

(Ⅱ-24) 底面に排水口をもつ水槽内の流れ

東洋大学工学部 学生員 藤本 顕生
 東洋大学工学部 学生員 大上 高広
 東洋大学工学部 学生員 沼尻 健一
 東洋大学工学部 正 員 福井 吉孝

1. はじめに

図-1に示すような二重円筒排水装置を用いた実験を行い、槽内の固形物を含んだ水を一気に排出するために必要な、内筒の径、流入口の開度、天端間距離などの適切な値を得ている。しかし、水槽の大きさについては、まだ深く検討してきていない。ここでは、水槽規模の違いによって、槽内の流れがどのように変わるか数値解析を行い検討した。

2. 実験装置及び実験結果

図-1に示す様に、水槽上部より流入してきた水が内筒内に入り排水管より流出していく装置で、実験は、開度 (h_2)、内筒天端間距離 (h_4)、内筒径 (d)、排水管挿入長を変えて行った。水槽内の流速はプロベラ流速計を用いて測定した。

(1) 抵抗係数

本装置の有効な利用のためには、生ずる種々の損失を最小に抑えることが必要である。実験の結果、内筒の直径については、 $d'/d=0.6$ 、つまり $D=12.0$ (cm) にすると損失は小さく抑えられ、 h_4 、 h_2 についても最適な値が得られた。図-2に h_4/d 、 h_2/d の変化に対応する f の値を示す。その結果、 h_4/d 、 h_2/d 双方とも 0.6 の値が損失を微少に抑える値であることが分かった。

(2) 流速

流速分布の一例を図-3に示す。

3. 流れの数値解析

流れの場は、三次元であるが対称性を考慮にすると二次元として扱う事が出来る。ナビエ・ストークスの運動方程式は、

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \quad \dots (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) \quad \dots (2)$$

であり、渦度の式は、

$$\omega = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \quad \dots (3)$$

である。(1)、(2) から p を消去し、(3) の関係を用いると運動方程式は、

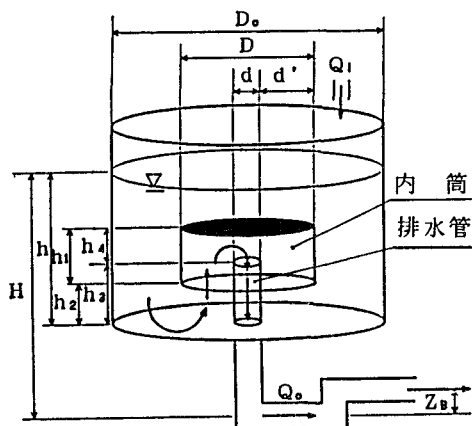


図-1 実験装置

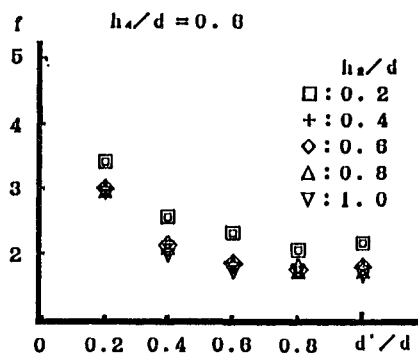


図-2 内筒の径と抵抗係数の関係

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + u \frac{\partial \omega}{\partial x} + v \frac{\partial \omega}{\partial y} = \nu \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} \right) \quad \dots (4)$$

となる。流れ関数 ψ を用いると、流速 u , v は、

$$u = \frac{\partial \psi}{\partial y}, \quad v = -\frac{\partial \psi}{\partial x} \quad \dots (5)$$

であるから(4)は、

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial \psi}{\partial y} \frac{\partial \omega}{\partial x} - \frac{\partial \psi}{\partial x} \frac{\partial \omega}{\partial y} = \nu \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} \right) \quad \dots (6)$$

となる。(3)も ψ を用いて表すと、

$$\omega = -\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} \quad \dots (7)$$

となる。(6), (7)を連立で解いて、 ω , ψ 求める。

境界条件 ω : A-B間=0, B-C間=0, C-D間=0, D-E間=0, A-E間=0

ψ : A-B間=1, B-C間=1~0, C-D間=0, D-E間=0, A-E間=1~0

初期条件 ω : 境界を除く全格子点で0を与えた。

ψ : 境界を除く全格子点で0を与えた。

得られた ω , ψ を用いて水槽内の流速 u , v を算出する。

4. 考察

図-3, 図-4を比較すると、二次元で行った数値計算で程良く流れを再現していると言える。そこで、本研究の主題である水槽の規模によって、流水中の固形物や底層の堆積物の除去効率がどのように変化するかを計算でみる。

ここでは D/D_0 を $1/8$ にする。つまり大きな水槽で考える。水槽の径を大きくした結果、低面近傍での流速の微小な領域が増えた。

このことから、水槽を大きくしても、堆積物の排除効率がさほど上がらないと推測される。

$$h_2/d=0.6 \quad h_4/d=0.6 \quad d'/d=0.6 \quad h_2/d=0.6 \quad h_4/d=0.6 \quad d'/d=0.6$$

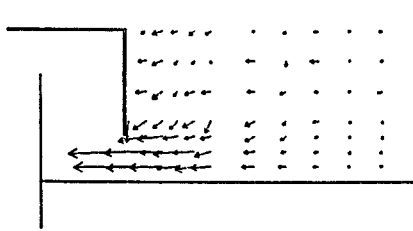


図-3 流速分布(実測値)

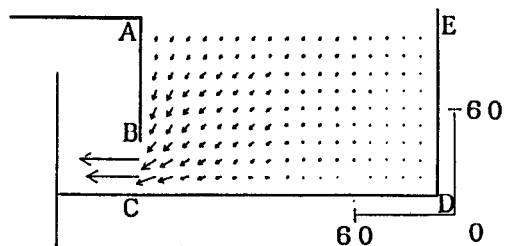


図-4 ($D/D_0=1/4$)の場合の流速分布(計算値)

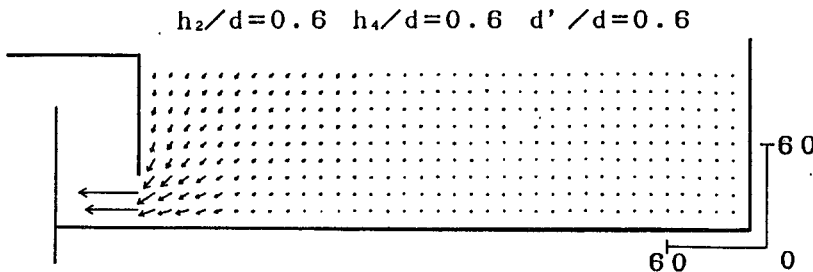


図-5 ($D/D_0=1/8$)の場合の流速分布(計算値)