

徳島大学 正員 岡部 健士

徳島大学 学生員 〇肥 本 一 郎

1. まえがき: 混合砂礫床に対する流砂量計算法は、ある程度確立されたようであるが、粒度分布幅が乏しめて広い河床への適合性については十分に検討がなされていない。とくに、細粒成分のみの選別流送が生じている場合については、動かない大径礫による有効掃流力の低下や速へい効果の増大を考慮したモデルを作る必要があるとの指摘がなされている¹⁾。そこで筆者らは、最大粒径が200mmにも及ぶ粒度分布幅の広い混合砂礫床を用いた実験を行ない、まず従来の流砂量式の適用性を検討するとともに、筆者らがこれまで研究を進めてきた抵抗分離法の適用についても検討を加えた。以下その概要と結果について報告する。

2. 実験概要: 幅1mの水路に、粒径範囲が0.2mm~200mmの自然砂礫を敷きつめ河床モデルとし、一旦その表面にアーマコートと形成したのち、数種の流量のもとに20mm以下の砂礫だけを平衡状態で流下させつつ流れと流砂を観測した。また、一流量の観測の終了後、直ちに通水を停止して河床の粒度を調べた。なお実験用砂礫として連続的粒度をもつものと、中間粒径が欠落しているものの2種が使用された。

3. 実験結果: 図1, 2は、線格子法とふるい分け法を併用して、河床表面に存在する砂礫の粒度分布を求めた結果の一側であり、以下の検討はこれに基づいて行われた。もちろん、いわゆる粒子交換層の粒度分布によるものが本来の手帳かもしれないが、本実験のように一部に動かない大径礫を含む河床の場合にはその定義が新たな課題となる。てくる。

つぎに、従来の計算法の検討結果について述べる。

図3, 4は、粒径 d の砂礫に関する無次元流砂量 Q_s と無次元掃流力 Q_b の実験値と、 d と河床砂礫の平均粒径 d_m の比をパラメータにして点描し、芦田、道上²⁾の理論曲線と比較したものである。ただし、図3では、 d の砂礫が河床で占める割合 $\alpha(d)$ と d が重量に関する粒度分布図に基づいて決定され、一方図4では両者が表面支配面積に関する粒度分布図より求められている。ところで、筆者らの認識しているところでは、 d_m と $\alpha(d)$ と重量分布に基づいて定めるのが観測のようであるが、その根拠の説明は材料の採取基準と同様に乏しくてあいまいである。もっとも、粒度分布範囲が乏しくなく、しかも河床砂礫全体が移動する条件下では、表面支配面積分布と表面直下の砂礫層の重量分布は一致すると考えられるので従来は重要な問題とはならなかったであろう。しかしながら、本実験の場合には両者が図1, 2のように著しく相違するので、2種の図を作る必要が生じたわけである。

さて、図3では各マークの描点群は対応する計算曲線より著しく左よりにプロットされている。これに対し、図4では両者が極めてよく対応しているようである。すなわち、以上の結果を見る限り、河床表面砂礫の面積分布に基づいて d_m と $\alpha(d)$ を定めるならば、粒度範囲が乏しめて広い混合砂礫床に対しても従来の流砂量式がそのまま適用し得ると結論づけられる。ただし、本報告の実験値の点描に用いた掃流力は、米栗と勾配から計算したみりけの掃流力であって、流砂面に直接作用している掃流力すなわち有効掃流力ではない。また実験中観測したところでは動かない礫による速へい、あるいは局所的流砂の経路への影響がかなり大きいとの印象を受けた。このように図4の結果の普遍性については、今後検討すべき問題が残されている。

上述の有効掃流力について、筆者らは、二粒径混合床を対象にした基礎的研究を進めてきた。その結果、大径

表1 シンボル

—●—	河床表面砂れきの面積分布
—○—	河床表面砂れきの重量分布

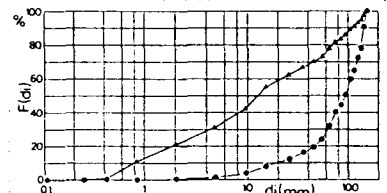


図1 河床表面粒度分布 (1)

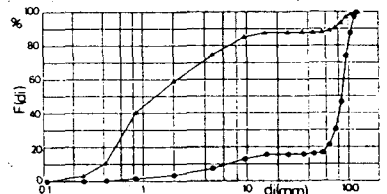


図2 河床表面粒度分布 (2)

礫の存在位置の不規則性とも考慮して(1)~(5)式のような有効掃流力の計算式を得た。ここに、 U_{bc} : 磨擦速度 $=\sqrt{gRI}$ 、 θ : 大径礫の支配面積率、 $\overline{A_p}$: 大径礫1個あたりの形状抵抗に有効な面積の平均値、 R_0 : 大径礫の単位面積当りの個数、 Δ : 大径礫の露出高さ、 d : 掃流力が有効に働く砂面上の砂礫の平均粒径、 V : 大径礫の露出部容積、 D : 大径礫の平均粒径、 Q : 大径礫1個が有する河床面積と正方形とみなした場合の一辺長で、 θ 、 θ 、 Δ の関数、 A_0 : 大径礫の流況方向投影面積、 f : 大径礫の遮蔽領域の広さに関する係数、 C_0 : 大径礫の形状抵抗係数、 ρ : 砂面の凹凸や流砂による粗度増加と考慮するための係数、 α : 大径礫の wake Zone の長さに関する係数。

$$U_{bc}^2 = \frac{U_{*0}^2 (1-\varphi)}{1-\varphi + \frac{1}{2} C_0 \overline{A_p} R_0 E^2} \quad (1)$$

$$E = \frac{1}{\rho} \ln \frac{\Delta}{d(1+RZ)} + 6.0 + \frac{1}{\rho} \quad (2)$$

$$\varphi = 0.4 + 5.6 \sin 2\theta \quad (3)$$

$$\rho = \frac{R_0 V}{\Delta} \quad (4)$$

$$\left. \begin{aligned} 1 \leq R &: \overline{A_p} = A_0 \left\{ 1 - \frac{Z(1-Z\theta)}{\theta} \right\} \\ \frac{1}{2} \leq R \leq 1 &: \overline{A_p} = A_0 \left\{ 1 - Z(1-Z\theta) - \frac{(1-R)^2}{R^2} \right\} \\ 0 \leq R \leq \frac{1}{2} &: \overline{A_p} = A_0 \left\{ 1 - Z(1-Z\theta)(1-R) \right\} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

ただし、 $Z = \frac{\rho}{\theta}$ 、 $R = \frac{Q}{\Delta}$

筆者らは今後このモデルとより一般化してゆきたいと考えてい

るが、その才1歩として(1)~(5)式とそのまゝ用いる場合に本実験の結果がどの程度説明とれるか検討してみた。もちろん、ここにおいても方法論上の問題点がいくつか生じる。まず、多種の粒径からなる砂礫群を二粒径にモデル化するための区分粒径 d_m を定めねばならない。これはかなりむづかしい問題で、議論の分かれたところであるが、とりあえず、流砂面とみなすことになる細粒成分の粒径幅を限定する意味で、 d_m 以下の砂礫の標準偏差 σ をパラメータとして選び、 $\sigma = 6$ を d_m の決定基準とした。つぎに、 Δ は、大径礫の存在高さの不規則性を考慮して決めるべきであるが、本計算では $\Delta = \frac{Q}{2}$ とした。また $C_0 = 0.6$ とし、 f 、 ρ 、 α に対してはこれまでの研究で経験的に得られた1.3, 2, 3を与えることにした。以上のようにして計算された U_{bc} を用いて実験結果を整理しなおしたのが図5である。なお、河床砂礫の d_m (Δ)、 θ 面積分布より求めた。本図においても図4と同様に描点群と計算曲線との対応はかなり良好である。ただし本計算法は、 θ の値によつて適合性が変化するなど改良すべき点をかなり多く含んでいる。

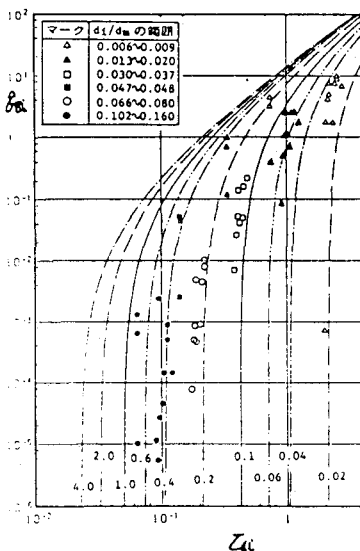


図3 $Z_{bc} - g_{bc}$ の関係(重量分布による)

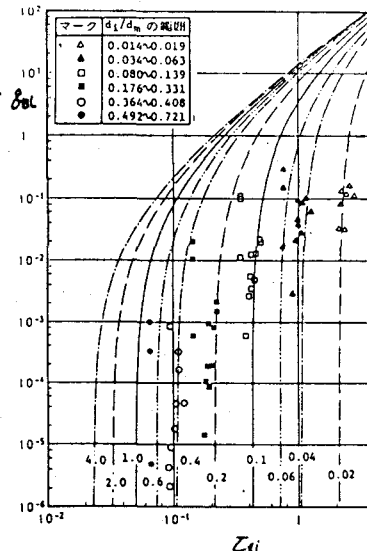


図4 $Z_{bc} - g_{bc}$ の関係(面積分布による)

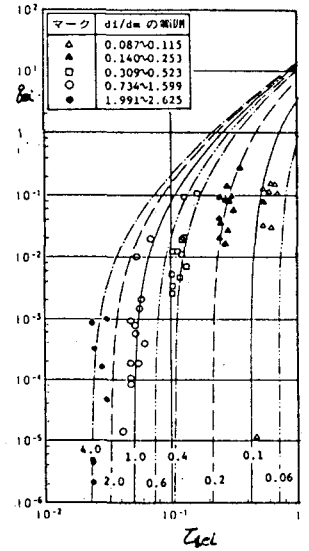


図5 $Z_{bc} - g_{bc}$ の関係

[参考文献]

- 1) 水山; 山地河川の掃流砂に関する研究, 京都大学学位論文, 1977.
- 2) 岡部, 進水: 山地河川の掃流砂量に及ぼす大径礫の影響について, 第39回年論
- 3) 芦田, 道上: 土木学会論文集第195号, 1977