

徳島大学 正員 岡部 健士
 岡 組 正員 速水 正樹
 徳島大学 学生員 肥本 一郎

1. まえがき

混合砂礫床の粒度別流砂量は、まず粒度別の限界掃流力を求めたのち、一樣砂に対する流砂量式を適用して計算とされている。そしてこの方法が妥当なものであることは実験などによりある程度検証とされているところである。ただし、たとえば山地河川のように粒度分布幅が著しく広い場合の現象特性を的確に説明し得るかどうかについては、十分な検討が行なわれておらず、今後の課題とされている。そこで筆者らは、最大粒径が200mmにも及び粒度分布幅の広い混合砂礫床を用いた検討実験を実施した。以下、その概要と結果について報告する。

2. 実験概要

実験材料は、最大粒径が2mm程度、最大粒径が上述のとおり200mmにも及び天然河川砂礫であり、これを用いて、幅1m、深さ0.6mのコンクリート製水路の中に長さ10m、勾配約1/50の2次元河床モデルを作った。なお、河床モデルを形成する際には、表層近くの粒度分布特性が場所的に不均一にならないよう十分に配慮した。

実験は、河床表面上のアーマコートの形成がかなり進行したのち、比較的小さな粒径の砂礫だけが選別流送される状態を想定して行なわれた。すなわち、はじめ表面を平坦に上げた河床モデルに、無給砂である定常流量を通水して表層を最大粒径程度洗掘させ、ついで、上流端より流出量に見合う量の砂礫を供給しつつ種々の流量を通水した。そして、流砂と流砂がともに平衡状態に到達するのを待って、水面形状、河床形状および粒度別流砂量の計測を実施し、これらの完了後直ちに通水を停止して、河床の粒度調査を行った。

ここで、河床面の粒度調査についておきたい。混合砂礫床において、流体抵抗や流砂量と直接関係するのは、河床表面（あるいは粒子交換層）の構成砂礫のみであると考えられる。しかしながら、それらの粒度分布を的確にとらえることは、とくに本実験河床のように、大径石礫を多分に含む場合には、かなりむづかしい。筆者らは、種々検討したのち、粒径が20mm以上の粗粒成分については河床表面全体を撮影した写真の解説により、粒径が20mm以下の細粒成分については、河床表層を20mmの厚さで削るように採取した試料をふるい分析し、のちに両者の結果を合成することにした。以下にその具体的な手順を略述しておく。

まず、ふるい分析の結果、試料の重量（容積）粒度分布密度が知れるが、採取層内では粒子の混合状態が深さ方向に著しく変化しないとみなせるので、それは表面に出ている細粒粒子群に関する支配面積分布密度 $f_{s1}(d)$ と考えることができる。一方、写真からは、適当にひいた3本の測線によつて切られる全ての粗粒礫を対象に個数に関する粒度分布密度 $f_{s2}(d)$ を求めた。この $f_{s2}(d)$ は、河床全面にある全ての粗粒礫の個数分布密度 $f_n(d)$ と、 $f_{s2}(d) \propto f_n(d)$ なる関係があると考えてよいから、これ

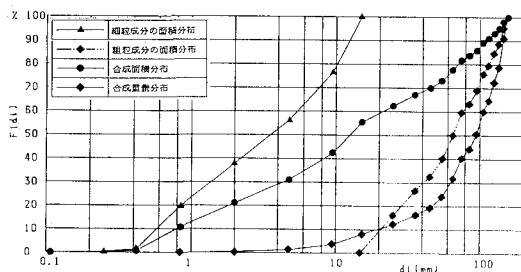


図1. 河床表面砂礫の粒度分布例 1.

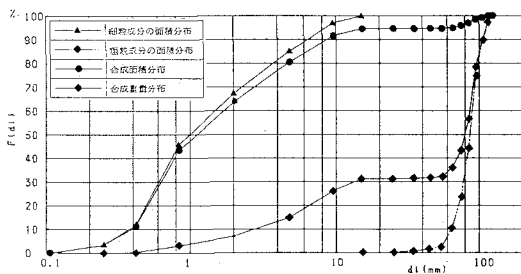


図2. 河床表面砂礫の粒度分布例 2.

と考慮して河床全面の粗粒礫に関する支配面積密度 $f_{s2}(d)$ を、 $f_{s2}(d) \cdot d \cdot f_m(d)$ より算定した。さらに、写真上で、先述の3別線の全長に対する粗粒礫の総割線長の比 R を求めると、細粒、粗粒成分の表面支配比が $(1-R)/R$ と推定でき、これに基づいて $f_{s1}(d)$ と $f_{s2}(d)$ を合成すると、河床表面の全砂礫の面積分布が算定でき、また、この結果に粒径の重みを付せば、重量分布が得られる。

図-1、図-2は、以上のようにして求められた各粒度分布の一部を例示したものである。

3. 実験結果に基づく検討

混合砂礫床の流砂量算定法は多数提案されているが、本報告では芦田、道上の方法²⁾を例にとり、検討してみる。混合砂礫床に対する芦田、道上の流砂量公式は、慣用の記号を用いて次式のように記述される。

$$\bar{Q} = \frac{8\omega c}{\Delta P(d_i) S_{ad}^2} = 17 Z_{*ci} (1 - \frac{Z_{*ci}}{Z_{*ci}}) (1 - \frac{U_{*ci}}{U_*}) \dots \dots \dots (1)$$

上式中の Z_{*ci} に対しては、Egiazaroffの式を一部修正した次式が与えられている。

$$\begin{aligned} d_{*ci} \geq 0.4 \quad \frac{Z_{*ci}}{Z_{*cm}} &= \left\{ \frac{\log_{10} 19}{\log_{10} (19 d_{*cm})} \right\}^2 \frac{d_i}{d_m} \dots \dots \dots (2) \\ d_{*ci} < 0.4 \quad \frac{Z_{*ci}}{Z_{*cm}} &= 0.85 \quad \text{ただし } Z_{*cm} \geq 0.05 \end{aligned}$$

図3、図4は、本実験の資料より計算した $\bar{Q}$ と Z_{*ci} との関係を表うメ-タとして点描するとともに、(1)式、(2)式による計算曲線との対比を行なったものである。ただし、図3では、 $\Delta P(d_i)$ および平均粒径 d_m が重量分布より求められており、一方、図4ではこちらが面積分布より決定されている。筆者らの知る限り、 $\Delta P(d_i)$ と d_m は河床材料の分布資料に基づいて求めるのが慣例となっているようであるが、上述したように、表面層近くの砂礫層の重量分布と表面砂礫の面積分布は一致する場合が多いため、結局いずれにすればよいかわ判断しがたい。そこで、2種の図を描く結果となった。

さて、図3では、各マーカ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。これに対して図4では、両者がきわめてよく合致しているようである。すなわち、以上の結果を見れば、粒径範囲がきわめて広い混合砂礫床に対しても従来の流砂量式をそのまま適用し得ると判断してよいようである。ただし、本報告の実験値の点描に用いた掃流力は、みかけの掃流力であって、大径礫の形状抵抗の影響を除いた砂面に直接作用する掃流力ではない。一般に後者は前者よりかなり小さいと考えられておりこのことからいえば、図4の結果はまったく問題を残さないわけではない。

4. あとがき

本報告では、実験設備の都合上、拘動限界付近の資料しか紹介できなかったが、今後はさらに広範囲の水理条件下での実験をする予定である。

〈参考文献〉 1) 山本晃一：急流河川の河床材料調査法と表面粒度特性，土木研究所報告，1974。
2) 芦田和男，道上正規：拘動床流川の巻杭と掃流砂に関する基礎的研究，土論集，第195号

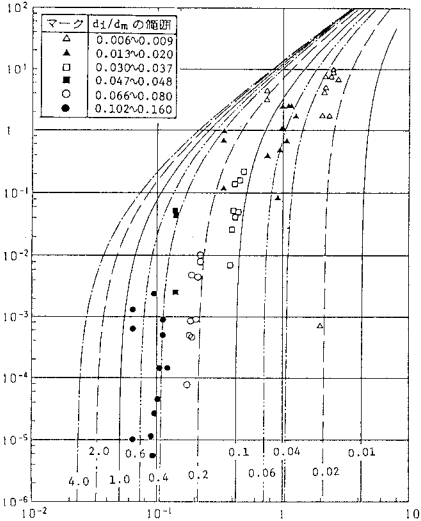


図3. $Z_{*ci} \sim \bar{Q}$ の関係(重量分布)

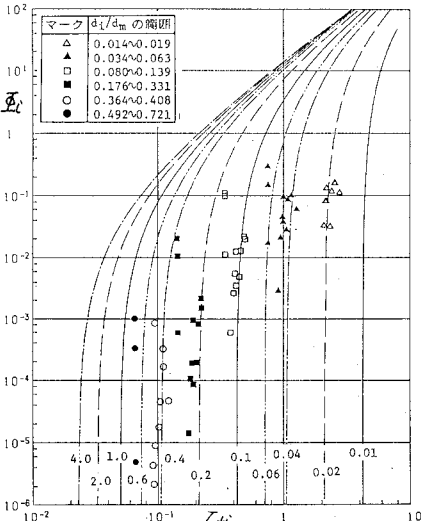


図4. $Z_{*ci} \sim \bar{Q}$ の関係(面積分布)