

流れに微小振幅波を与えた場合の砂粒初期移動

神戸大学 正 篁 源亮

兵庫県 正 前田 強

神戸大学 学○富村彰廣

1. まえがき

河床等移動床における *Bed load* の運動に関しては、すでに多くの研究が行われており限界掃流力の考え方に基き、河床砂礫の粒径、粒度分布などとの関係について理論的な裏付けをもつ実験公式が多数作られている。しかし、これらの実験公式に用いられる流速は時間平均的なものであるため、ある値以上の流速になればすべての砂礫が移動を開始することになり実際の挙動を説明するには充分とは言えない点がある。この現象をより完全に説明するために、流れの乱流成分を考慮した研究を行ってきた。これらの研究では乱流成分 u' , v' , w' を代表した $\sqrt{u'^2}$ や、乱流による渦度 ω がある大きさ以上になると砂礫の移動が始まること、圧力変動が砂礫の移動開始に関連していることなどが認められる。ただし、これのみで明確に現象を説明することができない場合もある。 L_{in}^0 の流体中における振動体の考え方に基き、限界状態にある河床砂礫を振動体とみなし実体振子として取扱うと、その砂礫の固有振動数に等しい乱流成分を有する乱れにより砂礫の移動開始が起こることが予想される。ここでは、実験的に流れに強制振動を与え、この乱流の周波数成分と砂礫の初期移動との関連を調べた。

2. 実験装置及び方法

振動流発生装置としては、低周波発振器、増幅器及び $\phi=20\text{cm}$ のスピーカーを使用し、スピーカーのコーン部分に厚さ 3mm 、幅 1cm のアクリライトを直径方向に接着し、さらにその上にアルミニウム板(厚さ 1mm 、長さ 19cm 、幅 1cm)を立て、その先端部に $\phi=5\text{mm}$ の薄銅円板をアルミニウム板と垂直に接着して、スピーカーのコーンの振動がそのままこれらに伝わる工夫をした。(図-1) 振動流の周波数成分としては、 30Hz から 5Hz まで 5Hz ごとに 100Hz までの 15 種類を用いる。実験に際し、水路の一部分に限界状態の河床を作り、水路幅の中心線上に前述の振動流発生装置を設置する。振動流発生装置の先端と河床面との間隔は 3mm 程度とし、先端部の直下ならびに下流側に注目しながら低周波発振器のボリュームを徐々に上げていき、明らかに河床材料が連続的に移動を開始したと認められる時点で、振動流を与えている地点のすぐ下流側に設置した熱線流速計で流速変動を測定し、その結果をもとにスペクトルを作成する。河床材料としては表-1 に示す 5 種類のものを使用した。

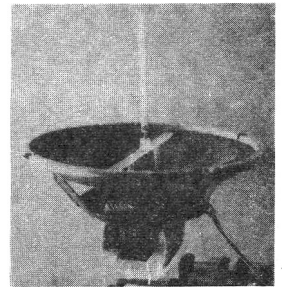


図-1

3. 実験結果と考察

前記の手順により得られたスペクトルをもとに、振動流の成分として与えた周波数と、そのパワーとの関係を示すグラフ(図-2(a)-(c))を作成した。それらの図から、わずかのパワーで砂礫の移動開始を起こす周波数が、ほぼ一定の間隔ごとに出現していることが推測され

る。これは Bishop²⁾の言う シンクロナイズーションを示しており、この基本周波数に相当するものがおそらく河床材料の固有振動数に一致しているものと思われる。一方、実体振子の考え方に基づき、砂礫についてはその粒径の中央値を直径とする均一径の球体を想定して、最も密に並んだ場合(図-3)の固有振動数を求めた。使用した計算式は $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{mgL}{I_0}}$ で、ここに m : 水中における河床材料の質量、 L : 球体の重心から水平軸までの距離、 I_0 : 水平軸のまわりの慣性モーメントである。この計算値と先の基本周波数とを比較すると、表-1に示すように若干の差異はあるが、ほぼ類似していることがわかる。なお、計算に使用した I_0 は真空中の値であるが、実際には慣性モーメントとして $I = I_0 + I_1$ (I_1 : 水中の慣性モーメント) を用いるべきであるので、表-1に示した値より小さい固有振動数が得られるものと思われる。今回は低周波発振器の下限が30Hzであったため、これ以下の周波数で実験できなかったが、今後30Hzより低い周波数領域で実験を行うことが望まれる。

	粒 径 (mm)	比 重	実験より求めた 基本周波数 (Hz)	実体振子の 固有振動数 (Hz)
ガラスビーズ・1	1.2	2.492	13	13.7
ガラスビーズ・2	1.6	2.494	12	11.8
砂 礫・1	0.495 ~ 0.701	2.614	18	19.6
砂 礫・2	0.701 ~ 1.2	2.645	16	15.6
砂 礫・3	2.0 ~ 2.5	2.674	11	10.2

表 - 1

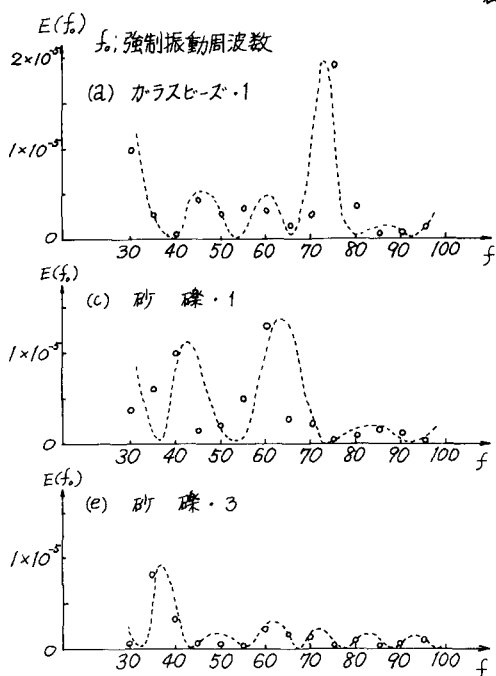


図 - 2

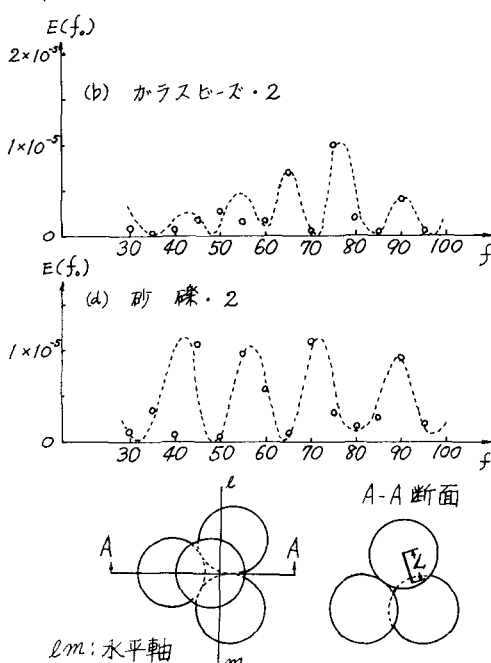


図 - 3

- 参考文献: 1) C.C. Lin: On the motion of a pendulum in a turbulent fluid. Roy. Soc. Math. (1943)
2) R.E.D. Bishop: The lift and drag forces on a circular cylinder oscillating in a flowing fluid. Proc. Roy. Soc. (1964)