

急勾配移動床水路における高濃度浮流砂流の抵抗則と流砂量に関する研究

九州大学 工学部 学生員 田崎 信忠
 九州大学大学院工学研究院 正会員 橋本 晴行
 九州大学大学院工学研究科 学生員 Park Kichan
 九州大学大学院工学府 学生員 高岡 広樹

1. はじめに

掃流砂と土石流との中間的な流砂形態に掃流状集合流動があるが、一方、浮流砂と泥流との間にも中間的な流砂形態として高濃度の浮流砂流の存在が考えられる。しかしながら、そのような領域における抵抗則や流砂量の特徴については2~3の研究があるだけで定量的な評価までには至っていない。著者らは、既に、泥流に対して提唱されている2層構造モデル¹⁾を高濃度浮流砂流にも適用し、濃度・速度分布や流砂量式を理論的に誘導している²⁾。しかしながら実験による検証は不十分であるため、本研究では、高濃度浮流砂流の抵抗則と流砂量について詳細な実験を行い、その理論式との比較を行ったものである。

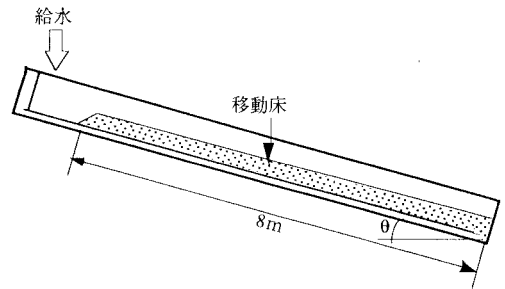


図-1 実験水路図

2. 実験方法

実験に使用した水路は、全長12m、幅20cmの両側アクリルライト製可変勾配水路であり、水路の下流側8mを移動床とした。(図-1)河床材料としては粒径 $d=0.17, 0.29, 0.55, 0.84\text{mm}$ 、密度 $\sigma=2.61\sim 2.65\text{ g/cm}^3$ の砂を用いた。実験では、上流端より単位幅流量 q_{w0} の水を供給して流れを発生させた。その際、速度分布の測定のため、トレーサーとして着色した比重約1の中立粒子と着色砂を計測地点の10~40cm上流側より投下し、下流端より1.0mの地点において水路側方より高速度カメラを用いて流れを撮影した。同時に下流端においても流れを採取し、輸送濃度 C_T や水と砂を合わせた全流量 q を求めた。詳しい実験条件は表-1に示す。

表-1 実験条件表

	d(mm)	$q_w(\text{cm}^2/\text{s})$	θ°
Run.1	0.17	199.88	6
Run.2	0.17	98.38	6
Run.3	0.17	203.19	3
Run.4	0.17	98.40	3
Run.5	0.29	99.17	6
Run.6	0.29	199.31	6
Run.7	0.29	202.23	3
Run.8	0.29	98.79	3
Run.9	0.55	98.58	3
Run.10	0.55	204.19	3
Run.11	0.55	199.38	6
Run.12	0.55	97.79	6
Run.13	0.84	200.70	6
Run.14	0.84	97.45	6
Run.15	0.84	203.54	3
Run.16	0.84	97.97	3

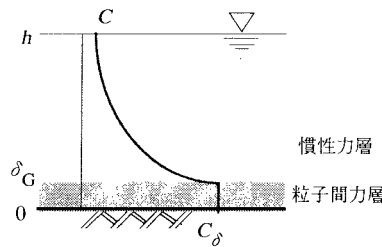


図-2 流れの構造と濃度分布に関する模式図

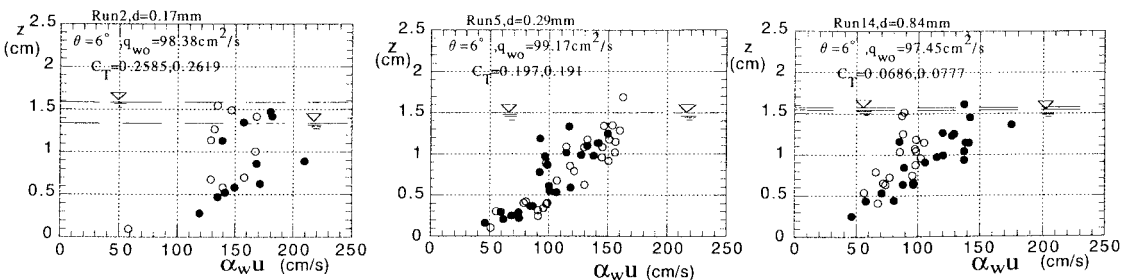


図-3 速度分布の測定結果

3. 実験結果と考察

土石流や泥流の挙動を説明するためのモデルとして橋本らは2層構造モデルを提案している¹⁾ (図-2)。高濃度浮流砂流にも同じモデルを適用することになると、濃度・速度分布を考える時、代表長さスケール l として底面からの高さ z を選び、無次元高さ $z/d \sqrt{\frac{\rho_l}{\sigma F(C)}}$ を導入することができる。また流況を規定するパラメータとして無次元水深 $h/d \sqrt{\frac{\rho_l}{\sigma F(C)}}$ も導入することができる。その結果、図-2のような2層構造において、底面近傍には粒子間応力が卓越する粒子間力層が、その上にはレイノルズ応力の卓越する慣性力層がそれぞれ存在するものとされる。

図-3は、水路勾配を6度に固定し河床材料の粒径を変化させた時の速度分布の測定結果を示している。ここに α_w は、速度を壁面で測定したことによる補正係数である。粗粒化するにつれ速度分布は一様な分布からせん断流的な分布に変化している。

図-4は、無次元速度分布 u/u_* を無次元高さ $z/d \sqrt{\frac{\rho_l}{\sigma F(C)}}$ に対して示したものである。図中には理論計算結果も示されている。

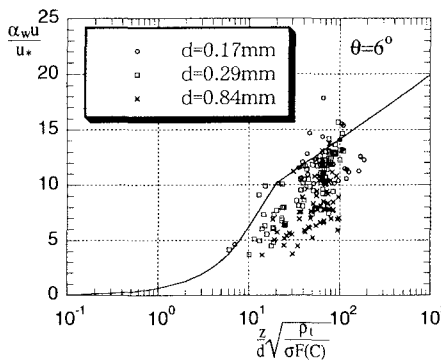


図-4 無次元速度分布と無次元高さとの関係

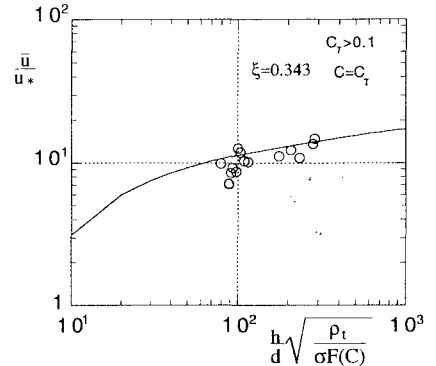


図-5 流速係数と無次元水深との関係

図-5は、流速係数 \bar{u}/u_* を無次元水深 $h/d \sqrt{\frac{\rho_l}{\sigma F(C)}}$ に対して示したものである。ここに輸送濃度 $C_T > 0.1$

を満たすデータのみを採用した。

図-6は無次元流砂量を無次元掃流力に対して表したものである。ここにパラメータとして相対水深 h/d 、無次元沈降速度 w_0/u_* を用いている。相対水深が大きいほど、無次元沈降速度は小さいほど流砂量は大きくなるのが分かる。図中の曲線は理論式の簡便式である。図-4においては理論式が若干過大評価であったが、図-5、6では理論式と実験結果が良く適合しているのが分かる。

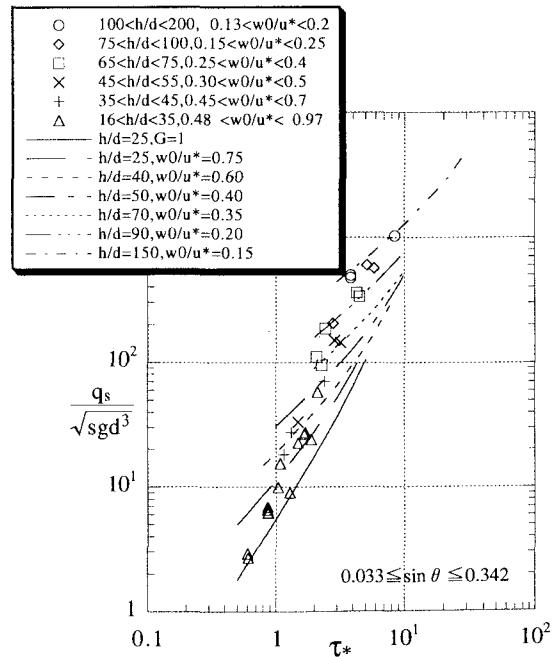


図-6 相対水深と無次元沈降速度をパラメータとした時の無次元流砂量と無次元掃流力との関係

4. おわりに

以上、高濃度浮流砂流の速度分布や抵抗則、流砂量について実験を行い、著者らにより提案されている理論式と比較した。得られた実験結果は理論式との適合性が良好であったが、速度分布式については実験結果より過大であった。

参考文献

- 1) 橋本晴行・平野宗夫：泥流の抵抗則に関する研究，水工学論文集，第39巻，1995。2) 平野宗夫・橋本晴行・多川博章：急勾配水路における浮流砂を伴う流砂量，水工学論文集，第42巻，1998。