

II-59

粗礫河床における浮遊砂の濃度分布

鳥取大学工学部 正 員 藤田 正治
鳥取大学工学部 正 員 道上 正規
鳥取大学大学院 学生員 北川 豊広
鳥取大学大学院 学生員 三村光太郎

1. はじめに

礫床河川では、河床の礫の遮蔽効果や河床付近の乱れに及ぼす効果が濃度分布型や底面濃度に影響を及ぼすものと考えられる。本研究は、濃度分布型をラウス分布式で近似するとき、式中の拡散係数と渦動粘性係数の比 β が水理条件によってどのように変化するかについて考察するとともに、礫の遮蔽効果があるときの底面濃度の算定法について検討するものである。

2. 実験の概要

実験には長さ15m、幅40cmの水路を用い、河床材料に平均粒径12.24mmの礫、浮遊砂に平均粒径0.17mmの細砂を使用した。実験は、表1の条件に対して、浮遊砂濃度が平衡状態になるまで細砂を上流端から供給し続け、そのときの濃度分布、河床の粒度分布および粗礫中の細砂の存在高さを測定した。表中のA、Bは勾配1/80で流量の異なる条件、C、DはそれぞれA、Bと同じ水深であるが摩擦速度の小さい条件、Eは滑面上でDと同じ条件で行った実験である。A-1、B-1は給砂量0の実験で、浮遊砂が発生し始める限界の細砂の存在状態を調べるための実験である。

3. 濃度分布型

濃度分布の実験値より β を求めると表1のようであり、粗面では β が1.0より大きく、相対水深、摩擦速度によって変化している。まず、AとBを比較すると、Aでは $\beta=3.8\sim 4.6$ 、Bでは $\beta=1.4\sim 2.0$ であり、水深の小さいAの方が β が大きい。これは、Aの方が相対水深が小さいため、河床の礫の影響を強く受けるためであると考えられる。ついで、AとCおよびB

表1 実験条件

Run	流量 (l/sec)	給砂量 (g/sec)	水深 (cm)	u. (cm/sec)	河床条件	β
A-1	4.4	0.0	2.36	5.09	粗 面	—
A-2	4.4	4.9	2.26	4.99		4.61
A-3	4.4	12.3	2.28	5.12		3.78
A-4	4.4	39.5	2.01	4.78		4.13
B-1	16.5	0.0	6.17	7.60		—
B-2	16.5	5.1	6.13	7.58		1.96
B-3	16.5	14.5	6.11	7.57		1.37
B-4	16.5	37.0	5.92	7.48		2.00
C	2.2	0.4	2.31	2.85		2.98
D	9.6	4.4	5.86	4.22		2.07
E	8.5	2.0	6.19	4.31	滑 面	1.68

とDを比べると、前者では摩擦速度の小さいCの方が β が小さいのに対し、後者ではほぼ同じ値である。これらのことから、相対水深が小さいときは摩擦速度とともに β が減少する傾向がある。また、滑面では粗面より β は減少しているが、河床に小さい河床波が形成されたために1.0より大きい1.68になった。

以上のような β の変化特性を浮遊砂の確率論的解析から検討する。この方法は、河床砂が浮上してから河床に戻るまでの間、乱れの時間スケールに相当する時間間隔毎にランダムな鉛直方向の乱れが作用するものとし、各時刻における浮遊砂の存在高さの分布を求め、それを時間軸に沿って積分して濃度分布を求めるものである。乱れ強度や時間スケール等の乱流特性に従来の結果が使えるものとする、初期浮上高さの分布が β に強く影響する。そこで、初期浮上高さの分布に 芦田・藤田¹⁾の方法、その後の浮遊砂の運動をYalin²⁾の方法に基づいて解析する。解析の方法は参考文献を参照されたい。図1～図4は、Run AおよびRun Eに対して濃度分布と初期の浮上高さの確率分布 $f(z/h)$ を計算したものである。図1および図3の●および○は図2および図4の点線および実線を使った結果で、点線は芦田・藤田の初期浮上高さの計算値、実線は β の値が実測値に近づくように決定されたものである。Run Eでは、初期浮上高さを計算に基づいて河床付近に与えれば β の実験値を説明することができるのに対し、Run Aでは、水面付近まで初期浮上高さを与える必要があり、計算値よりかなり高い浮上高さを与えなければならない。このことから、河床条件や水理条件によって、初期浮上高さの分布が異なることが推察される。すなわち、相対水深が小さく摩擦速度が大きいと

きは、河床砂は初期に水面近くまで浮上し、 β が大きくなるものと思われるが、この点に関しては今後の検討を要する。

4. 底面濃度

図5は、Run Bの平衡状態での底面濃度 C 。(高さ $z/h=0.05$ における濃度)と細砂の存在高さ Δ との関係を示したものである。ここに、細砂の存在高さとは河床表面から細砂の堆積面の位置までの距離、 d_r : 礫の粒径である。 Δ が大き

いほど C が減少し、河床表面から礫の粒径の1.8倍程度細砂の堆積面が下ると礫の遮蔽効果のため浮遊砂がなくなっている。したがって、この条件では、浮遊砂が発生し始める限界の Δ は粗礫の粒径の1.8倍である。図6は、浮遊限界の実験値と理論¹⁾から遮蔽係数 $k (=u^*/u_*')$ と Δ/d_r の関係を求めた結果である。ここに、 u_*' および u_* は遮蔽を考慮した場合としない場合の摩擦速度である。図中には従来の結果も示されている。この関係を使って、芦田・藤田の浮上率および河床表面に占める細砂の存在面積率から底面濃度を計算したものが図5の一点鎖線である。参考のため芦田・道上の底面濃度と河床表層における細砂の存在率から計算した結果も示している。芦田・藤田の浮上率の式では礫の遮蔽効果を考慮しているので、浮遊限界に理論曲線が漸近しており、理論値と実験値の適合性が良い。

5. おわりに

今後、相対水深の小さい粗面における乱流特性、河床砂の浮上過程について検討したい。

<参考文献>

- 1) 芦田ら: 土木論文集、第375号、PP79-88、1986.
- 2) Yalin, M.S.: I. A. H. R., Int. symposium on river mechanics, 1973, A52-1-A52-12.
- 3) 芦田ら: 土木論文集、第375号、PP107~116、1986.

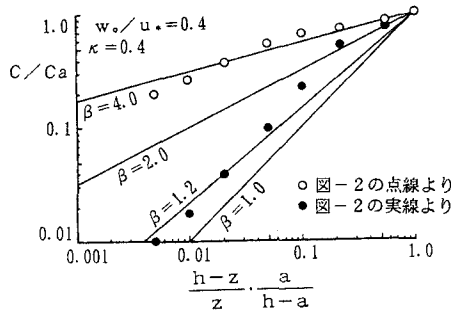


図1 濃度分布(Run A)

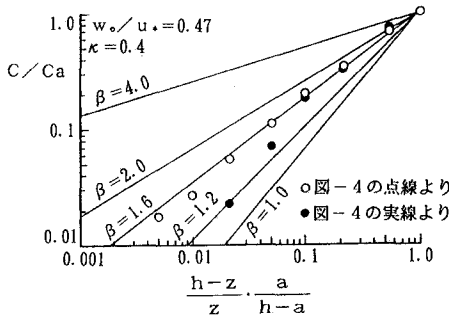


図3 濃度分布(Run E)

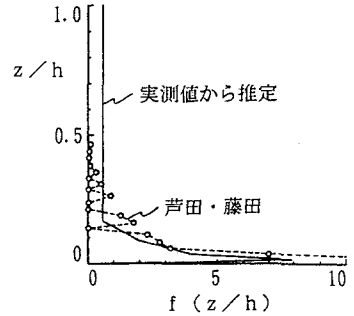


図2 初期浮上高の確率密度(Run A)

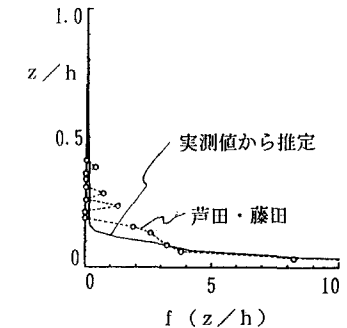


図4 初期浮上高の確率密度(Run E)

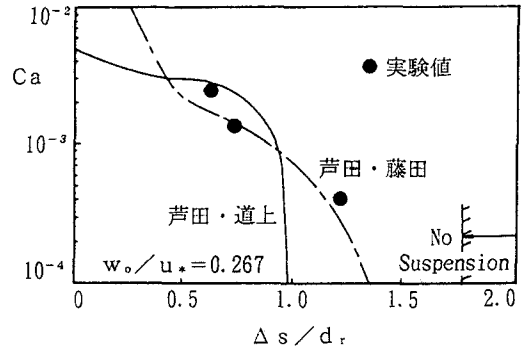


図5 底面濃度と細砂の堆積面の位置との関係

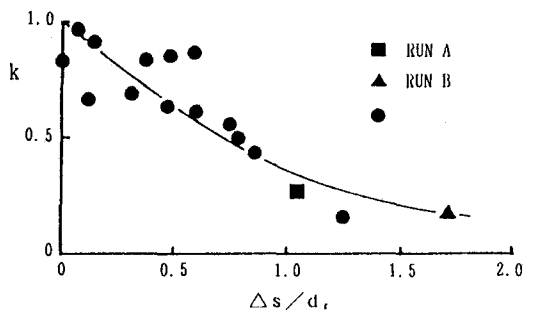


図6 遮蔽係数