

京都大学 大学院

学生員

水山高久

京都大学防災研究所

正員

芦田知男

京都大学防災研究所

正員

高橋 保

1. 緒言 混合砂礫床上での流砂現象は複雑でまだ十分には明かになっていない。その中で混合砂礫の粒径別限界掃流力と粒径別流砂量式については芦田道上および平野によって研究され、ほぼ同様の結果が報告されている。著者は山地河川を対象として、水路勾配が急で河床材料の粒度範囲の広い場合の掃流砂について研究を進めてきた。先の報告⁽¹⁾では平衡状態の混合砂礫量式を提案し、その後一部修正を加えた⁽²⁾。本報告はこれまでの研究の続きとして混合砂礫の掃流現象と粒度分布の変化する場合と変化しない場合に分けて、限界掃流力と掃流砂量について考察したものである。

2. 河床の粒度分布が変化しない場合の限界掃流力と掃流砂量

このような状態は上流から下流に流出する流砂量に等しい砂が給砂される場合に生ずる。この場合にはこれまでの研究により次の式が適用できることがわっている。

$$\frac{\tau_{*i}}{\tau_{*m}} \left(\frac{d_i}{d_m} \right)^{\frac{1}{2}} = 10 \tau_{*m}^{\frac{1}{2}} \left(1 - 0.85 \frac{\tau_{*cm}}{\tau_{*m}} \right) \left(1 - \sqrt{0.85 \frac{\tau_{*cm}}{\tau_{*m}}} \right) \quad \text{----- (1)}$$

すなわち粒径 d_i に対する流砂量式における限界掃流力は、 τ_{*cm} の 0.85 倍で粒径に無関係に一定である。それゆえ流砂量 q_{*i} は平均粒径に対する水理量のみで表わされることになる。ところが時々刻々の流砂量を測定したり実験によって短時間の流砂量を求めたりすると必ずしも (1) 式で表わされるように流砂の粒度分布が河床砂のそれに等しいということではなく周期的に粗になったり細かくなったりしているようである。図-1 は流砂の篩い分け現象として知られている流出砂が粗粒化する場合の流砂量を示している。これは小粒径粒子の大粒径粒子による一種の遮へい効果と考えられる。この効果を限界掃流力で評価しようとしたものが図-2 であり Egiazaroff 式の $d/d_m < 0.4$ の傾向に似て小粒径ほど移動しにくい傾向を示している。この篩い分け現象の結果、河床砂および流砂の粒度分布は時々刻々変化することになる。ある時刻の流砂量を知るためにはその時の河床の粒度分布 $f_0(d_i)$ を知る必要がある。しかしその推定法については現段階で未解決である。

一方移動しない粒子があって、ある粒径以下の粒子が移動するような場合を考えてみる。このような場合、上流から給砂がなければ、いわゆるアーモートが発達する。この時の流砂量として平野の実験値と (1) 式を比較したものが図-3 である。これによって移動しない粒子が存在する場合でも (1) 式が適用されることがわかる。また図-3 では、図-1 に現れたような小粒径粒子の遮へい効果はほとんど見られない。このちがいは掃流砂層の厚さの差によると考えられる。すなわち移動しない粒子が存在するような場合には掃流砂層の厚さがそうでない場合に比べてうすく遮へい効果も小さくなるのであろう。

次にこうした移動しない粒子の河床に占める割合が掃流砂量にどのように影響するか考えてみる。その割合が小さい場合には移動しない粒子は単

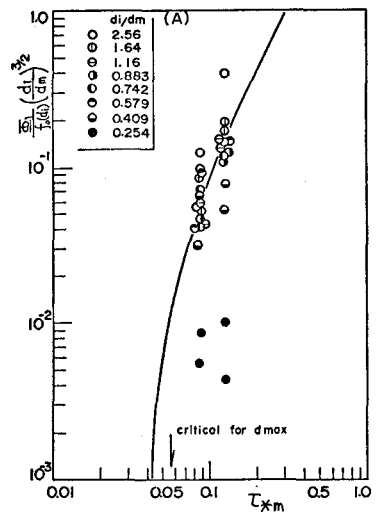


図-1 粒径別流砂量

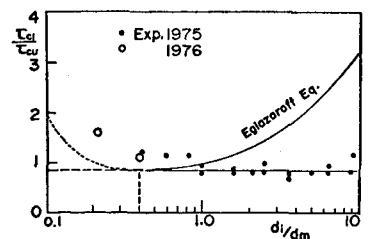


図-2 流砂量式中の限界掃流力

に粗度として作用し、ある程度以上になると遮へい効果が現れると考えられる。ここでは最大粒径粒子の割合を0%, 5%, 10% (重量パーセント) にした場合の粒径別流砂量の変化を調べた (図4)。図4はデータ数が限られていて断定はむづかしいが、最大粒径が5%では0%の場合と同様であるが、10%については流砂量がかなり小さくなっている。これより山地河川の河床に見られる大きい砂礫が単に粗度として作用するだけでなく、その割合が増すと遮へい効果をもつ可能性があることがわかる。しかし自然河床にそのような砂礫が10%もあるかどうかは調べることがある。

3. 河床の粒度分布が変化する場合

上流からの給砂がない場合および、その給砂が流出砂とバランスしていない時には河床砂礫の粒度分布は時間とともに変化する。ここでは給砂がない場合などに生ずる粒度分布の特徴的な変化であるアーマールコート (Armor coat) の形成について考える。式(1)や図3によれば、砂礫の停止は、 $T_{*m} = 0.85 T_{*cm}$ で全粒径にわたって一斉に生ずることになる。これではアーマールコートの形成を説明することはできない。そこで図5において掃流力が最大粒径の移動限界付近またはそれ以下でかつ停止限界掃流力よりも大きいような場合 (Aの領域) を考える。移動している粒子は式の上では停止しないが河床で局所的または一時的に掃流力が停止限界掃流力を下まわることがあっても不思議ではない。一度停止すると移動限界は Egiazaroff 式に従うので大きい粒子ほど再び移動する確率が小さくなる。このようにしてアーマールコートの形成がすすむことになると考えられる。このような現象の追跡には停止 (移動) 確率の導入が必要であろう。図6は最大粒径移動限界よりも大きな掃流力を与えた時の粒径別流砂量の時間的な変化を示しているが、 $T > T_{*max}$ にも関わらず d_{max} の流砂量が小さく移動限界の定義にも問題はあがるが、 $T > T_{*max}$ でも停止確率のゼロにならないことを示している。また最大粒径より小さな砂礫はほぼ河床砂と同じ割合で流出すること、小さい粒子は周期的に変動することを示している。

4. あとがき 今後は粒度分布および流砂量を時間的に追跡することを試みたい。

< 参考文献 >

- (1) 芦田, 高橋, 水山 「砂礫の停止限界と移動限界に関する研究」 第30回土木学会年講概要 50年10月
- (2) 芦田, 高橋, 水山 「混合砂の流送に関する研究」 51年度土木学会関西支部講演概要 51年5月

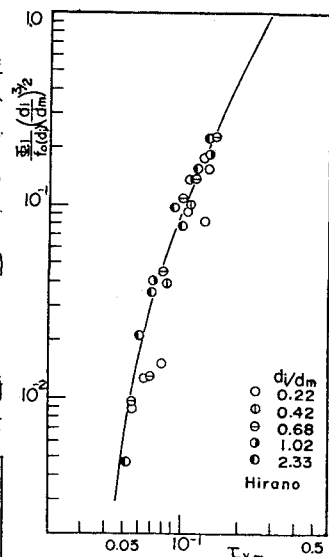


図-3 粒径別流砂量

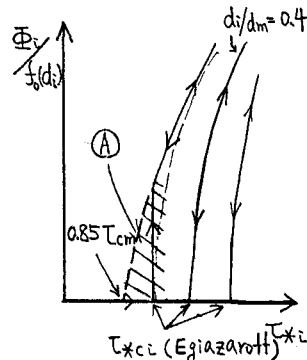


図-5 アーマールコート形成の説明

図-4 大きい礫の効果

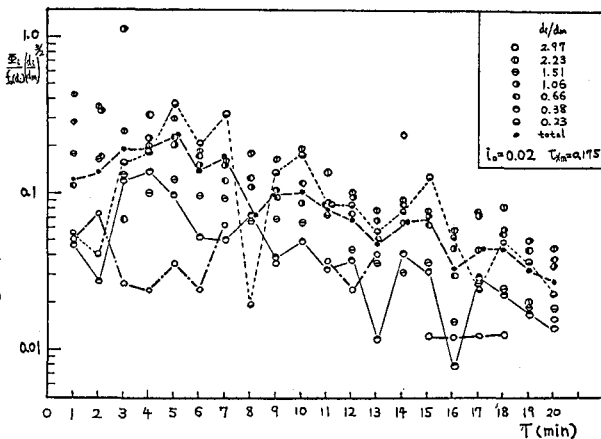


図-6 流砂量の時間的な変化