

東洋大学工学部 正員 萩原 国宏
 (建設技術研究所 正員 上出 勝幸

1 はじめに

回転流によって、二次流が発生する事はよく知られているが、二次流の形態については、あまり研究がなされてはいない。本研究では、特に、固定された円筒形水槽内での、回転流によって、水槽の底面付近においては回転の中心へ向かう流れが生じ、回転軸付近では、上昇し壁面へ向かって流れる、二次流の形態について検討する。

2. 実験装置および方法

実験装置の概略を図-1に示す。実験に用いた円筒形水槽は、半径6cm、高さ20cmで、底つきのものである。水槽内の液体に回転を加える方法としては、固定した水槽に液体を満し、その水表面へ、モーターによって回転する円板を挿し、その回転によって、液体を回転させた。その際、円板を銅製のものとして、回転流の主流流速を水素気泡法により測定した。

また、トレーサー法により、二次流の可視化を行ない、トレーサーとしては、アルミ粉を用いた。可視化は、 r - θ 面および、 r - z 面について、スリット光を用いる事により行った。 r - θ 面についての可視化は、底面付近と、水深の1/2の所で行なった。実験を行なう条件としては、水深を半径の1/2, 1, 2倍にした場合と、主流流速を、モーターの回転数を変える事により、3種類の流速についてそれぞれ行った。

3. 実験結果

図-2に r - z 面での流況を示した。全般的に言える事は、回転軸に対して一対の縦渦が生じていることである。

水深と縦うずの状態は、半径に対して浅い水深において、安定な状態であり、回転軸に向かって流れていたものが、鋭角的に曲がり、壁面方向へと上昇してゆく。

次に、半径に等しいか、または、その付近での水深の場合には、自由度が加わり、多少変形するが、円形に近い縦うずとなっている。

また、半径の2倍の水深では、更に自由度が加わり、回転軸付近において、ゆらぎが生じ、不安定な縦うずとなる。

壁面付近での乱れは、水深が半径に等しいか、それ以上になると生じてくる。

写真-1に底面付近での r - θ 面の流況を示した。これより、中心へ向う流れがあり、なおかつ、壁面の影響により、壁面方向へ向う流れが存在することがわかる。

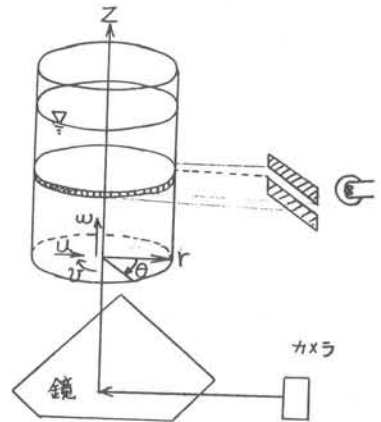


図-1 実験装置

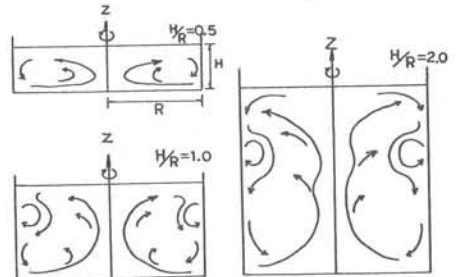


図-2

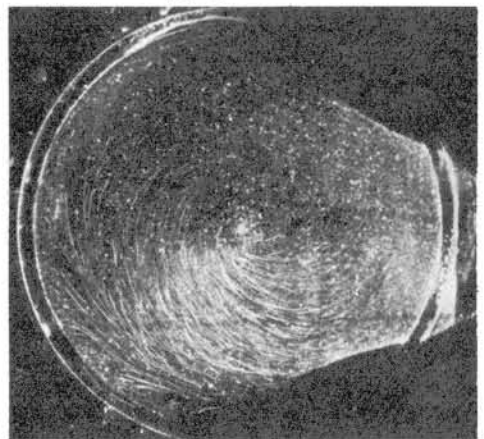


写真-1

また、流速が速い程中心へ向う流れは、速くなる。

以上の事より、水深が浅い方が、壁面の影響を受ける事がなく、安定した2次流が形成され、また流速がおそい程、壁面の影響を受け、不安定な縦うずとなる事がわかる。

4 考察

回転流によって生ずる2次流は、遠心力による水面の微小な変化が、水槽の底面付近に存在する境界層内に影響を与える事によって発生するが、ここで2次流の各流速を与える式(4)、(2)および、主流流速、式(3)へ実験より求めた流速を代入し、2次流流速分布式の検討を行なう。

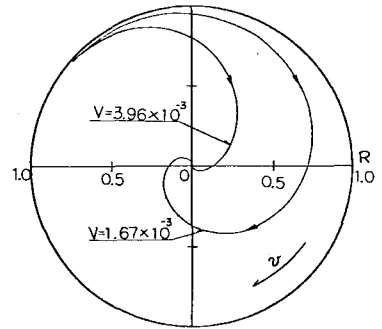


図-3 (1)

$$u(r,z) = \frac{V^2 r(r-R^2)}{8\omega} + \frac{V^2 R^2 H J_1(\lambda r) \sinh(\lambda z)}{4\omega \{ \cosh(\lambda H) - 1 \}}$$

$$w(r,z) = \frac{V^2 (R^2 - 2r^2) z}{4\omega} - \frac{V^2 R^2 H J_0(\lambda r) \{ \cosh(\lambda z) - 1 \}}{4\omega \{ \cosh(\lambda H) - 1 \}}$$

$$v(r) = V \cdot r \quad (3)$$

ここで、 u : 半径方向の流速、 v : 主流流速; R : 水槽の半径、 H : 水深、 V : 主流の流速分布を定める定数、 ω : 回転粘性係数、 J_1, J_0 : ベッセル関数、である。

写真-1と同じ条件を用いて、上式より描いた流線を図-3のVに示した。比較すると、壁面の影響を無視した上式で、2次流の形態を良く表わしていると考えられる。

また、図-4、図-5には、主流と2次流の各流速との関係を、水深によって示してあるが、定数Vにより、主流速より2次流の流速が速くなっているが、式(3)において壁面の影響を無視したためと思われる。

以上の事から、式(1)、式(2)によって、2次流の流速分布を表わしたが、定数Vが大きすぎると現象を過大に評価する傾向はあるが、Vが小さな所では、おなわち、流速の十分おそい所では、よくあっていると考えられる。

5 まとめ

本研究によって次のようなことが明らかにされた。

- 1) 実験によって2次流の形態および性質が明らかになった。
- 2) 任意流速における2次流の流速分布が表わされた。

今後の課題としては、まず、壁面の影響を考えた2次流の流速分布について検討を加えることである。

最後に、本研究にあたって、協力して下さった、田寺氏、金井氏に謝意を表します。

参考文献) 荻原、上出、水鶴(1982) 小川明「流学」(1981)

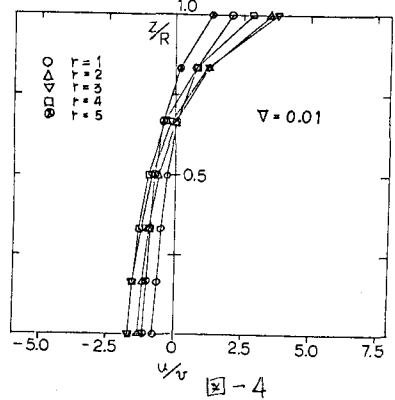


図-4

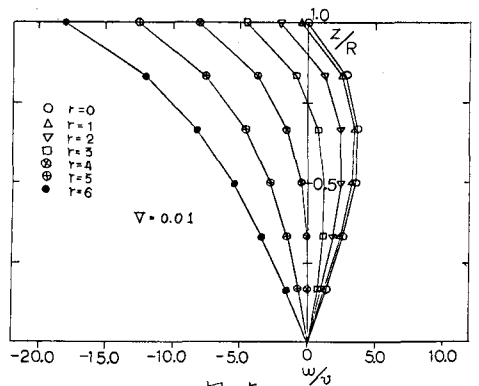


図-5