

掃流砂礫の分散過程(3)——粒子の存在高さと離脱率——

京都大学防災研究所 正員 今本 博 健
 京都大学防災研究所 正員 澤井 健 二
 関 西 電 力 正員 ○小久保 鉄 也
 京都大学大学院 学生員 田 島 泰 三

1. まえがき 掃流砂礫の運動機構はきわめて不規則なものであり、その流下過程において顕著な分散現象が生じる。また、河床の粒度範囲が広い場合には、粒径階ごとにその分散特性が異なり、分級現象が現れる。前報¹⁾において著者らは、比較的平坦な河床で全粒径階の粒子が活発に移動するような水理条件のもとでは、細粒分よりも粗粒分の方が速く流下することを実験によって確認したが、その機構をモデル化した確率シミュレーションでは、現象を十分に模擬することができなかった。そこで本研究では、河床表層内での粒子の存在高さや、存在高さごとの離脱率について実験的検討を加え、シミュレーションモデルの改良を図るとともに、粗粒分がほとんど移動しないような水理条件をも含めた、より一般的な条件での掃流砂礫の分級分散特性について考察する。

2. 河床表層砂礫の存在高さと離脱率 平坦河床といえども、河床面には粒径オーダーの凹凸が必然的に存在し、また流下の過程で埋没と露出を繰り返す粒子も存在することから、河床における粒子の存在高さは一定でなく、ある層内に分布するものと考えられる。著者らは前々報²⁾において均一砂礫を対象として、トレーサーならびに周辺粒子の礫頂高を計測し、露出度（比高を粒径で基準化したもの）がほぼ $-0.3 \sim +0.7$ の範囲に分布し、離脱率（pick up rate）が露出度の一次関数で近似されることを見出した。しかしながら、混合砂礫の場合には、粒径階によつてそれらが異なる可能性がある。

そこで、図-1に示すような粒度構成をもつ移動床水路において、通水中に3つの粒径階のトレーサーを100個ずつ投入し、数分後に停水してその存在高さを調べたところ、図-2のような分布を得た。図中、 z_b はトレーサーの礫底高とその近傍の平均礫頂高との比高、 e は露出度で、斜線部は、埋没粒子を掘り出す際に正確な計測ができなかったものを $e < 0$ の領域に等配分したものである。この図から、混合砂礫床においては、粒径階によつて分

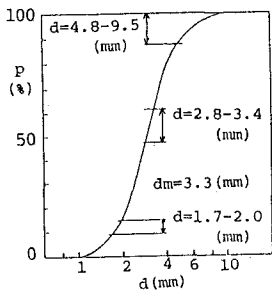
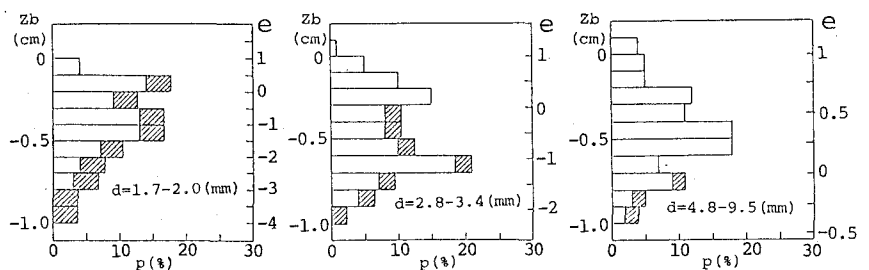


図-1 粒度分布

図-2 粒子の存在高さ分布 ($I = 1/25$, $h = 5.4 \text{ cm}$, $C_m = 0.079$)

Hirotake IMAMOTO, Kenji SAWAI, Tetsuya KOKUBO, Taizō TAJIMA

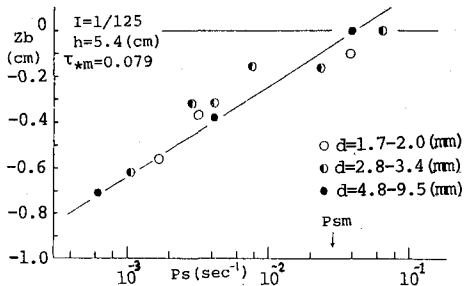


図-3 礫底高と離脱率の関係

布形はやや異なるものの、掃流砂礫の存在高さ（礫底高）はほぼ平均河床面から最大粒径程度の範囲内に分布していることがわかる。

次に、通水前に各種粒径のトレーサーを所定の高さに設置し、通水後の残留確率から離脱率を求めたところ、図-3のような結果を得た。すなわち、礫底高 Z_b が同じ場合、離脱率 P_s は粒径によらずほぼ同一の値をとり、 P_s と Z_b の関係は片対数紙上でほぼ直線関係にある。また、 $Z_b=0$ における P_s の値は、中川・辻本の式から求められる平均粒径に対する値 P_{sm} にほぼ等しく、交換層底部では離脱率が約 $1/100$ に減少する。

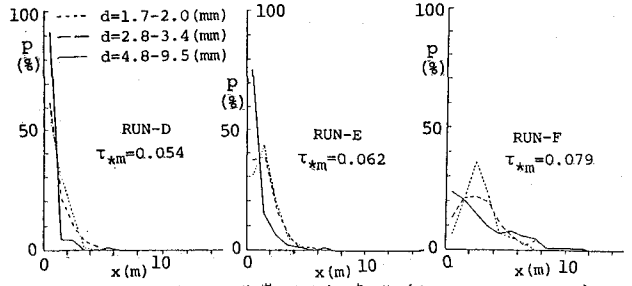


図-4 水理条件による分散性状の変化 ($q_{bi}=0$, $T=20$ 分)

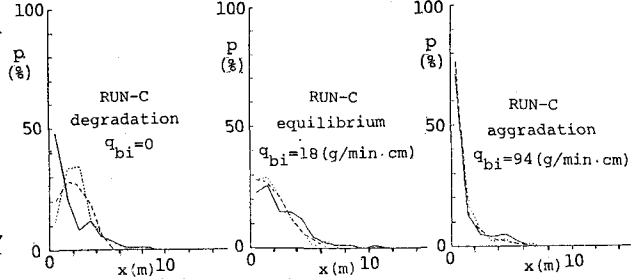


図-5 河床変動による分散性状の変化 ($\tau^*_{m}=0.07$, $T=20$ 分)

3. 分級分散過程のシミュレーション 前報までに述べたように、砂礫の離脱率と step length の確率特性が与えられれば、その流下過程を確率的に模擬することができる。以前のシミュレーションでは、混合砂礫に対しても、step 終了時の露出度が $-0.3 \sim +0.7$ の範囲に一様分布し、離脱率が露出度と一次関係にあるものとしていたが、今回は図-2を参考にして、礫底高を交換層内（平均河床面から最大粒径の深さまで）に一様分布させることにした。離脱率については、図-3を参考にするとともに、一部の粒径階しか移動しないような水理条件をも包含するため、 $P_{si} = \bar{P}_{si} \times 100^{(Z_m/0.8a)}$ と表わす。ここに、 Z_m は礫中心の存在高さ（比高）、 a は交換層厚、 $\bar{P}_{si}$ は中川・辻本の式による離脱率である。

図-4、図-5は、以前のモデルに上記の改良を加え、さらに混合砂礫床の河床変動解析をも加えて、掃流砂礫の分級分散過程を模擬したものである。これによると、移動限界にさわめて近い掃流力のもとでは粗粒分の流下速度は細粒分のそれよりも小さいが、全粒径階が活発に移動するような掃流力ではそれが逆転しており、定量的にも実験結果にかなり適合するようになっている。（実験結果については、別に発表している³⁾ので省略する。）

4. あとがき 以上、種子の存在高さと離脱率に着目することにより、掃流砂礫の分級分散機構がかなり明らかになった。しかしながら、均一砂と混合砂の統一的な取扱いや、河床波がある場合の問題など、未解明の課題も多く残されている。

参考文献 1) 今本・澤井・小久保：掃流砂礫の分散過程(2)－混合砂礫の分級分散－，第38回全国大会，2) 今本・澤井・小久保・三宅：同(1)－河床変動の影響について－，58年度関西支部，3) 澤井：同，第28回水理講演会