

岐阜大学工学部 正員 増田重臣

“ “ 味村 弘

“ “ 山本利繁

I. まえがき

流砂現象は実に複雑な要素に支配され、その流動状況を適確に表現することはかなり困難な問題がある。特に自然河川では種々雑多な混合砂から成ることがその解明を一段とむづかしくしている。従来混合砂に対しては、球と仮定された砂粒の大きさの相異のみ重視され、その形状についてはあまり考慮が配られていない。そこで筆者らは粒子の形状もある条件下ではその流動にかなりの影響をもつと考え、まず形状の異なる単一粒子を取り上げ若干の実験と考察を試みた。

2. 砂粒子形状の転動速度に及ぼす影響

形状の異なる数種の砂粒子模型をつくりその転動速度をストップウォッチで測定した。測定距離は50cmである。模型の比重はすべて同一とし1.12、その換算径は1.50cmである。その他の特性はTable Iに示す。実験水路は10×30×300cmの両面ガラス張り鋼製開水路である。

砂粒子の転動状況を無次元表示すれば

$$f_1(V/\sqrt{gH}, Vg/\nu, \omega/V, d/\lambda, \rho_2/\rho, \psi, P) = 0$$

ここで V : 流体の平均流速, H : 水深, ν : 流体の比重, ρ : 流体の密度, μ : 流体の粘性係数, d : 粒子の換算径, ρ_2 : 粒子密度, ω : 粒子転動速度, ψ : 形状係数, P : まるみ率である。水深, 粒子密度, 粒子の体積を一定としまるみ率は二次的要素として省略すると結局、転動速度比 ω/V は $V/\sqrt{gH} = Fr$ とし

$$(\omega/V) = f_2(Fr, \psi)$$

となる。まず転動速度とフルード数との関係を示したのがFig-1である。球はすべてを通じて一番大きい速度をもつことは当然であるが、形状係数の小さい粒子については比較的低いフルード数では、その転動速度は球の場合の半分以下となり、流速が大きくなるにつれ速度も急

Table I

Form	Sym- bol	Shape Factor	Coeff. resistance	Shear Velocity (cm/sec)
Sphere	SO	0.950	0.242	0.387
Roller 1	R1Φ	0.521	0.499	0.514
2	R2Φ	0.720	0.441	0.471
3	R3Φ	0.800	0.359	0.301
Disk 1	D1●	0.359	0.964	0.555
2	D2●	0.524	0.426	—
3	D3●	0.760	0.405	0.355
Blade 1	B1Φ	0.357	0.884	0.660
2	B2Φ	0.548	0.598	0.487
3	B3Φ	0.641	0.463	0.560
Brick	b●	0.746	0.367	0.333

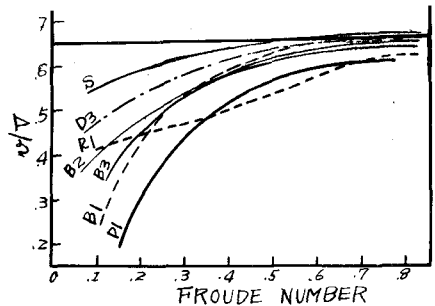


Fig-1

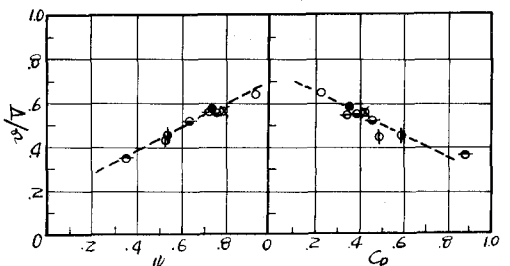


Fig 2-1

Fig 2-2

激に増加してほぼ $Fr = 0.9$ に他の粒子と同じ速度となる。すなわち形状の転動に及ぼす効果がなくなる。(しかしこの Fr の値も粒子の比重が違えば異なる)。

次に Corey の提案した形状係数 (Shape Factor) $\psi = c/NaB$ (a, b および c はそれぞれ互いに直交する三軸方向の砂粒の大きさをもその大きさの順に表わす) が粒子の運動をいかに表現しているか見よう。Fig1によれば R, D, B および S, b 等比較的形狀係数の同じものがその転動速度に相当の差があるように見えるが形状係数と転動速度は Fig2 に示すようにかなりの相関性がある。すなわち三軸長の測定による形状の幾何的表現が粒子の転動に対するその水理特性をよく表現していると考えられる。Fig3は沈降速度より求めた抵抗係数 C_D と転動速度の関係を示したものでこの場合もほぼ満足できる結果である。軸長測定に困難を考えるとこの実験条件の範囲内においては抵抗係数も形状指標として妥当なものと云えよう。

3. 形状の異なる粒子の限界掃流力について

前節で述べたように低フルード数の場合、特に粒子の形状係数の小さいとき転動速度は著しく異なる。それゆえその限界掃流力についてもかなりの差異があるのではないかと推定される。従来砂の限界掃流力を論じる際、砂は球として扱われる場合が多く、形状を考慮した始動時の状態についてはまだ不明な点が多い。ここでは転動速度から求めた限界掃流力について述べる。横軸に粒子の転動速度 u_{*c} 、縦軸に流速の対数分布則がなりたつとして計算したまじつ速度 U_{*c} とをそれぞれプロットするとおおよそ一直線上に並ぶ。(Fig 3-1, 3-2)

ここで U_{*c} のところの U_{*c} を一応始動時のまじつ速度と考えることとする。こうして求めた限界掃流力を土屋博士の滑面水路上の掃流力に関する無次元表示の曲線ととてプロットしても Fig4 である。球はほぼ球と仮定した場合の理論曲線の上にあり、形状係数が小さくなるにつれて、理論曲線からのずれが大きくなっている。反面 R, B および BZ のごく比較的形狀係数が小さいものや、うまく曲線に合致している。このことはまじつ角測定上の誤差、あるいは実験では粒子はほとんど床面上で転動し、跳躍するものはわずかであったことなど考えれば粒子のまるみの多寡にも大きく影響を受け、また上記の方法によって限界掃流力を求めるには、流速が増加につれて各粒子の転動速度の差が小さくなること、すなわち U_{*c} に対する U_{*c} の直線性や、比重のちがひによる粒子の流体への追随性などを考慮しなければならず、これら少数のデータからは即断し難い。今後広範な実験を行ないこれらの点を明らかにしたいと考える。

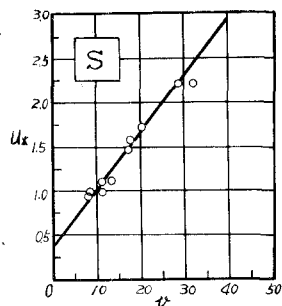


Fig 3-1

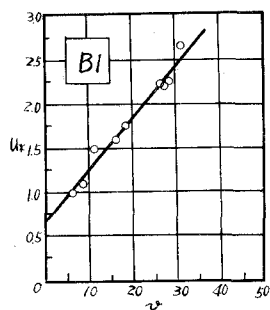


Fig 3-2

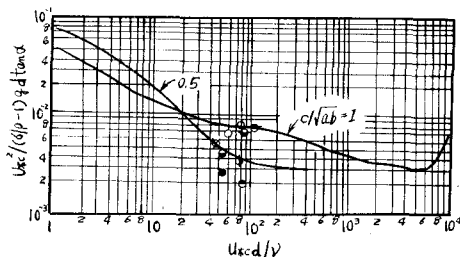


Fig 4

参考文献

土屋義人：滑面水路床の下流端における沈降限界 土木学会論文集 第80号 (昭37)