

はしがき 混合粒径の流砂量は、既往の研究では、一様粒径の流砂量式の粒径を平均粒径を用いることによって表されるとしている場合が多い。しかし平均粒径で表されるのは、粒径範囲が限られ、かつ相対水深 h/d が大きく、平均粒径に対する限界掃流力 τ_{cm} に対して、水路床に作用する掃流力 τ_0 が大きい場合に限られると思われる。溪流では h/d が3程度で礫の移動が観測される。 h/d が小さい場での砂、礫の移動は、 h/d によってpickup rate、水路床を構成する粒径 d_s とその上を移動する粒径 d との比 d_s/d によって移動特性が異なるので、全流砂量は、平均粒径で代表できず、粒径ごとの移動量の和となる。本文は粒径 d_s で構成される水路床が安定、すなわち $\tau_0/\tau_{cs} \approx 1$ のときに、 $d > d_s$ の砂礫の移動過程を測定して、混合粒径の流砂量式の基礎資料を得んとするものである。

1 一様粒径 d_s の砂床上におかれた $d > d_s$ の粒径の $\tau_0/\tau_{cs} \approx 1$ のときの流動域

砂面上に $d > d_s$ の砂が乗る条件は別に扱うとして、砂面上に乗っている砂の移動可能条件を求める。基本的に移動する石に対して砂面の凹凸が減少した現象である。図1に示す球状の直径 d の砂の移動限界は、図中のA点を支点として転動で動くとするとき、図中に示す記号を用いて、

$$\left\{ (\alpha - \rho) K_v d^3 g \cos \theta - \frac{\rho}{2} C_L k_a d^2 \bar{u}^2 \right\} \left(\frac{d}{2} \sin \phi \right) + \frac{\rho}{2} C_o A d^2 \bar{u}^2 \left(\frac{d}{2} \cos \phi + a \right) = 0 \quad (1)$$

ここに K_v, K_a は、石の体積係数および面積係数、 $\bar{u}$ は石に作用する流速の平均値、 a は石の重心と流速の作用点との距離である。1)式で決まる限界流速 $\bar{u}$ を $\bar{u}^2 = \beta \bar{u}_*^2$ とすると、

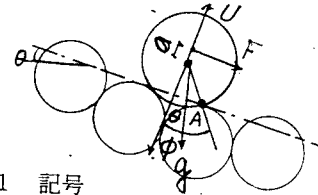


図1 記号

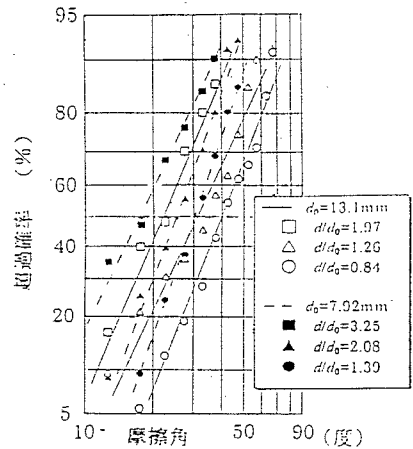


図2 河床の摩擦角の分布

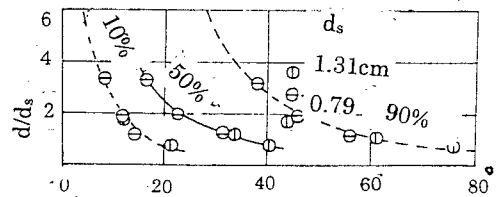


図3 粒径 d_s 上の粒径 d の摩擦角

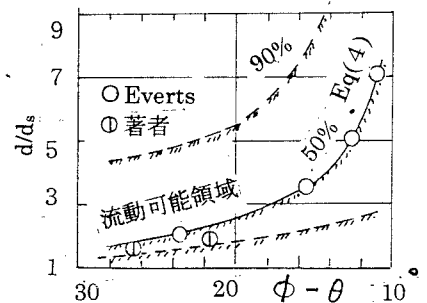


図4 $\tau_0/\tau_{cs} \approx 1$ のときに d/d_s の砂の移動可能領域

$$u_{*c}^2 = \frac{K_v s d \cos \phi \tan \phi}{\beta K a \left\{ \frac{C_D}{2} \left(1 + \frac{a}{(d/2) \cos \phi} \right) + \frac{C_L}{2} \tan \phi \right\}} \quad 2)$$

流れの規模が d_s の限界掃流力に等しいとき

$u_{*c}^2 = K_c s g d_s$, 3) ここに、 K_c は d_s および h/d の関数より、流れの規模が u_{*c}^2 のときに $d > d_s$ の d の移動可能領域は、

$$\frac{d}{d_s} < K_c \frac{\beta K a}{K_v} \frac{\left\{ \frac{C_D}{2} \left(1 + \frac{a}{(d/2) \cos \phi} \right) + \frac{C_L}{2} \tan \phi \right\}}{\cos \theta \tan \phi} \quad 4)$$

摩擦角 ϕ は d/d_s の関数である。砂面は流れによってみかけ上平坦にならされているとしても凹凸をもつ不均一な場である。固定した d_s の面の上に d の石をおき、砂面を傾けて石の動きはじめる角を摩擦角 ϕ として測定した結果は、図2の分布を示す。超過確率 10%, 50% および 90% に相当する角度を d/d で表わすと、図3のように、 d_s の大きさに無関係にほぼ一様である。この値を4)式に用い、 K_c は勾配が緩いときには岩垣式¹⁾、勾配が急なときは芦田らの式²⁾に従い、 $C_D = C_L = 0.4$, K_a/K_v は石が球状とし

て $3/2$ として計算すると、砂面を形成する粒径 d_s より大きい粒径 d の移動可能範囲は、図4に示すように 50%の角度を用いた4)式に 0.9 をかけた値が Everts³⁾の実験結果と一致する。Evertsの実験は水理条件が必ずしも明確でないが $\tau_* = \tau_{*cs}$ のもとで移動する砂の大きさを測定しており、それぞれの条件での最大径を図に示した。著者の実験は活発に移動した粒径を示し、最大径ではない。もちろん摩擦角は図2のように分布をもつので、限界線は図4のように幅を持つ。

2. $\tau_* = \tau_{*cs}$ の条件での $d > d_s$ の流砂量

表1に示す $d > d_s$ の大きさの砂を d_s の砂面上に、その粒径の砂床に占める割合 i_b を決め、均一な間隔を保っているよう散布してその移動を測定した。水深 h は d_s の頭部を連ねた線から $d_s/4$ 下がった位置とした

表1 実験の範囲

d_s	d	d/d_s	h/d	I_b
1.67cm	1.67 cm	1.0		0.038
"	2.64	1.58	2.1~3.0	"
"	2.92	1.74	2.1~3.0	"

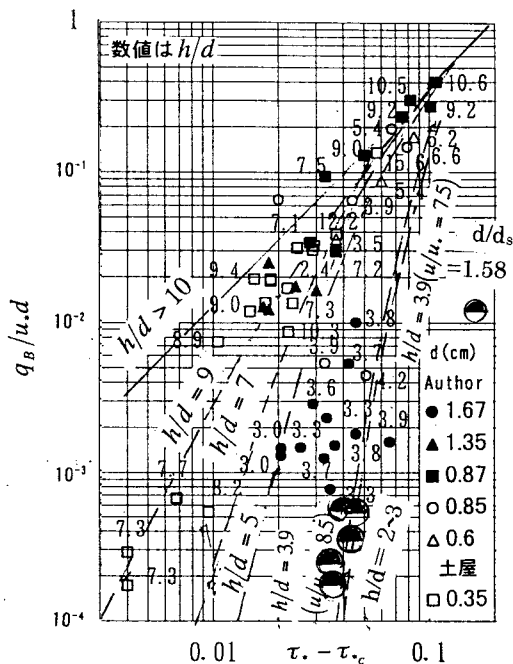


図5 h/d による流砂量の減少

τ_* の範囲は τ_{*cs} およびそれより少し大きい範囲でおこなった。 τ_* が大きいとき、 d_s の流砂量も生じたが、その量は d の流砂量の $1/4 \sim 1/5$ であった。さきに著者ら⁴⁾ は h/d の小さい領域で流砂量を測定した結果は図5である。今回の $d/d_s = 1.58$ の結果を便宜的にこの図に記入した。(このケースは $i_b = 0.26$ で、他のデータと比較のため pickup の条件も異なるが、 $i_b = 1.0$ になるよう補正した)。

データは h/d についても従来のデータと同じ傾向を示しているが、床面の凹凸の減少効果、石が床面で摩擦、衝突に費やすせん断力の正しい評価について問題が残されている

- 1) 岩垣；土木学会論文集、第41号、1956。
- 2) 芦田ら；京大防災研究報16号B昭48、
- 3) Everts; C.H; ASCE.ww4,Nov,73
- 4) 大同ら；水工学論文集42巻、98'