れきの移動形態は、いわゆる転動、跳躍の状態である。平均粒径8.2mmの混合砂れきは全面流動、平均粒径14.5mmの混合砂れきは、選択流動である。測定は、上流より砂れきを給砂して、河床の粒径分布が一定であるようにした。

表-1 実験を行った範囲

	粒径	平均粒径	最大径	最小径	こう配	面積比
1	一様	1.3 mm			0.014~0.05	
2	一様	3.6 mm			0.014~0.05	
3	二種混合	8.2 mm	12.7 mm	3.6 mm	0.014~0.05	1 : 1
4	二種混合	14.5 mm	25.4 mm	3.6 mm	0.014~0.05	1 : 1

1) 一様砂れき

実験結果を図-1示す。ここで、 τ_c とし芦田ら^{3),4)}の提案する式を用いている。図-1からこう配が急になるにしたがって同じ τ_c にたいして流砂量が増加しているのがわかる。

図中の直線は次式で表現できる。

$$\frac{q_B}{U \cdot d} = \alpha \left\{ \tau_c \left(1 - \frac{\tau_c}{\tau} \right) \right\}^\beta \quad (1)$$

このとき、 β は全実験結果を用い最小自乗法によって得られた直線の傾きである。

傾き β は、実験結果から1.65となり、それぞれのこう配における実験結果を最もよく代表している直線の α の値は、河床こう配 i の関数であるから、 $\alpha = f(i)$ とおくことができる。

$$\alpha = f(i) = 10^{(1.25+6.80i)} \quad (2)$$

となる。以上から(1)式は、

$$\frac{q_B}{U \cdot d} = 10^{(1.25+6.80i)} \left\{ \tau_c \left(1 - \frac{\tau_c}{\tau} \right) \right\}^{1.65} \quad (3)$$

となる。

ここに、 i は河床こう配である。ただし、実験範囲は $\tau_c \cdot (1 - \tau_c / \tau)$ が 0.01~0.30 であり、測定結果は、ほぼ

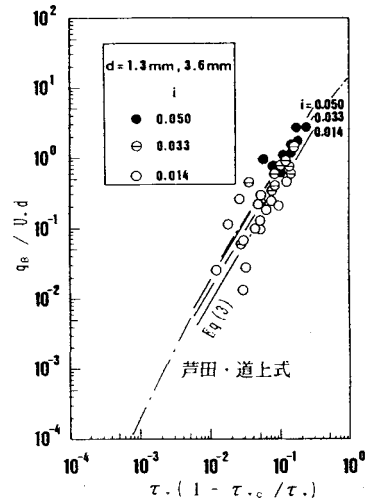


図-1 一様砂れきの実験結果

芦田・道上式と一致する。

2) 混合砂れき

ケース4は選択流動のため小さい粒径の流砂量は、大きい粒径の遮蔽効果のため、露出面積比に一致しないと考えられるが、全面流動の場合は一樣粒径と一致するはずである。

測定された流砂量を整理するにあたって、限界掃流力を次のように評価する。図-2のような砂れき上に1個の砂れきが乗っているときの限界掃流力は、

$$(\tau_{*})_{cr} = \frac{2}{(C_D)_{cr} A} \frac{1}{\{f(z/z_o)\}^2} \frac{(\tan \phi_o \cos \beta - \sin \beta)}{1 + (F_L/F_D)_{cr} \tan \phi_o} \quad (4)$$

ここに、 D : 粒径、 C_D : 抗力係数、 A : 砂れきの形状係数、 β : 河床こう配、 F_L 、 F_D はそれぞれ揚力および抗力である。 ϕ_o は粒子の静止摩擦角である。本実験による粒子の代表的な配置は、図-3のようで、このときの摩擦角は、(I)は 56° 、(II)は 30° とよみとれる。これらは、同一平面上に配置された棒を対象とした幾何学的関係から見いだされたもので、複雑な積み方と形状をもった場合の値ではない。

岩垣式は $\tan 45^\circ$ であるとして限界掃流力が表示されている。この場合の 45° は、自然砂を対象にした測定値で、上述の図形の幾何学的な値ではないが、(I)、(II)の数字が自然砂にも成り立つとすると、標準値 $\tan 45^\circ = 1$ に対して、 $\tan 56^\circ = 1.48$ 、 $\tan 30^\circ = 0.58$ の比率だけ、限界掃流力が増減し、(I)では $\tau_{*c} = 0.034$ 、(II)は、 $\tau_{*c} = 0.086$ となる。この値を用いて整理した流砂量は図-4のようになり一樣粒径の関係からのずれが残っているものの、より ϕ_o を正確に評価することによって一樣粒径のそれと一致することがうかがえる。この手法は、二種混合の全面流動のケースについても有効であることが示されている。

3. むすび

- 1) 一樣砂れき河床の場合、近似的に式(3)のような関係が成立する。
- 2) 一樣砂れきの流砂量は、こう配が急になるにしたがって同じ τ_{*c} で増加する。
- 3) 急こう配における混合砂れきの限界掃流力について、れきの配置によって摩擦角 ϕ_o が異なることに着目して限界掃流力の補正を行い、これを用いて有効掃流力で流砂量を求めたところ、ほぼ一樣粒径の流砂量の関係式と一致する結果を得た。

参考文献

- 1) 大同淳之: 急こう配河道の掃流砂量 第28回水理講演会論文集
- 2) 芦田、道上: 移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究 土木学会論文集 第206号
- 3) 芦田、大同、高橋、水山: 急こう配流れの抵抗と限界掃流力に関する研究 京大防災研年報16号B
- 4) 芦田、高橋、水山: 山地河川の掃流砂量に関する研究 新砂防107号

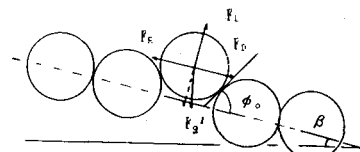


図-2 砂れきのつり合い状態 (1)

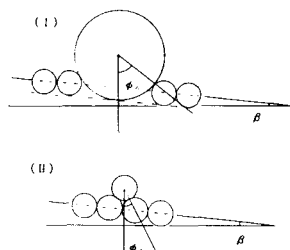


図-3 砂れきのつり合い状態 (2)

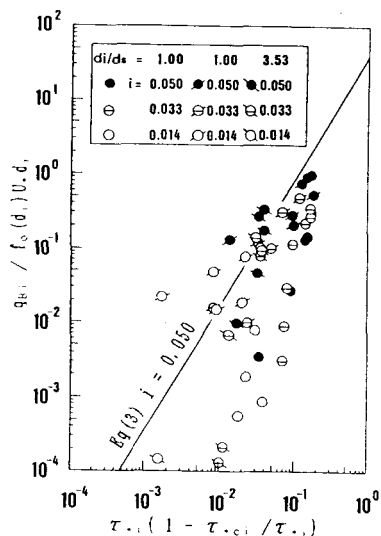


図-4 混合砂れきの実験結果