

粗礫河床上の平衡浮遊砂濃度分布に関する研究

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

1. はじめに 山地河川のように河床が粗礫で構成されている場合、河床粗礫は、その遮蔽効果や河床付近を乱す効果によって、浮遊砂濃度に大きな影響を及ぼすものと考えられる。そこで、本研究は、河床が粗礫で構成されているときの平衡浮遊砂濃度分布型、礫の遮蔽効果および基準点濃度について実験的に検討するものである。

2. 実験の概要 実験に使用した水路は長さ15m、幅40cmで、上流端には自動給砂装置が設置されている。河床材料として平均粒径12.24mmの粗礫を用

表-1 実験条件

い、平均粒径0.17mmの細砂を浮遊砂として上流端から供給した。実験は、与えられた水理条件、給砂条件に対して、浮遊砂濃度が平衡状態になるまで続けられ、そのときの濃度、河床の粒度分布、および粗礫中の細砂の存在高さの測定を行った。表-1に実験条件を示す。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

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	4.73		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	滑 面	2.98
D	9.6	4.4	5.86	4.22		2.07
E	8.5	2.0	6.19	4.31		1.68

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。ここで、A-1, B-1は給砂量0の実験で、与えられた水理量に対し、浮遊砂が発生し始める限界の河床状態（細砂の存在状態）を調べるための実験である。

3. 実験結果と考察

(1) **濃度分布型** ここでは、浮遊砂濃度分布はRouse式で表されるものとし、式中に含まれる浮遊砂の拡散係数と渦動粘性係数との比である比例定数 β について考察する。

従来、 β の値は、平坦河床では $\beta=1.0\sim 1.2$ 程度、粗面河床では $\beta=2.5\sim 5.0$ であると言われている。本実験で得られた β の値を整理すると表-1のようであり、従来の知見と同様に、 β が1.0~1.2より大きくなっている。詳細にみると、 β は相対水深、摩擦速度、河床条件によって異なっている。以下、これらについて考察する。まず、Run AとRun Bを比較すると、Run Aでは $\beta=3.8\sim 4.6$ 、Run Bでは $\beta=1.4\sim 2.0$ となっている。水深の大きいRun Bに比べて水深の小さいRun Aの方が β の値はかなり大きい。これは、Run Aの方が相対水深が小さいために河床の粗度の影響を強く受けたためであると考えられる。ついで、相対水深が等しい条件で摩擦速度を減少させたとき、 β の値がどのように変化するかについてみる。Run DとRun Bを比べると、 β の値がほとんど同じであるのに対し、Run CはRun Aに比べて β の値がかなり減少している。このことから、相対水深が大きいときは β の値は摩擦速度の変化にはあまり影響を受けないが、相対水深が小さいときは摩擦速度の変化によって β の値は変化することが分かる。確率論的な観点から濃度分布を考えると（例えばValinの方法）、河床砂の最初の浮上高さが高くなると、 β の値が大きくなる。Run Cでは摩擦速度が減少したため、最初の浮上高さが低くなり β の値が減少したものと推察されるが、これについては今後検討を進める必要がある。また、滑面の実験については、粗面よりは β の値は減少し1.68になっているが、河床に小さい河床波が形成されたために1.0よりは少し大きくなった。

(2) **遮蔽効果** 河床が粗礫で構成されている場合、河床砂は礫の遮蔽効果によって浮上しにくくなる。図-1はRun Bの各ケースの場合の細砂の存在高さ Δs を示したもので、細砂の位置が高いほど浮遊砂量は

多くなる。ここで、存在高さは河床表面から細砂の堆積面までの距離である。また、B-1は浮遊砂量0になるときの細砂の存在高さを示したもので、河床表面から粗礫の粒径の2倍程度低い位置になっている。Run A-1, Run B-1の Δs の測定値と浮遊限界の理論¹⁾より遮蔽係数 k を $k = u_*' / u_*$ という形で表すと図-2のようになる。ここに、 u_* は摩擦速度、 u_*' は遮蔽を考慮した摩擦速度である。図中には従来の結果も示しており、 k が小さいほど遮蔽効果が大きい。この結果を使って次項で浮遊砂の基準点濃度を計算する。

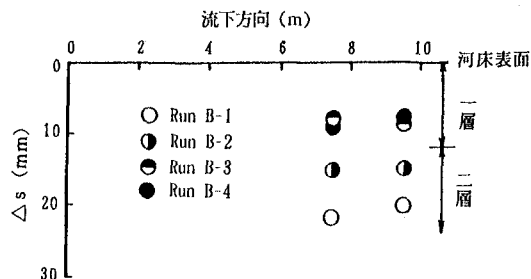


図-1 河床における細砂の存在高さ

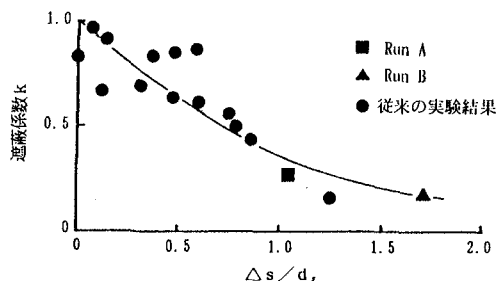


図-2 礫の遮蔽係数

(3) 基準点濃度 図-3は、Run Bにおいて上流端から10m地点における平衡状態での基準点濃度 C_p (高さ $Z/h=0.05$ における濃度)と細砂の存在高さ Δs との関係を示したものである。この図において、細砂の存在高さが高い程、 C_p が増加している。図中の一点鎖線は、芦田・藤田の浮上率の式、図-2の遮蔽係数および河床表面に占める細砂の存在面積率から基準点濃度を計算したものであり、参考のため、芦田・道上の基準点濃度の式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。また、図中のNo Suspension 表示は浮遊限界を表すものである。

図-3をみると、理論値と実験値はほぼ一致している。芦田・藤田式では礫の遮蔽効果を考慮しているために浮遊限界に理論曲線が漸近する様子が再現できており、河床表層が粗粒化されている場合などは礫の遮蔽効果を考慮することが非常に重要であることが分かる。

4. おわりに 本研究では、粗礫河床上における浮遊砂濃度分布型、礫の遮蔽効果および礫中の細砂の存在高さと基準点濃度との関係について

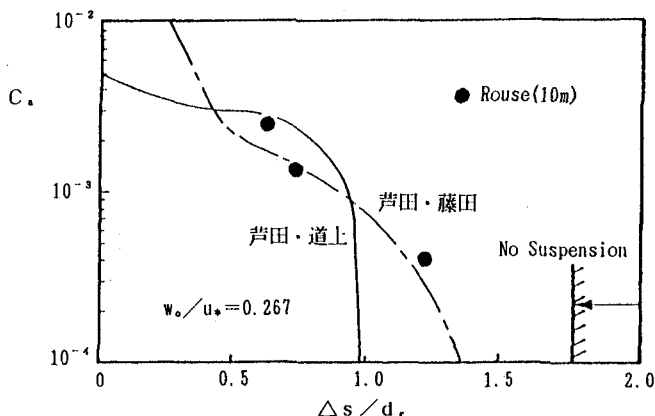


図-3 基準点濃度と細砂の存在高さとの関係

の実験的検討を行ったが、比例定数 β については、実験データが少ないために不明瞭な点が多い。今後、相対水深、および摩擦速度の変化がどの程度 β の値に影響するかをさらに検討する必要がある。遮蔽効果については、従来から河床の粗粒化は河床表層(約1粒径程度)で起こるとされてきたが、今回の実験では、約2粒径程度の粗粒化が確認された。今後、このような河床の粗粒化が掃流力の増加に対してどの程度まで起こるのかを調べる必要がある。

参考文献 1) 藤田正治; 河床砂礫の浮遊機構と浮遊砂量の算定法に関する基礎的研究、京都大学学位論文、1986。