

円柱周辺の流れの局所機構について

京都大学防災研究所 正員 宇民 正

1 概説

円柱周辺の局所的な現象が河床洗掘あるいは局所的背水に及ぼす影響は大きいから、局所流の機構については現象の三次元性と非定常性から解明が非常におくれている。その解明のためには、まづするだけ正確な測定により現象を正しく把握することが必要であり、そのためには目的に適した測定法の開発が必要である。つぎにその現象を適正にモデル化することにより数学的手法による解析を可能ならしめることが必要である。本報告では現象測定の一方法として立体写真観測を用いた Flow Visualization 法について述べ、つぎにそれによる観測結果について若干の考察を加える。測定装置は図-1 のようである。

2 トレーサーについて

Flow Visualization 法においてはトレーサー材料とそれの流体中へ挿入法がとくに問題である。C₆-Benzene と n-Hexane (ともに水に不溶) の混合液に蛍光塗料を混して密度を水のそれに等しくしたものを水中に細管で注入すると、直径 0.5 mm ~ 5 mm の粒子状になる。これをトレーサーとして用いた。局所的な現象は測定器を挿入することにより現象が変化することがあり、このことが局所流の測定を困難にしている一因であった。Flow Visualization 法では注入器具は小さなものでよく、しかも局所的な現象の発生している場所から離して置くことができるので、現象を乱すことは少ない。注入された粒子の流れへの追従性については、粒子の密度が水のそれと等しいかどうか、粒子の大きさや測定せんとする現象のスケールとの大小関係、および注入速度と流速との差が問題となる。しかしいまの場合には前二者は問題がないように設定されており、また注入場所と測定場所から十分隔っているのて測定場所では粒子は流れにはほぼ完全に追従すると考えられる。

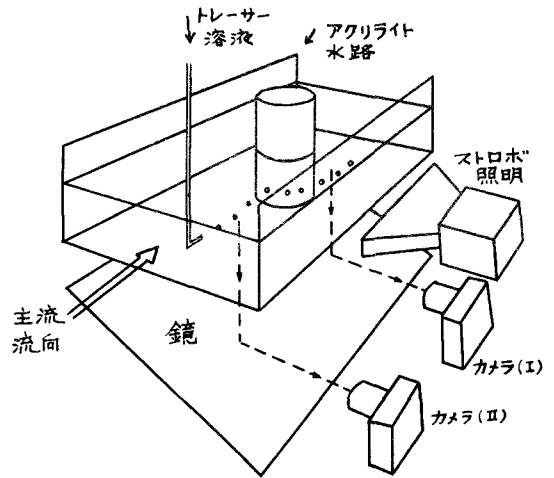


図-1

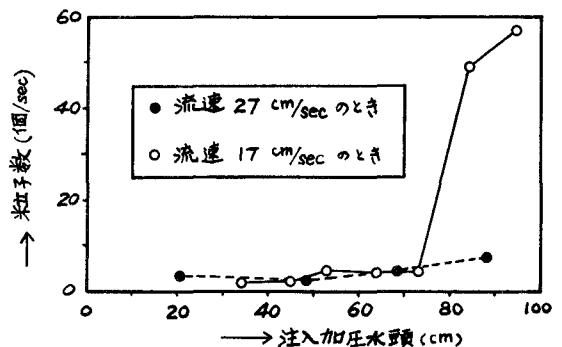


図-2

また1秒間の発生粒子数および粒子の径は注入地点の流速、注入器具の形状および口径、注入溶液の加圧の大きさ、および溶液の粘性などによるようであり、本実験では注入器具の内径が0.4 mm の場合図-2に示す結果を得た。

[3] 立体写真観測法について

流れの中に注入された粒子をストロボ照明の下に立体撮影し、粒子の像の三次元的な位置をステレオトーフで読みとった。光が水路壁中と水中とを通過することによる粒子像の偏位を概算すると、

$$\frac{x}{l} = \frac{\sqrt{1 - \sin^2 i}}{\sqrt{(a\mu_b)^2 - \sin^2 i}} \left\{ \frac{\sqrt{(a\mu_b)^2 - \sin^2 i}}{\sqrt{(a\mu_a)^2 - \sin^2 i}} - \left(\frac{\sqrt{(a\mu_b)^2 - \sin^2 i}}{\sqrt{1 - \sin^2 i}} - 1 \right) \frac{b}{l} \right\}$$

となる。ただし $a\mu_b$ は媒質 A に対する媒質 B の屈折率であり、 $a\mu_a$ および μ についてと同様である。また i は入射角、 l は実際の粒子位置、 x は粒子像の位置であり、おのづかは図-3に示す通りである。

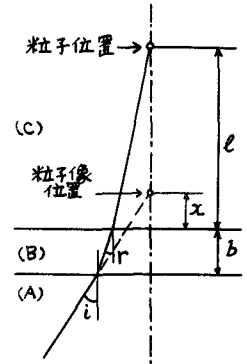


図-3

[4] 測定結果に対する考察

円柱前面で水路床付近では平均流速の勾配が大きく、トレーサー粒子の三次元的変動がとくにいちいちしく、かつ不安定な領域が存在することがわかった。この付近の立体写真をステレオトーフで読みとった結果を平面図および側面図にプロットして図-4に示した。こうした測定から、いわゆる stagnation point が一定していないこと、円柱と河床との境界線に沿ってかなり強い渦の存在する領域があるか渦は不安定であること、そのために円柱前面の水路床付近では円柱から遠ざかる方向の流速成分が卓越する結果になっていること、またこの渦は限定された領域内で非定常的に発生しそのスケールもまちまちであることなどが判明した。

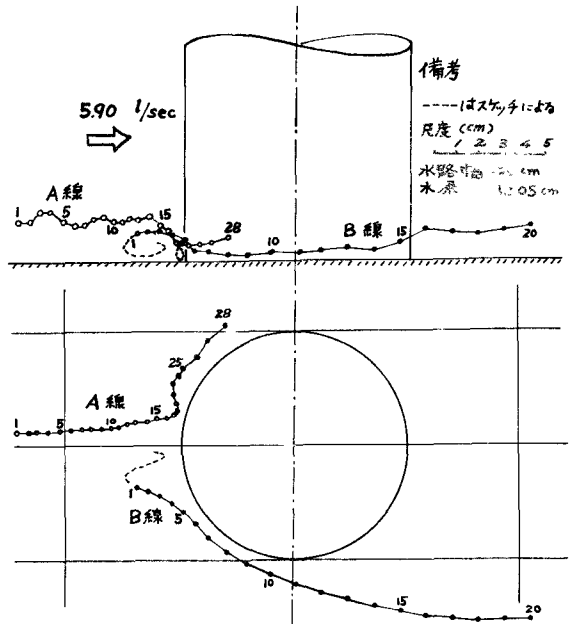


図-4

洗堀現象などを問題とする場合にはどのようなスケールで現象を考察するかで対象とする渦のスケールも決められるが、この測定法によって河床に瞬時的に作用する流体が解明され、こうした問題の解決の糸口が与えられるだろう。しかし洗堀の形や大きさとは局所的な流れの作用の空間的時間的な蓄積の結果であり、その意味からは本実験で用いたような個々の粒子の軌跡を追跡する方法に限界があり、染料などをトレーサーに用いて現象の空間的広がり把握することも必要であろう。

最後に、立体写真の観測法および解析について京都大学交通土木工学教室の森忠次助教授の御指導と御援助をいただきましたことにつき、末筆ではありすが深甚の謝意を表します。