

II-215 気泡弾式揚水筒内の流れに水面が及ぼす影響

宇都宮大学 工学部 正員 池田 裕一
 日本鋪道(株) 守屋 茂
 宇都宮大学 工学部 正員 須賀 堯三

1. はじめに

気泡弾式揚水筒は貯水効池の富栄養化を防止する有効な手段の一つである。これまで提案・使用されているものは、筒の先端が水面よりかなり下方に設定されている場合が多いが¹⁾²⁾、逆に先端を高く伸ばして、水塊を水面近くまで持ち上げる方が効果的であるとも考えられる³⁾。

本研究は、揚水筒先端が水面のごく近くに設定された場合の、揚水筒の能力を評価する手始めとして、一様密度場における実験を行ない、筒内の流れに水面が及ぼす影響を検討するものである。

2. 実験装置および方法

実験においては断面 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 深さ 1m の水槽を用い、その中央に内径 $d (=2R)=7.5\text{cm}$ 長さ $L=50\text{cm}$ の揚水筒を設置した。揚水筒下端には流れを滑らかにするためにベルマウスを取り付けてある。また、揚水筒下方の半球を伏せたままの状態にこれに空気を所定の量だけ送入し、後に半球を一気に反転することによりして気泡弾を発生させた。揚水筒の上端あるいは下端には直径 5mm のプロペラ流速計を取り付け、そこでの流速の時間変化を追跡した。なお気泡弾体積は 150cc とし、揚水筒先端から水面までの距離 h を 10cm , 5cm , 2cm と変えて実験を行なった。

3. 実験結果および考察

図2は揚水筒の上端および下端の中央での流速の時間変化の測定記録を示したものである。上端では流速がピークになる付近で、下端では気泡弾注入後直ちに、上向きに鋭いピークが見られる(矢印)。壁面付近では逆に下向きのピークをもつ。これは気泡筒内の流れではなく、気泡弾に引きづられた後流を捉えたものであるといえる。したがって筒内流速のみを考える際には、この後流域の影響を排除した形で捉える必要がある。

そのようにして得られた筒内の流速分布を中心流速 u_c で無次元化したものを図3に示す。気泡上側の流れでは、水面が近い場合に中央の流速がへこむという際立った特徴が見られる。これは、揚水筒から放出する流れにより水面が盛り上がるために、中央部にかかる圧力が増大したためと考えられる。気泡下側および後流域の流れに関しては多少の差違はあるものの、水面高さに関係なく同様な分布形をしている。ここでは水面の影響よりも、気泡弾底部の形状や後流域の影響が支配的なのであろう。また後流域の分布形は他の2つのものよりも上に尖っているが、このことは後流域に生じる渦の作用から説明することができる。なお流速分布をべき乗則

$$\frac{u}{u_c} = \left(\frac{a-r}{a} \right)^{1/n}$$

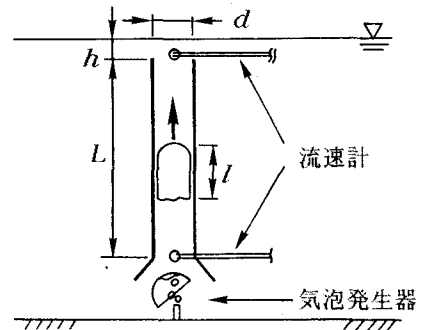


図1 実験装置

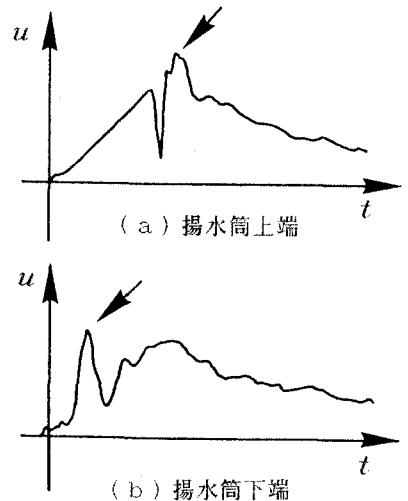
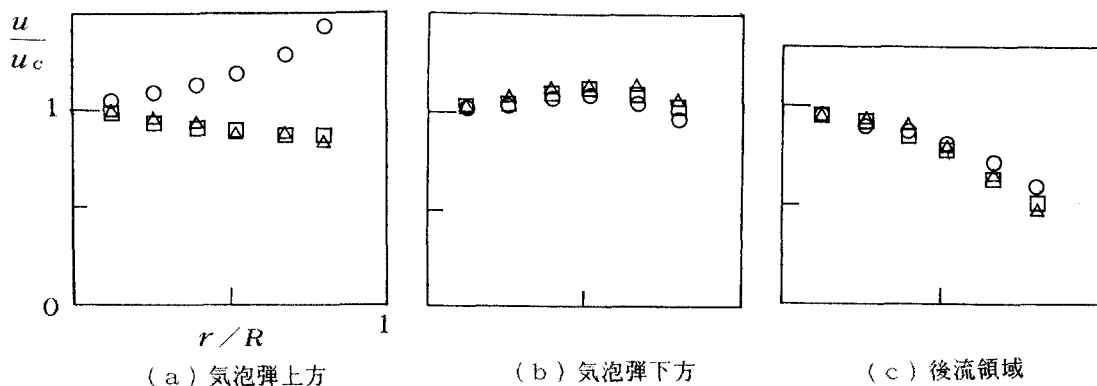


図2 流速の時間変化

図3 流速分布形 (○: $h=2\text{cm}$, □: $h=5\text{cm}$, △: $h=10\text{cm}$)

で表わした場合には、気泡上側・後流域でそれぞれ $n=10$ 、2.6 程度であり、後流域の分布形は通常の管路内の流れ ($n \approx 7$) よりも尖ったものになっている。

断面平均流速に対する影響は図4に示す通りで、水面高さが 5cm から 2cm に変わるところで急に速度が低下しており、 $h=10\text{cm}$ のときより 20% 近くも小さくなる。また後流域の流速は筒内流速をそのままシフトした形であり、これより水面位置に関わらず気泡は同じ相対速度で水中を上昇していることがうかがわれる。図4はピーク時の流速を比較したもののだが、本来はピーク時刻の差違も含めて検討しなければならない。そこで、エネルギー式³⁾

$$\frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} = \frac{l}{L} - C \frac{v^2}{2gL}, \quad C = f_e + f_o + f_d$$

を用いて損失係数を評価してみる。ここに、 f_e, f_o, f_d はそれぞれ流入、流出、摩擦による損失係数である。流速が大きくなった場合には摩擦損失係数はそれほど大きくならないので、近似的に損失係数全体 C を一定としてこれを求めると図5のようになる。 $h=10\text{cm}$ における C の値は管路における通常の値 ($f_e \approx 0.1, f_o \approx 1.0$) でおおよそ説明できるもののだが、水面高さが低くなるにつれて急激に大きくなり、 $h=2\text{cm}$ においては4倍程度にもなっている。

4. おわりに 大まかではあったが、揚水筒先端を水面に近づけた場合には、水面の影響が非常に大きくなることがわかった。今後は他の条件での影響はもちろんのこと、その物理機構を踏まえながら、水面の影響を一般的に評価する必要がある。

なお本研究の遂行に当たり平成元年度文部省科学研究費・試験研究(1)(代表: 浅枝 隆、埼玉大学、課題番号01850118)の補助を得た。ここに記して謝意を表します。

参考文献: 1) 小島貞男: 用水と排水, 24-1, 1982 2) 松尾直規・他: 第42回土木学会年講Ⅱ, pp470, 1987

3) 浅枝隆・中井正則: 土木学会論文集, 411(Ⅱ-12), pp91, 1989

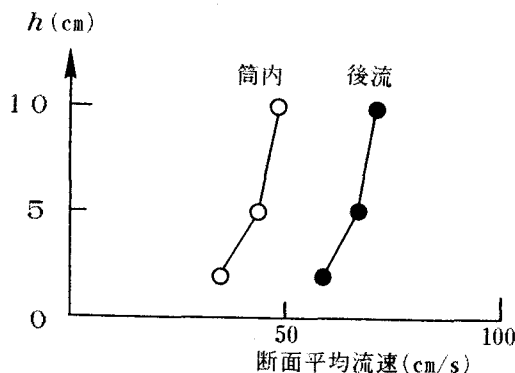


図4 ピーク流速の変化

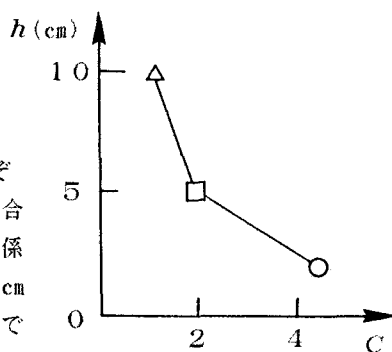


図5 損失係数の変化