

底面せん断応力の増加に伴う掃流砂れきの運動特性の変化

京都大学工学部 正員 中川 博次
 京都大学工学部 正員 辻本 哲郎
 青年海外協力隊 正員 ○村上 正吾
 日本国有鉄道 正員 市川 公洋

1. まえがき 近年、粒子運動の詳細な記述により土砂工学の行き詰りを打開しようとする動きが見られる。しかし単一の粒子の運動をいくら精密に解いたところで対象が現実の砂の動きと違ったものであれば何の役にも立たない。実際頭の中に描く運動機構と現実の砂の挙動とに格段の差があることが多い。これはこれまで実際の移動床で粒子運動が詳細に観察、計測されていなかったことに依る。著者らは流砂 (bed load) 機構の本質である (床面との)「衝突」に着目し、実際の砂の動きに忠実な流動モデルの枠組 (frame-work) を提案し確率論的な考慮が必須であること (単に流砂の運動を考慮するというものではない) を指摘してきた¹⁾。しかし実験的裏付けが、計測 (16mmフィルム解析による個々の粒子の運動の追跡) の都合から低い掃流力の場合に限られていた (図-1の●のプロット) ため説得力に欠けていた。そこで今回図-1に

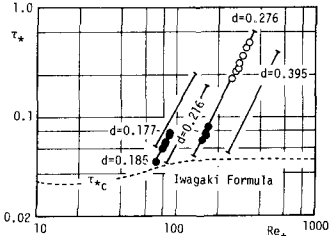


Fig.1 (d: cm)

○のプロットで示す大きい掃流力での実験を行い、先²⁾と同様の検討を行った。測定は河床変形が顕著になるまで (平坦河床) で行っており、河床波の効果は除去されている。また測定の容易さのため

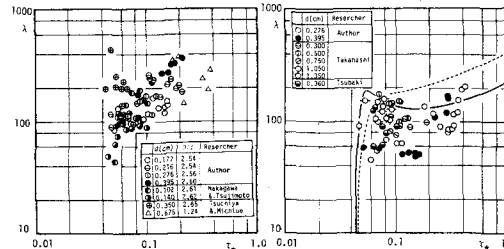


Fig.2

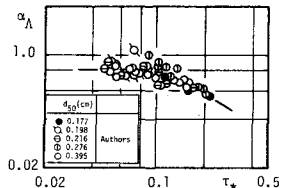


Fig.3

幅10mm長さ5mの小規模水路を用い数10分の1の急勾配まで実験を行った。

2. step length step lengthの実測はこれまで³⁾ $\bar{x} \approx 0.1$ 程度までに限られていたが今回 $\bar{x} \approx 0.4$ 程度まで行った。この結果図-2に示すように平均 step length は粒径の 50~400 倍程度で $\bar{x}$ に対し緩やかな増加の傾向を示す。図中の実線及び点線は流砂量についての Bagnold 式、Swiss 式⁴⁾ 及び著者らがすでに提案した pick-up rate の推定式³⁾ から逆算した平均 step length と無次元掃流力の関係を表わしている。図-3には step length の変動係数を示したが $\bar{x} > 0.1$ で $\bar{x}$ とともに減少し step length の分布は指数分布から次第にはずれにくる (図-4参照)。

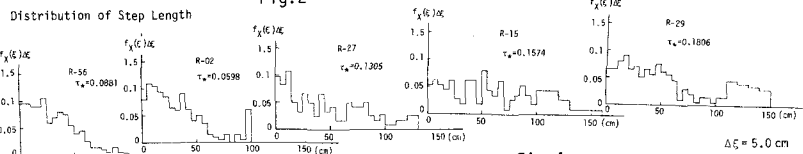


Fig.4

図-2に示すように平均 step length は粒径の 50~400 倍程度で $\bar{x}$ に対し緩やかな増加の傾向を示す。図中の実線及び点線は流砂量についての Bagnold 式、Swiss 式⁴⁾ 及び著者らがすでに提案した pick-up rate の推定式³⁾ から逆算した平均 step length と無次元掃流力の関係を表わしている。図-3には step length の変動係数を示したが $\bar{x} > 0.1$ で $\bar{x}$ とともに減少し step length の分布は指数分布から次第にはずれにくる (図-4参照)。

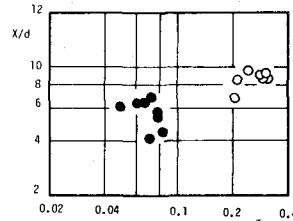


Fig.5

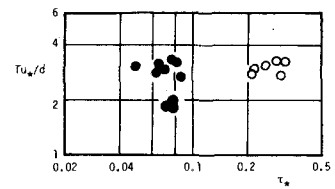


Fig.6

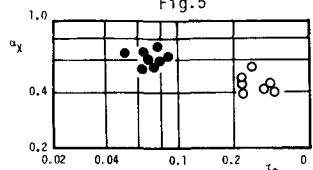


Fig.7

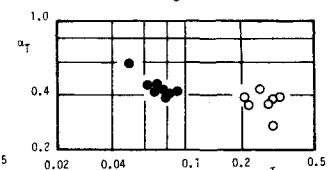


Fig.8

* Hiroji NAKAGAWA, Tetsuro TSUJIMOTO, Shogo MURAKAMI and Kimihiro ICHIKAWA

3. 衝突過程

砂れき速度の時間的・距離的变化はやはり急激な減少が確率的に生ずること特徴づけられ、その間隔 $\{T\}$, $\{X\}$ の平均値, 変動係数を調べた(図-5~8)。また $\{X\}$ の分布を掃流力の小さい場合の結果(Run L)と比較し図-9

に示した。これらによると衝突間距離は若干増加し、 $\{T\}$, $\{X\}$ の分布はやや規則正しくなる。衝突前後の速度 $\{v_1\}$, $\{v_2\}$ についても平均値, 変動係数を調べ(図10~13

に示した。摩擦速度で無次元化した平均粒子速度は τ_{*1} においてわずかに増加し、掃流力の大小にかかわらず衝突によって半減している。変動係数は衝突によっていずれの場合も1.5~2倍に増加しているが、掃流力の大きい条件の結果は約7割程度となっている。図13, 14に $\{v_1\}$, $\{v_2\}$ の分布を示すが、掃流力の大きい方が若干規則性が現れている。

4. 流送過程

衝突と衝突間の流送過程について、図-15に初期移動から最初の衝突までの速度の変化の

アンサンブル平均を示した。これによると掃流力の大きい場合も必ずしも saltation の運動方程式に従わず、むしろ駆動力は減じているようである(抵抗係数の減少)。また衝突間での速度の変動係数の変化は図-16, 17に示すようであり低い掃流力についての実験結果²⁾と同様の傾向が認められた。

5. あとがき

掃流力が大きくなると次第に不規則性は薄れてくるもののやはりかたりの重要性を持っている。また掃流機構の枠組¹⁾はそれほど変わらないものではない。

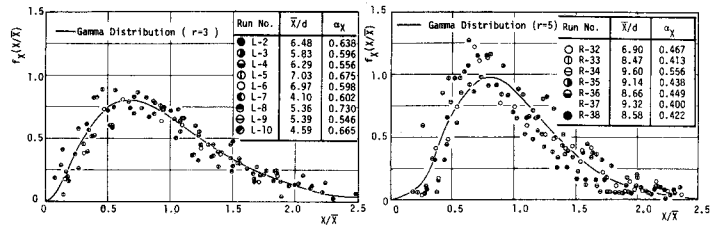


Fig.9

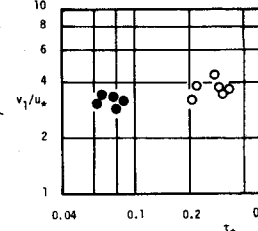


Fig.10

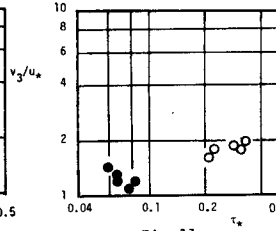


Fig.11

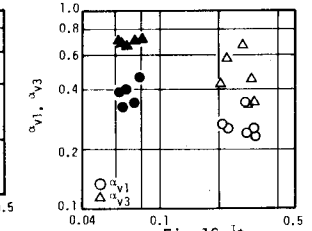


Fig.12

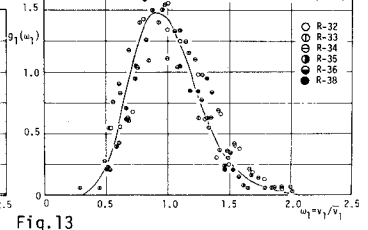
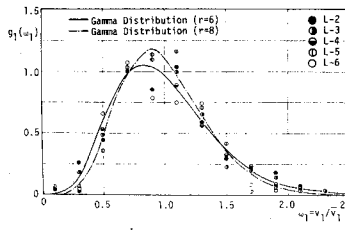


Fig.13

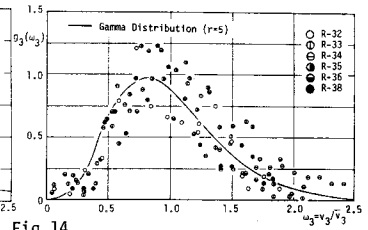
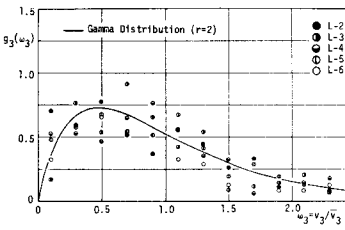


Fig.14

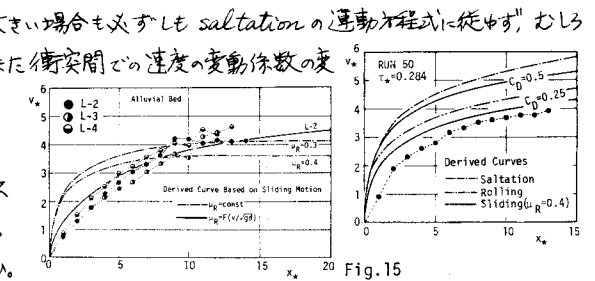


Fig.15

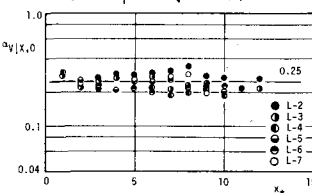


Fig.16

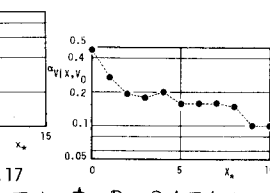
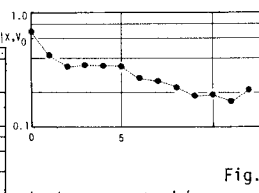
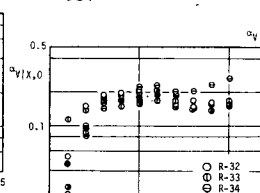


Fig.17

参考文献: 1) Nakagawa & Tsujimoto: Proc. 3rd Int. Symp. Stochastic Hydraulics, 1980. 2) 中川辻生・細川: 京大防災研年報第22号B, 1979. 3) 中川辻生: 土木学会論文集第244号, 1975.