

## 河川におけるレイノルズ応力の測定

京大防災研究所<sup>(DE)</sup> 石原安雄, O<sup>(DE)</sup> 余越正一郎  
 京大院工学研究科<sup>(学)</sup> 上野鉄男

1. 河川の鉛直乱流場ではレイノルズ応力のうち鉛直方向の運動量輸送  $\overline{uw}$  は水理学的にみて特に重要な量である。しかし、任意の梁上におけるせん断力の値を正しく評価することは非常に困難である。評価の方法としてはエネルギー-逸散率と速度勾配から、 $\varepsilon/(\partial u/\partial z)$  として求めるもの、あるいは鉛直方向の拡散係数を用いて  $K_z(\partial u/\partial z)$  とするものなどがある。前者は乱流エネルギーの生成と逸散がほぼ等しいと考えられる底面附近を除いては適用があげられる。また拡散実験などから  $K_z$  を求めることは一般に非常に精度が悪いので後者の方法も開水路流れにおいてはあまり適当ではないと考えられる。結局もっとも確実なのは実際に何らかの方法で  $u'$  と  $w'$  の同時測定を正しく行ない、 $\overline{uw'}$  を求めることであろう。このように考えてゆくと超音波流速計を用いてレイノルズ応力を直接に測定する試みをおこなった。

2. 測定に用いた超音波流速計は Fig.1 に示すように、1つは Sing-around 方式、もう1つは時間差方式のものである。Sing-around 方式<sup>(A)</sup>の流速計は (S1)→(M1), (S2)→(M2) の超音波の Sing-around 周波数の差から  $u$  成分を、(S1)→(M1), (S3)→(M3) の組合せから  $u$  に直角な成分の流速を検出するもので、送受波器の間の隔はすべて 3cm に設定してある。時間差方式においては、振動子 T1 からの音波が反射板 R で反射して T2 に達する時間と、T2 から出た音波が同じ経路を逆に進んで T1 に達する時間の差から図に示す方向の流速成分を検出するもので、反射板と振動子の間隔は 3cm,  $\angle T_1 R T_2 = 90^\circ$  である。実際には Sing-around 方式の  $v$  成分が故障のため、Sing-around で  $u$  成分を、時間差で  $w$  成分を測りうるように両測器を配置したが、両者の中心間隔は鉛直方向に約 7cm もあった。

測定場所はびわ湖カ1疏水で、水路巾は約 5m、水路中央の水深は 1.15m であった。測定は上に述べた組合せた測器の中心が水面下 13, 22, 42, 62cm の4点で約3分間づつ行なった。測定結果は磁気テープに直接録音して持ち帰り解析した。解析にあたってはデータの最小読取り間隔について充分注意をしなければならぬ。すなわち、測器の代表手法を  $\Omega$  とするとき、 $u$  成分の変動では周波数  $\Omega/\Omega$ ,  $w$  成分では  $\sqrt{2}\Omega/\Omega$  より高い周波数の変動は無意味である。今の場合、 $u$  成分は約 30cps,  $w$  成分は 0.5cps, またレイノルズ応力については測器全体の寸法が 10cm 程度であるので、約 0.2cps 以上の変動が無意味となる。したがって、スペクトルその他の計算にあたっては、これらを考慮して測定された  $u'$ ,  $w'$  の記録に前もって適当なフィルターをかけて無意味な高周波成分を消しておく必要がある。

3. 平均流速  $\bar{u}$  の鉛直分布は、水面下約 30cm のところの最大値 1m/sec を境にその下では対

数分布が良く成立しており、上層では  $d\bar{u}/dz$  は逆勾配になっていた。  $u', w'$  の cospectra は、接地気層や潮流において測定された結果によると、そのピークの周波数は  $u'$  と  $w'$  のスペクトルのピークの間向きにあり、  $u'$  のピークに相当近い。すなわちレイノルズ応力に寄与するのはす法の大きな乱れであることが知られている。これらについては講演時に述べる予定である。一方 Fig.2 は  $u', w'$  の変動およびそれから計算された  $u'w'$  を示した一例である。Fig.3 は約 1.5 分間の  $u', w'$  の記録から  $\overline{u'w'}$  を計算し、マサツ応力を求めたものである。なお底面における値  $u_{*0}$  は底面附近の  $\bar{u}$  の対数分布から  $0.4(d\bar{u}/d\log z)$  を計算した値で  $u_{*0}=6.0$  cm/sec であった。図にはマサツ速度で表示してあるが、 $\overline{u'w'}$  の値は最大流速点より上層の速度勾配  $d\bar{u}/dz$  が負の領域においても負の値をとり、これは運動量が底面に向って輸送されることを意味するので力学的に考えて非常におかしい。前述した記録の処理にも問題があるように思われるが、その原因については不明である。しかし、いふれにしても、最大流速点付近においてはせん断力は非常に小さいと考えられる。

(4) 石原(富), 余越: 超音波流速計による河川流の測定, 第11回水理講演会講演集(1967)。

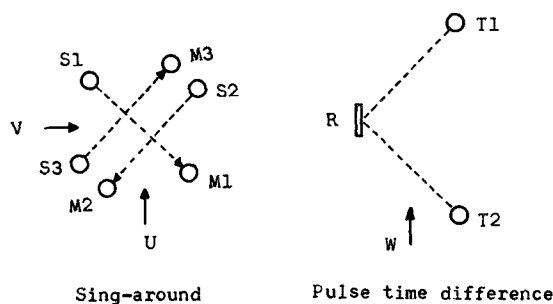


Fig.1

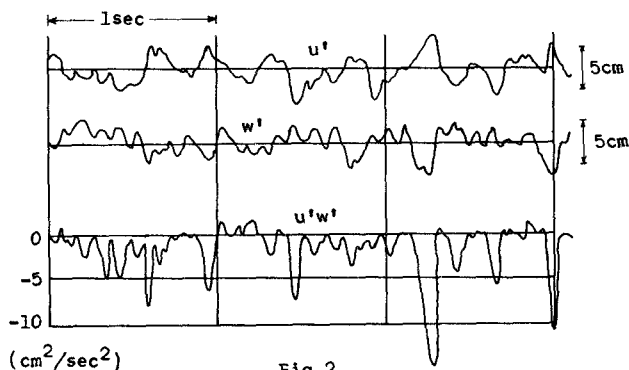


Fig.2

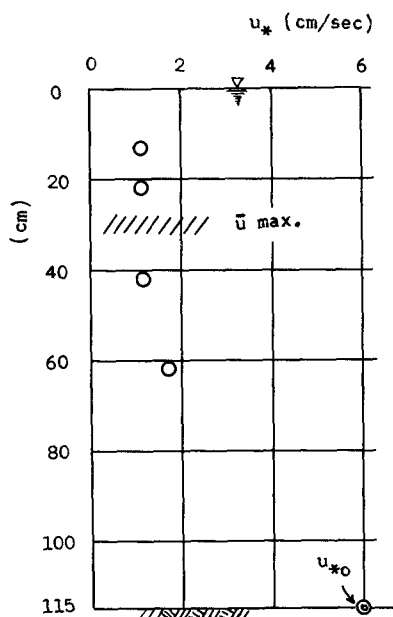


Fig.3