

急勾配移動床水路における高濃度浮流砂流の流砂量に関する研究

九州大学大学院工学府 学生員 田崎 信忠
 九州大学大学院工学研究院 正員 橋本 晴行
 九州大学大学院工学研究院 正員 朴 崎璣
 九州大学大学院工学府 正員 池松 伸也
 九州大学工学部 塩山 茂孝

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知られている(図-1)。この流砂形態については、従来、泥流に対して提唱されている2層構造モデル¹⁾(図-2)が適用され、流砂量や抵抗則の評価式が理論的に誘導されている²⁾。このモデルは土石流や掃流状集合流動をも包含したモデルであるため広範囲な適用の可能性をもっており実用上の観点からも注目すべきものがあるが、その適用範囲については明らかではない。本研究は、高濃度浮流砂流・泥流の領域に対して求められている流砂量式と抵抗則の評価式について他の領域の実験データとも比較しながら、それらの式の適用範囲について調べたものである。

2. 考察

理論との比較には、可変勾配水路において、河床材料として粒子密度 $\sigma = 2.59 \sim 2.65 \text{ g/cm}^3$ の、微細砂から中れきまでの種々の粒径の材料を用いて得られた土石流・流砂に関する実験データを用いた。

高濃度流の運動方程式における各項のオーダー比較を行い、慣性項と粒子間衝突応力項との比をとると流れを規定する無次元パラメータ $L_d \sqrt{\frac{\rho_t}{\sigma F(C)}}$ が得られる。ここに L は代表長さスケールである。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 を選ぶと、無次元高さ $\frac{z}{d} \sqrt{\frac{\rho_t}{\sigma F(C)}}$ 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 $N_h = \frac{h}{d} \sqrt{\frac{\rho_t}{\sigma F(C)}}$ も導くことができる。

図-3は、流速係数 \bar{u}/u_* を無次元水深 N_h に対して示したものである。 N_h が小さい領域は土石流・掃流状集合流動である。 N_h が大きい領域は泥流・高濃度浮流砂流、掃流砂の領域である。図中には理論計算結果も速度分布の補正係数 ξ をパラメータとして示されている。大部分の実験値が理論とうまく合っていることが分かる。しかしながら、無次元水深 N_h の大きい領域において、相対水深 h/d の小さいデータが理論式からはずれている。これは掃流砂のデータである。また、 $N_h = 50 \sim 200$ の領域では $h/d = 75 \sim 200$ のデータの一部が理論からはずれている。これは河

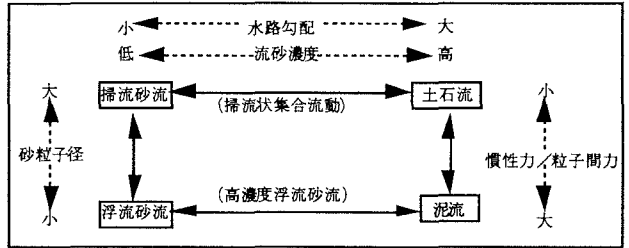


図-1 急勾配移動床水路における流砂形態

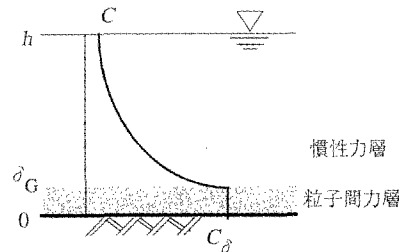


図-2 流れの構造と濃度分布に関する模式図

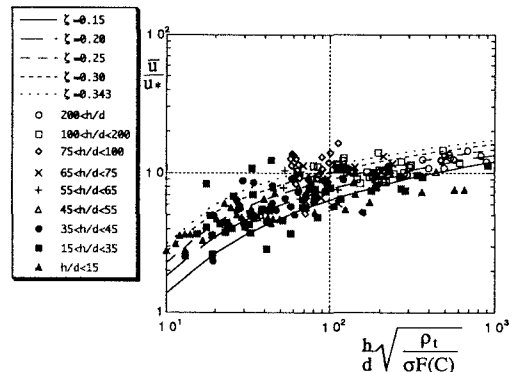


図-3 流速係数と無次元水深との関係

床条件が固定床ベニヤ板の場合の実験データである。移動床の場合より流速が早くなっているためと考えられる。

図-4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。相対水深が大きいくほど、無次元沈降速度は小さいほど流砂量は大きくなる事が分かる。図中の曲線は $\xi=0.343$ としたときの理論式の簡便式である。大部分の実験値が理論とうまく適合している事が分かる。図-5, 6は、相対水深 h/d のもっとも大きな領域と比較的小さな領域について、輸送濃度 C_T をパラメータとして実験値と理論との比較を示したものである。 $h/d > 200$ では理論と実験が合わない事が分かる。また $15 < h/d < 35$ では $C_T > 0.5$ のデータが理論と合わない事が分かる。前者は河床材料が微細砂の場合の実験データである。材料が細粒になりシルトサイズに近くなるにつれ河床侵食の機構が粗粒の場合とは異なることを示していることが考えられる。後者は典型的な土石流のデータである。これについては今後検討が必要である。

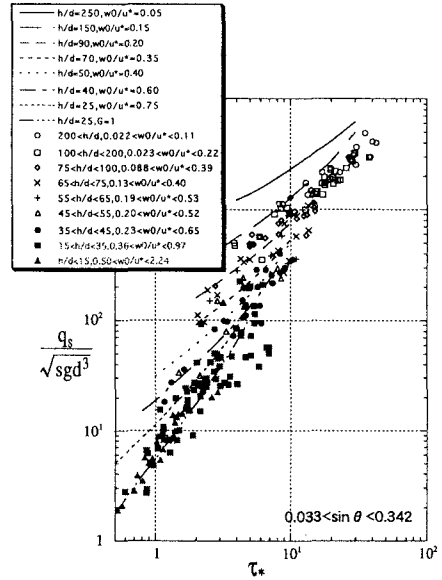


図-4 相対水深と無次元沈降速度をパラメータとした時の無次元流砂量と無次元掃流力との関係

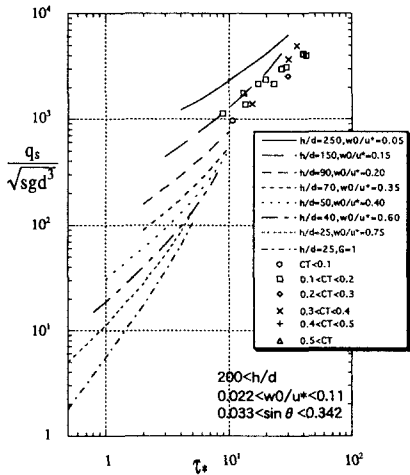


図-5 輸送濃度をパラメータとした時の無次元流砂量と無次元掃流力との関係

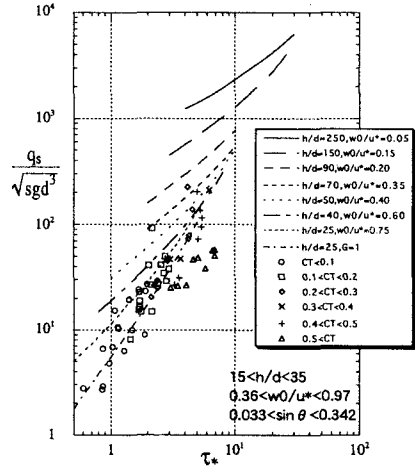


図-6 輸送濃度をパラメータとした時の無次元流砂量と無次元掃流力との関係

3. おわりに

以上、高濃度浮流砂領域に対して提案されている抵抗則や流砂量式について、広範囲な条件下で行われた実験結果と比較し、それらの適用範囲について調べた。流速係数については掃流砂の実験値が理論と合わないことが分かった。また流砂量式に関しては微細砂の実験値と $C_T > 0.5$ の土石流データが理論と合わないことが分かった。今後、これらについて検討を行う予定である。

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。