

段波先端部の流れ

神戸大学工学部 正員 笥源亮
大阪大学大学院 学生員 喜田 浩
神戸大学大学院 学生員 前田 強

1) まえがき

これまでに流量変化した時の流れ(主に段波)について、その形状と変動流速について実験による考察を行って来た。¹⁾ 段波の取り扱いにあたっては、水粒子の鉛直方向の加速度を無視した上、段波前後の断面においては水圧を静圧分布となるものとし、段波の形状を一つの不連続面の伝播とする方法であった(理想段波)。しかし実際には、段波峯付近の水粒子の鉛直方向加速度は無視出来なく、段波は不連続面という一断面ではなく、一つの過渡現象と考えるべきであろう。そこで今回は、段波内部の平均流速変化と水位変化の対応、また河床上の掃流力について実験を行い、その結果より考察した。

2) 実験装置及び方法 ここで述べることは省略する。

3) 実験結果ならびに考察

これまでに得た段波形状(水位変化)と、平均流速変化の関連をみるために、図-1のように、 T_R (段波前から段波後への過渡時間)、 T_u (平均流速が最大を示すに要する時間)、 T_h (水位が最高になるに要する時間)を定義し、時間軸を規格化して相互関係を明らかにした。すなわち、 T_R を規格化して、 T_u 、 T_h の大きさは鉛直方向の位置による変化はなく一定で、実験の結果、その値は $T_u/T_R \approx 0.2$ (平均)、 $T_h/T_R \approx 0.64$ (平均) であった。

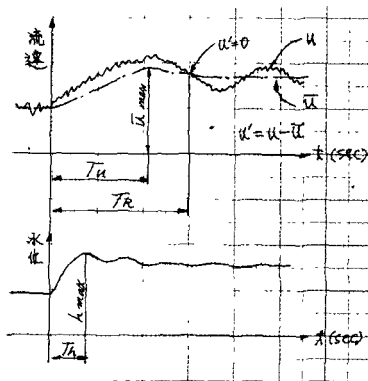


図-1 定義

以後、 T_R を規格化した相対時間で話を進める。

実験により得た各水深における平均流速変化を整理し、段波内部の $\bar{u}(z)$ の時間変化を図-2に示し、水位変化($h(t)$)を合せ併記した。この図の通り、段波内河床上にかなり大きな速度の逆流領域があり、段波内に渦流が存在し、この通過により逆流するものと考えられる。

また、一断面を通過する Potential Energy (PE) の時間変化は、 $t/T_R \approx 0.1$ の周に急増しほぼ 0.2

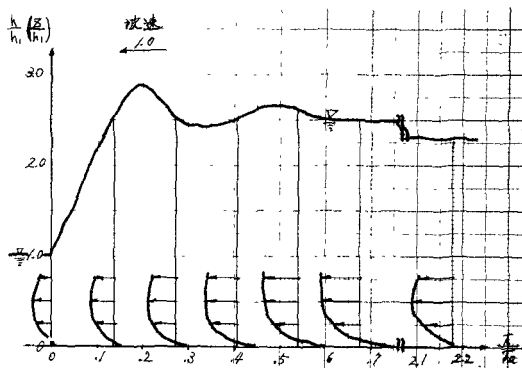


図-2 段波形状と平均流速

で最大値を示した後、小さく増減する。一方、Kinetic Energy (K.E) は段波到着後増加し続け、 $t/T_R \approx 1.0$ で最大値をとり、以後一定値におさつく。

不連続な段波前後のエネルギーの接続は、短時間で P.E. が最大値を示し、以後減少しながら段波後のそれに接続するのに対し、K.E. はそれに較べ長い時間と要して増加する。

段波先端の境界層の各高さ (z) におけるせん断力は、運動量積分方程式を水深方向に積分すると、

$$\frac{\tau}{\rho} = \frac{d}{dx}(U^2 \delta_2) + \delta_1 U \frac{dU}{dx}$$

ただし δ_1 は displacement thickness, δ_2 は momentum thickness

であり、せん断力を求めると各時間におけるせん断力の鉛直分布は 図-3 のようで、河床上に働くせん断力は振動している。

段波先端の砂粒の移動を観察すると、波状的に掃流される現象が見られることがある。

$z=0$ の振動と関係があることが確かめられる。

平均的な乱れの強さ ($\sqrt{u'}/\bar{u}$) については定常流れにおいて、 $\bar{u}$ は時間的に変化しないが、非定常流れでは $\bar{u}$ も時間の関数である。

今流量を変化させた時の流速データをもとにして、平均流速が変化する際の乱れの強さについて計算を行った。

段波前後の流速の変化とその際の $1/10$ 秒毎の $\sqrt{u'}/\bar{u}$ を図-4 に示した。 $\bar{u}$ の低下とともに $1/10$ も減少しているが、 $\sqrt{u'}/\bar{u}$ については漸減している程度である。また段波先端の到着によって、ピーク状の $\sqrt{u'}/\bar{u}$ が発生し (約 30%)、 $\bar{u}$ が段波後の流速に近づいた後は、ほぼ 10% の強度を維持する。

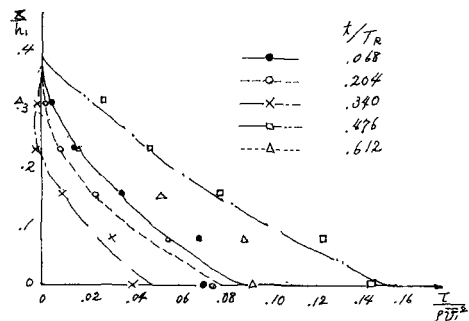


図-3 せん断力

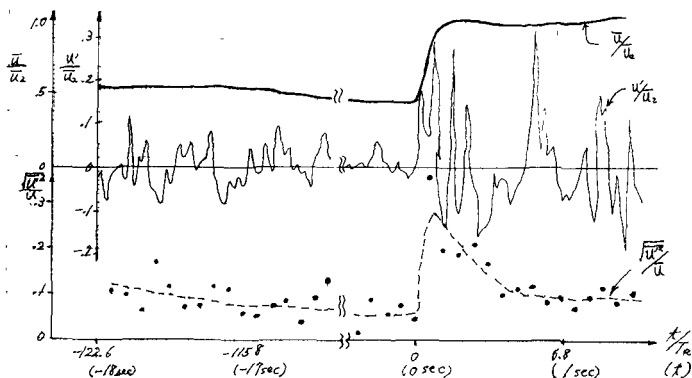


図-4 流速の変化と乱れの強さ

参考文献

- 1) 筈、喜田 流量変化にともなう流れの乱れ 土木学会 27回年次講演集 (第2部)