

電力中央研究所 正会員 浅田 宏

1. 河川上中流部における玉石交りの礫河床のような、いわゆる混合砂礫床では洪水時の流送砂は流量に応じて粒径の異なる砂礫が選択的に流送される。すなわち水流による掃流力が河床表面にある最大径の礫の限界掃流力をこえない範囲では流砂の粒度構成は河床のそれとは明らかに異なる筈である。このような選択流送によって洪水流砂量は場所的・時間的に著しく異なることがあるとみられる。ある河川区間での選択流送をしらべることは粒径別流砂量を求めることに付かならない。その計算方法はEinstein方式等従来いくつかの方法があるが、その適合性には疑問がある。筆者は前回の講演会でEinstein式における遮蔽係数が混合砂礫床では従来用いられている値と異った値が得られることを報告したがここではさらに一般的に粒径別流砂資料から流砂式に含まれる係数値の変化について検討した。

2. 河床砂礫の掃流輸送に内する式は平衡状態で $g_{ov} = \frac{R W_b}{b} \cdot \frac{f(d_o)}{d_o^2} \cdot \bar{u}_{sc}$ で与えられる。(Einstein 1950)。ここで R : 移動確率, W_b : 径 d_o の砂礫の重量, $\frac{f(d_o)}{d_o^2}$ は d_o の表面に分布する割合, $\bar{u}_{sc}$ は d_o の平均移動速度である。 $\bar{u}_{sc} = \alpha_o u_*$, $\frac{R W_b}{b} = \alpha_o d_o$ とすれば $g_{ov} = \alpha_o d_o \frac{f(d_o)}{d_o^2} u_* = \alpha_o \frac{f(d_o)}{d_o} u_*$ (1) である。全流砂量を g_{or} とすれば $g_{or}/g_{ov} = f_s(d_o)$ は d_o が流砂中に含まれる割合である。(1)式にこれを入れて d_o と d_{or} について比をとれば $\frac{d_{or}}{d_{or+1}} = \frac{f_s(d_o)}{f_s(d_{or+1})} \cdot \frac{f(d_{or})}{f(d_o)} \left(\frac{d_o}{d_{or+1}} \right)^2$ (2)。これから d_{or} の粒径別の相対値を求めることができる。掃流砂量式の基本形は $g_{ov} = \sigma \int C_o u_{*o} dy$ or $\sigma \bar{u}_{sc} \int C_o dy$ である。ここで δ は掃流層の厚さ, C_o は容量濃度である。 $\int C_o dy \propto (\tau - \tau_c) \bar{u}_{sc} \propto u_*$ とすれば

$$g_{ov} = K(\tau - \tau_c) u_* = K(1 - \frac{\tau_c}{\tau}) \tau u_* \quad (3) \text{ が得られる。 (1), (3) 式}$$

は粒径に関する制限を含まないから径に因らず成立つはずである。しかし砂礫の移動を支配する力関係は径によって変化する。すなわち砂礫相互間の配置関係、流送時の接觸衝突の影響も要視出来ないとすれば、これらの影響は(1)(3)式においてその係数に含まれなければならない。このような粒径および粒度構成による係数変化の傾向をみるためにオノ図に示す粒度分布(実線)の移動床における流砂資料をみると掃流力に応じて流砂の粒度構成に明瞭な変化が認められる。(長崎破壊) そこで(1), (2)から d_{or} を求めたものがオノ図のようになった。流砂実験における水流量・流砂量の測定値は実験条件や測定方法によって極めてバラツキが大きいからオノ図は(2)式から相対値をもとめ比較的安定した測定値が得られたとみられる g_{ov} の測定値をえらんでその絶対値の変化傾向を示したものである。そこで A のグループは平均径 $1 \sim 2 \text{ mm}$, 最大径 $2 \sim 3 \text{ cm}$ の移動床によるものであり、B のグループは平均径 $10 \sim 20 \text{ mm}$, 最大径 $30 \sim 40 \text{ cm}$ の移動床におけるものである。また図中 (0.2) と

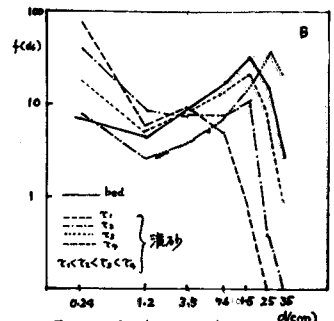
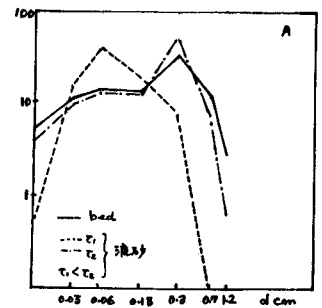


図-1. 移動床における流砂の粒度分布

1で記入したものは北上川における $Q=1600 \text{ m}^3/\text{s}$, $U_*=110\%$ 時の観測値で $d_{max}=5 \text{ cm} \sim 4 \text{ cm}$ が静止した状態

ある。 d_0 は前にのべたように $K(1-\frac{1}{2})$ で、
である。また枕蓐式川、芦田式と比較すると $K \sim \varphi$ 、
 $(1-\frac{1}{2}) \sim F$ 、こゝで φ は仮号部流力(田)である。
 d_0 は φ を含むから φ の増加ととそれに増加することは
当然である。そこで才2図に示す範囲で φF かの
程度の値をとるかしろべし。(才3図)。これに
よれば A 7mm の実験範囲 ($44 < 110\%$) では φF はほ
ぼ従来用いられてゐる値と同程度であり、また B 7mm
でも $d=7.6\text{mm}$ 以上に φF は同じであるから、B 7mm
の $3.5 \sim 0.24\text{mm}$ の径のものでは $\varphi F \sim \varphi$ は従来用い
られてゐる値より大きく片々傾向がみられる。

Bagnold (1956) によれば $K = AB^{5/6} \rho g \cos \beta F$ である。
 ここで $A = u_*' / u_{*c}$ (u_*' は河床の平均流速), B は抗力係数
 および流砂濃度, 河床勾配 β に関係する。すなわち
 $\rho g \cos \beta F \propto K (1 - \frac{C}{C_s})$ では掃流力に依りて増加する如
 き外に含みれる φ , K は流砂濃度によつて増減す
 るものと考へられ従つて又図 10 は $\varphi F \sim u_*'$ の
 関係をしめしたが, 実際には u_*' の増減による C_b
 の増減と $\varphi F \propto \varphi$ の関係をしめすものであろう。

3. 上流河川では洪水時に多量の細砂が流砂源から搬出され河道を流下するごとく多いとみられる。また河道断面の粒度構成は玉石礫よりなり極めて粗いのが普通である。このような条件では流下する水流の含砂濃度が高まりたれ水流底層の見掛け密度の増加とともに流速垂直傾度が大きくなるために

搬运力が増加し河床砂粒の搬送力が増加する。(吉川, 福岡 J.S.C.E., No. 155
July, 1968)。従つてこのような場合には Δ あるいは ϕ , K の値
は第2図, 第3図に示すものよりさらに大きくなると思はれる。
運搬流送を考慮して主河川の流砂量を推定するということは流砂
源をふくめて河道断面分布, 勾配の影響を入れて逆向流送能力を逐次
しらべることであるが実際には極めて困難である。このことは図示
した範囲での係数の変化傾向を知ることとまづか, 例えば A グループの
曲線が外挿出来るかということに因連し, 細砂の最大搬送可能量を
矢張りここから今後の1つの問題であらう。最後に流砂資料の整理に際
して, 吉川河川地理研究室石橋義夫氏に御意見戴いた。附記して感謝する。

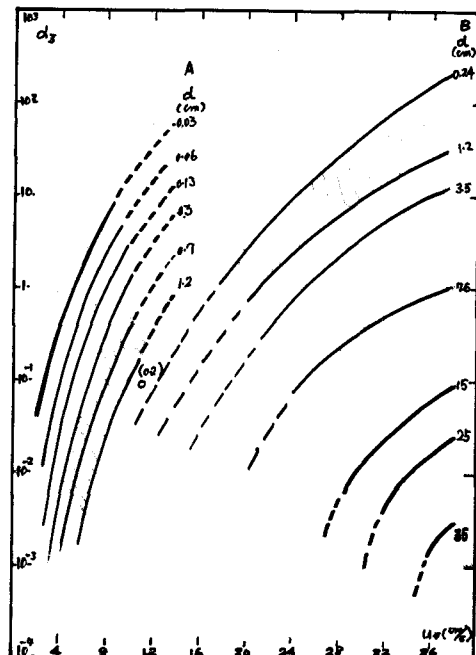


図-2. 各実験における係数の変化

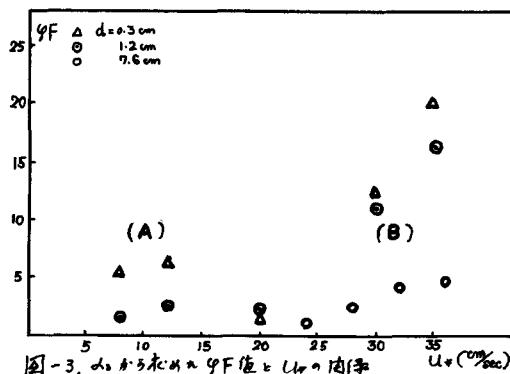


図-3. 2. 6から求めた φF 値と U_p の関係 U_p (cm/sec)

