

回転円筒を持つ円形槽に加えた仕事率と流速

国土館大学工学部 正会員 金成英夫

国土館大学工学部 正会員 伊藤秀夫

1. はじめに

円形槽内で旋回流を発生させることにより、槽底部と水面付近に槽中央部に集まる二次流が発生する。この二次流を利用することによって、槽底部に沈殿した物質および水面に浮上した物質を槽中央部に集めることができる。特に、沈殿物質を分離する場合、沈殿物を槽底面に発生する掃流力によって中心部に掻き寄せるのが最も簡単で良い方法と考えられる。その場合、槽内の流速が問題となる。

本研究は、円形槽に加えた仕事率が槽内の旋回流の流速に及ぼす影響について実験的に検討を加えた結果をまとめたものである。

2. 実験装置及び方法

図-1に実験装置の概要を示す。円形槽の内径は0.5mで、その外壁の接線方向から流入できるようになっている。流入孔は、その1つが6cm×6cmの断面で1～4個の流入孔を任意に用いて流入させることができる。一方、槽中央には、直径10cm高さ30cmの亚克力製の回転体がある。回転体の回転数は任意に設定することができ、モーターと回転体との間にトルクメーターを設置している。

槽への流入量は、1, 2 および 3 $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ とし、流入孔は図-1に示すように1, 2, 3および4の1個から4個とした。一方、回転体の回転数は60, 80, 100, 120, 140及び164rpmとした。槽の水深は30cmとした。

流速は槽中心からの距離10, 13, 16, 19および22cmの位置で測定し、各地点の深さ方向の測定点の流速は底面上の1.5cmから高さ方向に1cmずつ29cmまで電磁流速計で測定した。

3. 槽に加える仕事率

円形槽内の水は、重力を利用する開水路の流れと違って、一周すると元の水位になるので、外部から加えた仕事率によって旋回流が発生する。本

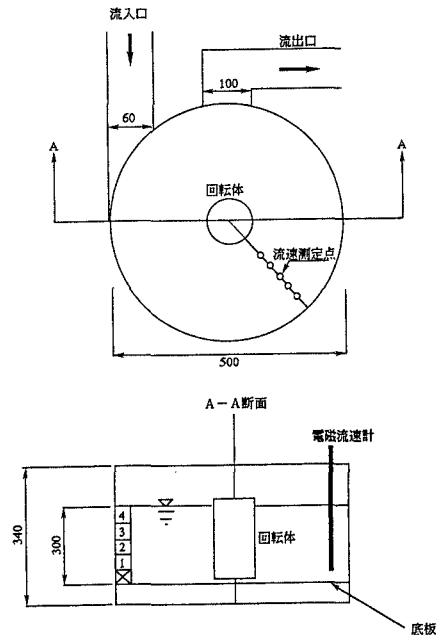


図-1 実験装置の概要

研究では、円形槽に加える仕事率は、槽外周の接線方向から流入させる流入水および槽中心部で回転させる回転体で加えている。流入水の仕事率は

$$P_1 = p \cdot A_1 \cdot V_1 \quad \text{-----(1)}$$

となり、ここで、圧力 p は流入孔から槽内に入って流速に変換したと考えると、

$$p = \frac{1}{2} \rho \cdot V_1^2 \quad \text{-----(2)}$$

となる。したがって、

$$P_1 = \frac{1}{2} \rho \cdot Q \cdot V_1^2 \quad \text{-----(3)}$$

となる。一方、回転体によって槽に加えた仕事率は、次のように表せる。

$$P_R = 4\pi^2 \cdot r^2 \cdot L \cdot \tau \cdot N \quad \text{-----(4)}$$

ここで、回転体表面に発生するせん断応力は次の式で計算する¹⁾。

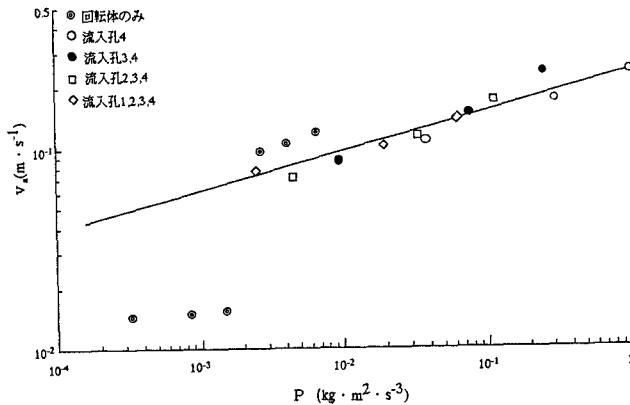


図-2 槽に加えた仕事率と槽内の平均流速

$$\tau = 2.56 U^2 \text{ -----(5)}$$

4. 槽に加えた仕事率と旋回流の流速

外部から加えられた仕事率は、槽の底面と周壁と水との間に発生する摩擦力で消費される。摩擦力によって失われる仕事率は、次の式となる。

$$P = \tau_w \cdot A \cdot v \text{ -----(6)}$$

ここで、

$$\tau_w = k \cdot v^2 \text{ -----(7)}$$

とおくと、

$$P = k \cdot A \cdot v^3 \text{ -----(8)}$$

となり、結局、次の式となる。

$$v = \left(\frac{P}{k \cdot A} \right)^{1/3} \text{ -----(9)}$$

5. 実験結果と考察

図-2は、流入水と回転体とが別々に円形槽に加えた場合の仕事率と槽内の平均流速との関係である。流入水の場合、流入水量と流入面積を変えても、 P と v_a は一つの関係式で表すことができる。また、回転体の場合は、若干ばらついているが、流入水の場合の P と v_a との測定値の近傍にあることから、流入水と回転体を問わず、槽内の流速は槽に加えられた仕事率で表すことができると考えられる。 v_a と P との関係は1つの式で表すことができる。これらの関係は（回転体を除く）、

$$v_a = 0.227 P^{0.188} \text{ -----(10)}$$

となる。 v と P との関係は(9)式では $1/3$ 乗であるが、実験では 0.188 乗である。これは、槽内の旋回

流の流速分布は均一ではなく、半径によって異なっているにも係わらず、同じ流速であると仮定していることが第一の原因と考えられるが、槽内の流速は外部から加えた仕事率の関数で表せる。

6. まとめ

沈殿池や沈砂池を目的とした円形槽内の旋回流の流速と槽に加えた仕事率との関係について実験的に検討を加えた結果をまとめると以下のようになる。

(1)槽内の流速は外部から加えられた仕事率の関数である。

〔記号〕

A : 円形槽の潤面積(m^2)
 A_i : 流入孔の面積(m^2)
 k : 定数($kg \cdot m^{-3}$)
 L : 回転体の水没長さ(m)
 N : 回転体の回転数(s^{-1})
 P : 外部から加えられた仕事率 ($= P_i + P_R$) 及び摩擦力によって失われた仕事率($kg \cdot m^2 \cdot s^{-3}$)
 P_R : 回転体による仕事率($kg \cdot m^2 \cdot s^{-3}$)
 P_i : 流入水による仕事率($kg \cdot m^2 \cdot s^{-3}$)
 p : 水圧($kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$)
 Q : 流入水量($m^3 \cdot s^{-1}$)
 r : 回転体の半径(m)
 U : 回転体表面の円周速度($m \cdot s^{-1}$)
 V_i : 流入流速($m \cdot s^{-1}$)
 v : 槽内の流速($m \cdot s^{-1}$)
 v_a : 槽内の平均流速($m \cdot s^{-1}$)
 ρ : 水の密度($kg \cdot m^{-3}$)
 τ : 回転体表面のせん断応力($kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$)
 τ_w : 円形槽の潤面に発生する摩擦力 ($kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$)

〔参考文献〕

1)金成英夫ら：円形沈砂池の回転体表面の形状とせん断応力，第51回年講Ⅶ，pp.226-227，1996