

日本大学工学部	学生員	○渡部不三夫
日本大学工学部	正員	長林久夫
日本大学工学部	正員	木村喜代治

1. はじめに

開水路の流れは三次元的である事が一般に知られている。このような流れでは、Plandlの二次流が存在し主流流速に比べ2～3%の流速成分しか持たず、非常に微弱であるとされている。しかし、この二次流は主流速の分布のひずみや、最大流速位置の変化をもたらし、平均量に及ぼす効果は意外に大きい。その発生機構や分布状態についてはいまだ不明な点が多い。よって本報では乱流構造の中の二次流成分を検出する目的で、X型熱線流速計を用いて等流の乱流計測を行い二次流の周期特性の検討を行った。

2. 小型水用熱線流速計検定装置

実験に先立ち図-1のような熱線流速計検定装置を作成し従来の実験方法をより容易なものとし、なお持ち運びが容易で検定が簡単にできたバルブで流量を調節することにより非常に遅い流速から最大で約50cm/sまで流速を設定する事が可能である。

また熱線流速計の検定において、熱線流速計及びピトー管を用いて流速を同時に測定し、それに対応する電圧を設定して行うものであるから、流速は一樣な流速を得る必要がある。従って検定装置の流速分布状態を詳細に把握する必要があり、その測定を行った。そして流速分布は吐け口の特性から噴流として考える事ができる。噴流には

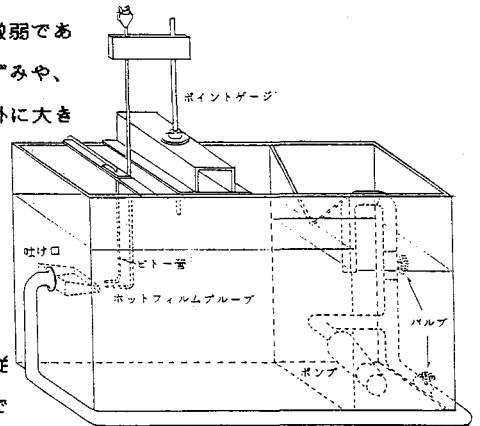


図-1 熱線流速計検定装置

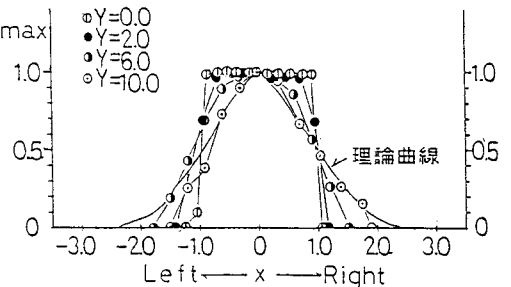


図-2 二次元自由噴流の速度分布

中心線に向かって外部からの乱れが次第に浸透していく流れの展開領域と呼ばれ、流速が全く表えないくさび型の領域(ポテンシャルコア)と、外部の乱れが軸まで達した完全発達領域の2つがある。このうち検定を行う領域は、当然ポテンシャルコア領域である。図-2より本検定装置では、 $Y=0.0\text{cm} \sim 2.0\text{cm}$ (流速10cm/s程度に対して)の範囲である事がわかる。

3. 方法及び結果

実験は長さ $L=12\text{m}$ 、水路幅 $B=10\text{cm}$ の亚克力製長方形開水路に水深 $H=20\text{cm}$ 、平均流速が10cm/s程度の等流を発生させ、側壁から横断方向に $Z=2.5\text{cm}$ の測線上に底面から鉛直方向に計6点で測定を行った。測定には熱線流速計により二成分の計測を行い、計測時間は3分間行った。

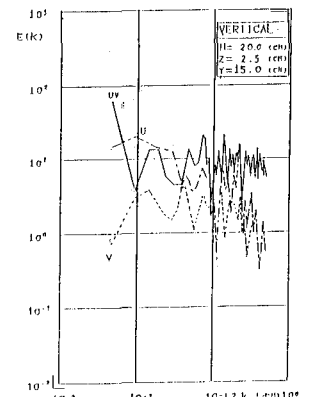


図-3 スペクトル分布図

図-3は縦軸にエネルギースペクトル； $E(k)$ 、横軸に波数； $2K(1/cm)$ をとった $Y=15.0cm$ における両対数グラフのスペクトル図である。流下方向成分が U 、流下方向に鉛直な成分が V である。この図より各成分にいくつかの周期が見られるが、最大のピーク値として U は 0.01 、 V は 0.012 、 UV も 0.012 を示し、これより二次流の周期特性として波長が $40cm \sim 50cm$ 程度の渦が存在している事が確認される。他の5点に対しては $20cm \sim 40cm$ の範囲である事が確認された。なお、この実験は別報の同一水量の可視化実験から得た二次流の周期とほぼ一致している。

次に図-4(a)と図-5(b)は、勾配 $1=1/600$ の実験データをもとに、同様の解析を行ったものである。実験は今回のと同じ水路を用い、水深 $20cm$ で Re でば 22000 のもので、熱線流速計により三成分の計測を行っている。図-4には、低波数側(10^{-2} 付近)にもう一本の線がある。これはより低い波数でのスペクトルのピークを調べるためにもう一度スペクトル計算を仕直したものです。

図-4(a)は底面付近のスペクトル分布を示している。側壁の支配効果(UV)より底面の支配効果(UW)のエネルギーが大きいの、その為であると思われる。そして各成分ともいくつかの周期を持っている。その最大のピーク値は波数で $0.01 \sim 0.012$ くらいであり、波長で $40cm \sim 50cm$ 程度の渦である事が確認される。

(b)は水面付近のスペクトル分布を示している。その分布を見ると側壁の支配効果(UV)が若干大きく存在している。他のスペクトルは、ほぼ同じような分布を示している。周期の最大のピーク値を調べると渦径が $60cm \sim 70cm$ である事が確認される。

図-5は $Z=2.5cm$ の測線上における U 、 W 、 V の各成分での渦径と渦の発生個数をまとめたものである。これよりどの方向成分においても $5cm$ 程度の渦が多く発生することがわかる。これを単位当りの波数で見ると、 0.2 である。この数はスペクトル分布図で見ると慣性領域の開始に相当するものであり、水路半幅スケールに相当する最小スケールと考えられる。

また $67cm$ 位の渦径が発生する事が確認されるが、この $67cm$ という値は図-4(b)で示すと K は 0.015 付近である。低波数側のスペクトル計算は測線上で4点で解析し、その計測点での渦周期の変化は認められなかった。測線上でもっと細く計算を行えばもっと個数は増えるものと考えられる。しかし、個数は増えても、渦径自体はそれほど変わる事はないと思われる。従って $67cm \sim 70cm$ 位の渦がこの実験の流下方向の最大スケールであると考えられる。以上の事により二次流の周期特性を理解する事ができる。

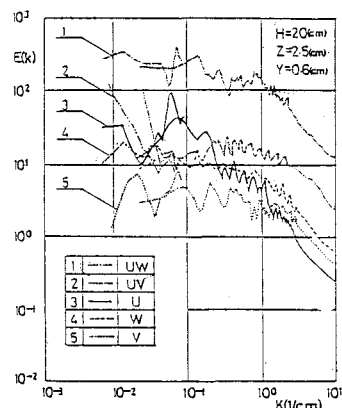


図-4(a) スペクトル分布図

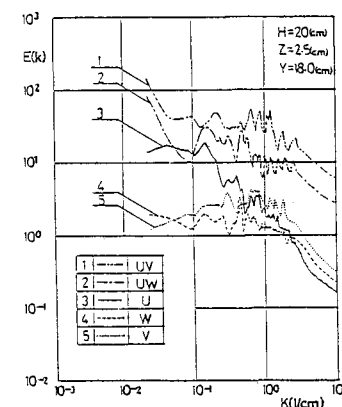


図-4(b) スペクトル分布図

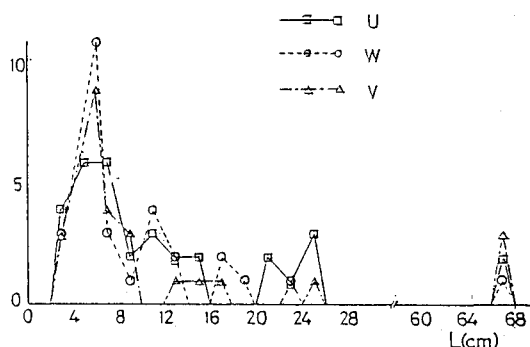


図-5 渦発生個数と渦径の関係