

II-346 振動流場における砂粒子の移動距離と移動確率についての一考察

北海道大学工学部 学生員 金沢 一郎
同 上 正 員 山下 俊彦
同 上 正 員 佐伯 浩

1、はじめに

近年掃流過程の概要が明らかにされてきている。この様な研究が移動床上の現象を次第に明らかにしてきている。しかし振動流場においてはnetの漂砂量を求めるためにも、砂連の発達機構を調べるためにも、またさらには振動流場の本質的なものである非平衡性を把握するためにも砂粒子の移動距離分布、平均移動距離、また移動確率について調べることが必要であるが、それについて述べられている研究は少ないのが現状である。一方、開水路流れのような一方向流場においては移動距離や移動確率が中川、辻本¹⁾らによって系統的に述べられており、それらの理論式もある程度正確に示されている。

本研究では、振動流場における砂粒子の移動距離と移動確率を実測し、その特性を明らかにすると共に、一方向流場におけるそれらの特性と比較検討することによって、振動流場における砂粒子の移動機構を明らかにした。

2、砂粒子の移動距離

(1)平均移動距離

一方向流場における砂粒子の平均移動距離 $\bar{L}_0$ は、中川、辻本、富田²⁾の実測によると実験値は図-1の斜線部の内に分散していて、粒径の100倍から200倍程度の範囲にはいつている。また流砂量からの逆算でも、限界掃流力付近を除くと、その付近を示している。振動流場における砂粒子の平均移動距離 $\bar{L}$ は振動流の最大掃流力と一方向流場の掃流力とが等しいとして上記の関係をプロットしたものが図-1である。図-1に示すように粒径で無次元化した場合 $\bar{L}/d$ は一定の値をとらず、 $\bar{L}/d$ は一方向流における $\bar{L}_0/d$ より小さな値を示している。本研究では周期は $T=3.47$ 秒でしか実験を行っていないので周期の影響まで言及するまで至っていないが、比較的周期が短い範囲に限ると、 $\bar{L}$ は一方向流場の場合とは違って粒径のみでは規定されず、掃流力 Ψ_m が増加すると共に $\bar{L}/d$ は増加するという明確な傾向がある。

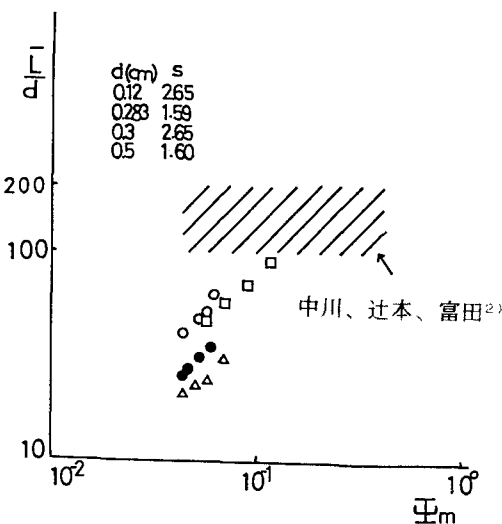


図-1 砂粒子の平均移動距離 A

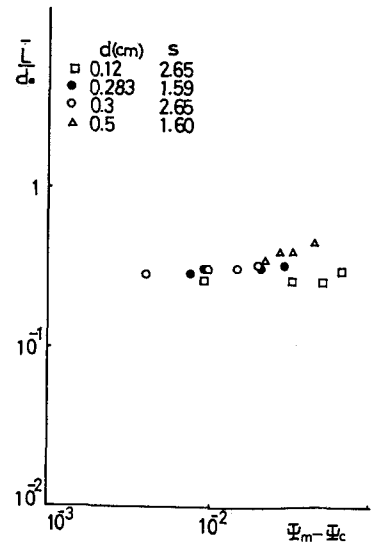


図-2 砂粒子の平均移動距離 B

図-2は $\bar{L}$ を水粒子の移動距離の振幅で無次元化した $\bar{L}/d_0$ と最大掃流力と限界掃流力の差 $\Psi_m - \Psi_c$ の関係を示したものである。ここでわかる様に振動流場における砂粒子の平均移動距離 $\bar{L}$ は $\Psi_m - \Psi_c$ に関係なく、ほぼ水粒子の振幅 d_0 の0.3倍程度であることが明かとなった。しかし長周期になると一方向流場における $\bar{L}_0$ と同じように粒径によって規定されることが予想できる。また粒径が大きな粒子ほど $\bar{L}/d_0$ が大きくなっているのは粒径が大きいほど大きな流速を感じやすいためであり、掃流力が大きいほど若干大きめにできてきているのはその粒子の慣性が卓越してくるためである。

(2)移動距離分布

前報³⁾にもあるように砂粒子の移動距離分布は三角形分布を示している。(1)で述べたように砂粒子の移動距離は水粒子の振幅で規定されているので、移動距離分布も水粒子の振幅 d_0 で無次元化し整理したものの一例が図-3である。これも三角形分布を示しているが、著者等の実験結果から粒子の性質（粒径や比重）により、形は三角形分布であるが平均移動距離回りの広がりは違ってくる。

2、砂粒子の移動確率

図-4は砂粒子の移動確率 P を整理したもので、次式のような関係があることが明かとなった。

$$P = 5.5 (\Psi_m - \Psi_c)^{1.5}$$

ここで Ψ_m は無次元最大掃流力、 Ψ_c は限界無次元掃流力である。

尚この場合の移動確率 P とは半周期、単位面積当りの飛び出した砂粒子数の海底底面砂粒子数に対する割合である。比重2.65の粒子の実験数が少ないので比重が P に与える影響については定かではないが、一方向流場においては比重により移動確率は変化するので、振動流場においても比重の影響があることは十分に予想出来る。

絶えず掃流力の変化する振動流場における P と一方向流場の移動確率 P_0 を直接比較することは難しいが、一つの試みとして振動流場における最大掃流力が働いている時に動いている個数と同じ掃流力の働いている一方向流場の動いている個数に注目し比較した。すなわち P_0 を次式のように評価した。

$$P = P_0 \times \bar{L} / 3 U_*$$

ここで U_* は摩擦速度である。

$\bar{L}$ には $150d$ をまた一方向流場において砂粒子が平均的に動いている速度として摩擦速度の3倍を用いた。この比較方法においては振動流場における P が P_0 を大きく上まっている。これは振動流場においては加速位相、減速位相時の掃流力の変化による付加的な力が加わっていることを示している。

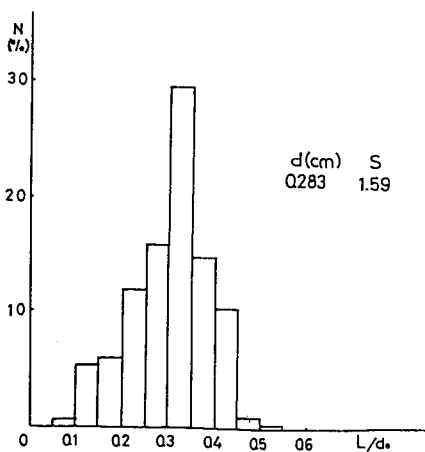


図-3 砂粒子の移動距離分布

（参考文献）

- 1, 辻本、中川；土木学会編 新体系土木工学23 移動床流れの水理
- 2, 中川、辻本、富田；京大防災研年報 第25号B-2
- 3, 山下、金沢；第34回海岸工学講演会論文集

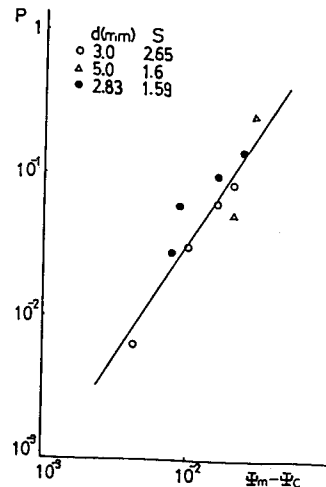


図-4 砂粒子の移動確率