

底面付近における砂粒の運動機構について

京都大学防災研究所 正会員 土屋 義人

同 上 同 上 〇角野 稔

1. 緒 言

水流による粒子の運動機構、とくにその *Saltation* に関する研究は、1963年 M.S. Yalin によってなされた。その基礎となっている考え方は、一つの球状粒子に作用する力として、流体抵抗、揚力および重力とを考へ、次元解析的手法とをとり入れて運動方程式をつくり、その結果から流砂量公式を導いている。また、1966年には実験的に床面付近における粒子の運動機構を写真撮影し、Yalin と同様の手法で運動方程式を検討し、流砂量式を提案した岸らの研究が発表された。われわれも昨年来より、粒子の運動機構の力学的基礎を確立するため若干の実験を行なってきた。第21回土木学会年次講演会において、転動距離、跳躍高さおよび距離の特性について考察を行なった。今回は移動開始時を対象とした粒子の運動について実験を行ない、とくに粒子に働く力関係を知りうるよう考慮するとともに、移動開始から転動にうつる場合、転動運動に及ぼす粒子の比重の影響を検討したので、それらの結果について報告したい。

2. 実験装置および実験方法

実験水路は巾 50 cm、深さ 20 cm、および長さ約 16 m の鋼製水路で、その長さ 1.3 m の部分がアクリライト板でつくられ、そこで粒子の写真撮影ができるようになっている。写真-1 は粒子の運動状況の一例である。水路こう配は任意に変えることができるがここでは 0.00875 で実施した。床面には粒径 0.375 mm の均一な砂粒をニス付けした。また、水路中央に粒子が一定な静止摩擦角から移動開始できるように真ちゅう板を加工して取り付け、その上に粒子との接触移動開始の原玉とした。その静止摩擦角は、0 および 1.11 である。実験粒子はナイロン球の表面を均一な鉄粉で被覆したものおよびアスファルトに鉄粉をまぜ球状にしたものを用いた。その粒径は 0.38 cm で比重 1.229,

1.677, 1.881 および 2.004

の4種である。実験はとくに

移動開始時における粒子の飛出し方向から粒子に働く力関係を知るために、こ

の付近における粒子撮影と 写真-1 粒子の移動方向と転動状況 ストロブ装置を用いて、綿密に実施した。

3. 実験結果および考察

床面付近における粒子の運動、とくに粒子に作用する力関係を実験的に見出すことは非常に困難なことで種々の問題点があるが、前述した方法で実験を行なった結果について述

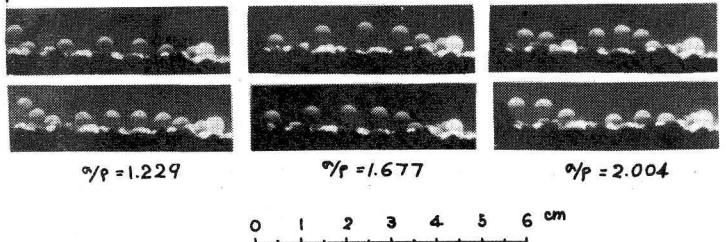


写真-1 粒子の移動方向と転動状況

写真-1 粒子の移動方向と転動状況

写真-1 粒子の移動方向と転動状況

べる。すなわち、前述したように粒子の大きさは同一であるから水平方向の流体抵抗はほぼ同じであり、また鉛直方向の力関係では粒子の重力だけ相違することになる。したがって、粒子に働く鉛直方向の流体抵抗または揚力は同一であるので、粒子の静止時から飛び出し方向が粒子の比重によって相違することになる。この観点に立って実験を行なった結果の一例が図-1である。この場合、同一粒子を約30回静止時から移動を開始させて、その飛び出し角度をみとり、その平均値をもって図示した。ただし、図中の縦軸は飛び出し角度であり、また横軸は便宜上掃流力の無次元形で示してある。この結果から明らかなことは、ほとんどの場合粒子の飛び出し角度は負であって、必ずしも揚力で上方に粒子が飛出さないことを示している。しかしながらこの問題を確認するには、その実験方法が非常に重要であって種々問題が多く、さらに詳細に実験を実施しようと考えている。なお図中に示した曲線は限界掃流力に関する岩垣博士の計算にしたがって、移動限界に対応した関係を用いて、理論的に計算したものである。粒子の移動方向は瞬間的な乱流の特性に対応するとも考えられるので、この比較はあくまで参考にとどめるべきであろう。

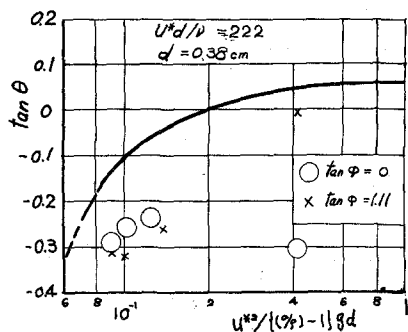


図-1 粒子の飛び出し角度

つぎに、図-2は粒子の転動機構について考察を行なったものである。図中の曲線は凹凸による不均一をすべて無視し、Coulombの法則にしたがうような摩擦力の場における粒子運動を対象とし、Magnus効果を無視して速度の2乗に比例する流体抵抗を考慮して、理論的に計算したものである。ここに： $\{G_0 / \{(1 + \rho_{20}) (\rho_p - 1)\} (U^* t / d)\}$, G_0 : 抵抗係数であって $(U_1 - U) d / \nu$ の関数、 ρ および ρ_{20} : 水および粒子の密度、 U^* : 摩擦速度、 d : 粒子、 t : 時間である。図中・印で示したものは、さきの学会で報告したように砂粒床面の任意の点から移動をはじめた場合であるが、そのほかの点は今回の実験によってえられたものである。

この場合は前述したように床面に15cm x 15cmのしんちゅう板(この場合は $\tan \theta = 1.11$)をおいて実施したので一般に実験結果が小さくでていることがわかる。しかし、比重特性をかなり変えた今回の実験から明らかなように転動に対しては粒子の比重はほとんど影響しないことが結論される。最後にこの実験を行なうにあたって御指導いただいた矢野教授および種々討議していただいた道上助手に感謝するとともに、この研究が文部省特定研究の一部であることを付記し謝意を表す。

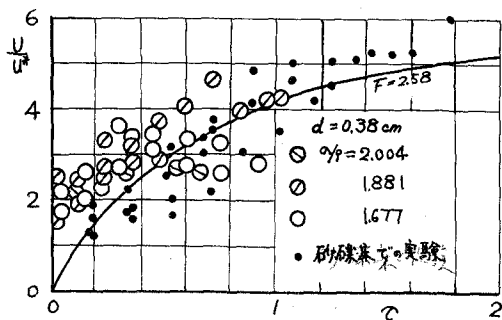


図-2 転動速度、実験結果と理論曲線の比較