

## 矩形閉鎖水域における風成流動

山口大院 学 ○中尾光生

新井組

川元康弘

山口大工 正

斎藤 隆

## 1. まえがき

湖沼などの閉鎖水域における風成流動の予測は水環境問題に関して重要な課題である。通常この問題を解析的に解くことは困難であって、多くは大型計算機によって数値的に解かれている。この場合、鉛直渦動粘性係数の評価値によって結果が異なる。地形や風域形状等の複雑な要因が関連することから、鉛直渦動粘性係数の値は流動流速の実測値と計算値とが一致する様に逆算されているが、その値は 100 倍程度の幅がある。鉛直渦動粘性係数について表示式も提案されているが、その中の摩擦係数が次元を持つなどの疑問があり、未だその評価方法は確立されていない。

本研究は、鉛直渦動粘性係数の表示方法を確立することが目的で、水表面でのせん断力と水表面勾配を仮定することによって、水深が様な矩形水域内の定常風成流動流速分布の解析解<sup>1)</sup>に室内実験結果を導入することで、鉛直渦動粘性係数を検討したものである。

## 2. 実験装置と実験方法

実験装置の概要は図-1の通りである。風胴吹き出し断面は 40cm×40cm である。水槽は幅 40cm、深さ 20cm、長さ 150cm の三面アクリル樹脂板製である。水槽側壁の高さは 60cm で、その上部に天板が取り付けられていて、水槽の上部は一樣断面の風胴になっている。風速分布の測定は全圧管径 2mm のピトー管と 1/100mm 分解能の差圧計を用いて、水槽内の流動流速分布の測定は水素気泡法で行った。使用したタンゲステン線の径は 10 $\mu$  で、横断方向に 30cm 幅で張られている。水面形は、横断方向に三箇所の水槽底に開けられた静圧孔の平均圧と基準水位との差で求めた。風によって水面勾配が出来るので、下流水槽壁高さを微調整し、水を加えて風胴下端面とそこの水面とを一致させてから全ての測定を行った。

## 3. 実験結果とその検討

実験では、風成流動流速分布を解析解で求めるのに必要な水面形状と水表面せん断力、鉛直渦動粘性係数値を検討する流速分布が測定された。紙面の都合で割愛した解析解の誘導と結果は文献 1) を参照されたい。

水面形状を測定した結果が図-2 である。図中の最小自乗法で求めた二次曲線を解析解を求める際に仮定した水面形状として与える。水表面におけるせん断力分布を得るため、測定した風速分布が対数分布則 ( $\kappa=0$

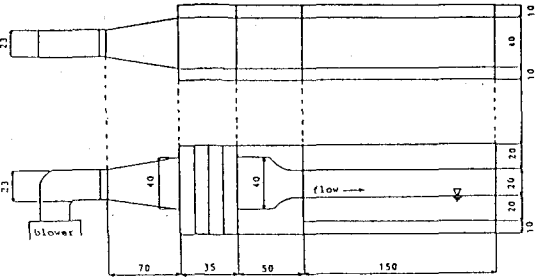


図-1 実験装置の概略

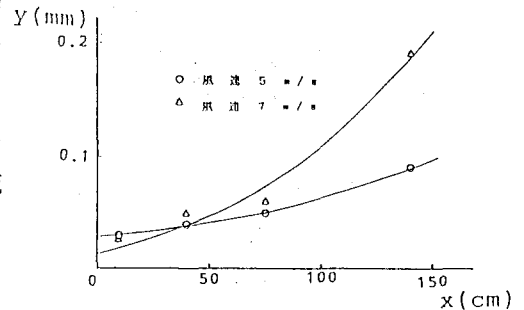


図-2 水面形状

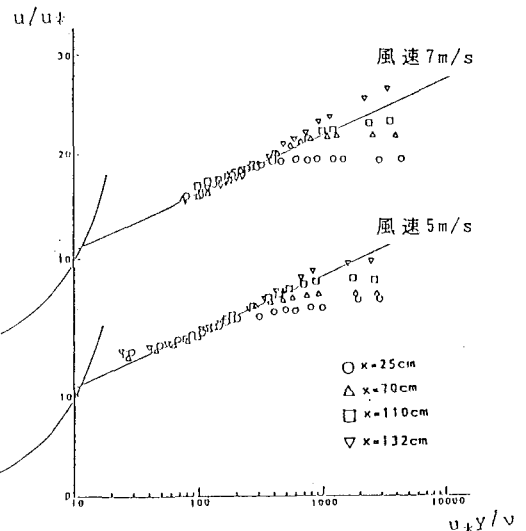


図-3 無次元風速分布

.412,  $As=5.29$  ) に一致する様に原点補正値を求め、その結果得られたせん断力を用いて無次元表示した流速分布が図-3である。今回の実験では風波の波高が水槽下流端で2~5mmと小さいので滑面对数則が成立しているとした。各断面で得られたせん断力の場所変化を描点したのが図-4である。原理的には、 $X \rightarrow 0$  で  $\tau_w \rightarrow \infty$  であるが、簡単に図中の最小自乗法で求めた直線を解析解を導く際に与えられているせん断力分布として与える。妥当とみなせる鉛直渦動粘性係数  $A_v$  の値を求める労力を軽減するため、上述の水面形状とせん断力分布を用いて、 $A_v$  の値を系統的に変えて流速分布の代表値である表面流速と底面流速（実際には水深が十分大きいことから底面摩擦を0と仮定している）とを解析解で計算した一例が図-5である。この図を用いて、風速を  $V_0=5\text{m/sec}$ 、 $7\text{m/sec}$  と変えて  $X=70\text{cm}$ 、 $110\text{cm}$  の二断面で測定した流速分布から表面と底面での流速のおおよその値から、鉛直渦動粘性係数の値がとりうる範囲を定めた。この様にして得られた  $A_v$  の値が重複する範囲は、水表面せん断力と水深とで無次元化した値で  $A_v/U_*H=0.0025 \sim 0.0030$  である。渦動粘性係数値についての余越らの提案式  $A_v=0.00055(Cr')^{1/2}U_{10}$  に、測定結果  $U_{10}/U_* = 18.5$ 、 $Cr'=0.076$  を代入すると、 $A_v/U_*H=0.0028$  と、本実験結果と一致している。

上で求めた鉛直渦動粘性係数の両端値であるところの  $A_v/U_*H=0.0025$ 、 $0.0030$  の値を用いて得られた解析解による流速分布と測定した流速分布とを比較したのが図-6である。流速の測定精度ならびに表面波による水素気泡の攪乱を考慮すると、両者の一致は満足すべきものと言える。

#### 4. まとめ

測定結果と解析解で与えられる流速分布を比較することで得られた鉛直渦動粘性係数を、水表面摩擦速度と水深とで無次元化した値は  $A_v/U_*H=0.0025 \sim 0.0030$  と得られた。この結果は余越らの提案式による算定値  $A_v/U_*H=0.0028$  とよく一致していて、このような無次元表示が可能であると言える。しかしながら僅か2ケースの実験結果であるので、広範囲の実験、ならびに観測結果によって無次元表示方法をも含めての検討が必要である。

#### 参考文献

- 1) 松本治彦, 羽田野袈裟義, 斎藤隆: 第10回西日本乱流シンポジウム論文集, 1992.8
- 2) 余越正一郎, 富所五郎: 土木学会論文集, 第276号 1987, pp53-63

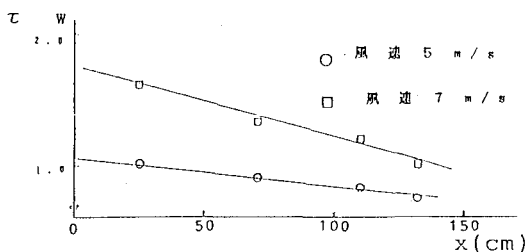


図-4 せん断力の流下方向の分布

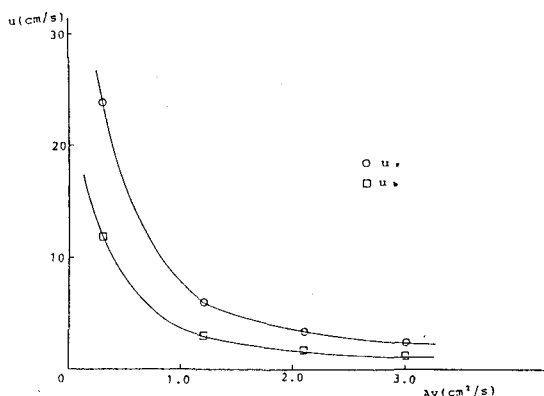


図-5 表面と底面流速の  $A_v$  による変化

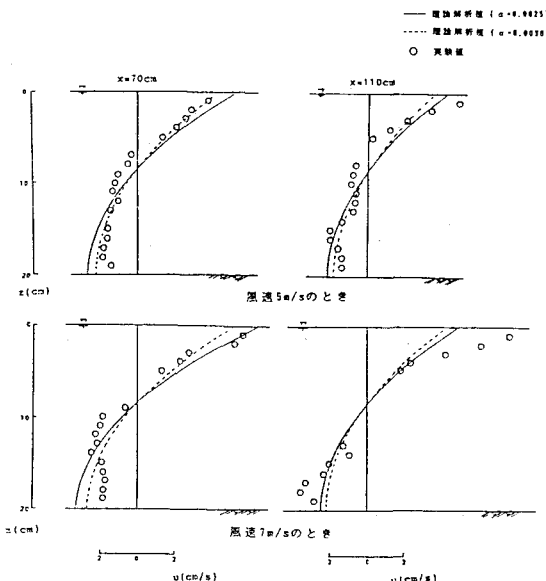


図-6 流速分布の解析解と実験値の比較