

II-530

気泡弾を用いた深層水揚水システム模型の流量測定

下関市役所 正会員 田鍋 敬浩
 千葉工業大学 正会員 篠田 裕
 千葉工業大学 正会員 高橋 彌

1. はじめに

気泡弾を用いた深層水揚水装置『レイクリフター』は、湖沼の富栄養化対策としての湖水人工循環法の一つとして位置付けられているが、仕様および効果的運用法などは、未だ現地での試行による部分が多い。

また、上昇流量の増大を目指し、複筒型レイクリフターが考案されたが、まだ実用化に至っていない。

そこで本研究では、レイクリフターの流量測定法の確立と、流れの可視化を用いた流況解析を目的として模型実験を行った。

2. レイクリフターの構造と原理

レイクリフターの構造は、揚水筒・空気室・送気管・吸水口から構成され、水中に自立させるために揚水筒上部に自立用ブイを固定している(図1)。地上に設置されたコンプレッサーから送られた圧縮空気が、空気室に充填すると、逆サイフォン作用によって、空気室内の空気が筒内に一気に噴出、砲弾状の気泡塊となって、周辺の水塊を伴って揚水筒内を急速に上昇する。揚水筒を離れた気泡弾は、次第にドーナツ状に膨張しながら、さらに上昇進路周辺の水を伴って水面に至る。

複筒型レイクリフターは、揚水筒を二重にしたもので、気泡弾は内側の揚水筒内のみを上昇するもので、気泡が上昇するに従って連行される筒周辺の水塊を整流化する働きをし、単筒型と比較して上昇流量が増加することが期待される。

3. 実験の概要

レイクリフター模型は、揚水筒が1本の単筒型(内径74mm)と、揚水筒の外側をさらに筒で囲む複筒型を用いた。外筒は、内径96~146mmの間で可変設定が行えるようになっている。これらの模型を、直径1m、高さ2mの透明塩化ビニール製水槽に入れて使用した。レイクリフター下部に、潜水型電磁流量計(口径100mm)を設置し、出力電圧をAD変換ボードを通して、パーソナルコンピュータでデータ処理を行った。流体ノイズが激しかったので、電磁流量計の変換器に高耐ノイズ形のものを使用し、ダンピング時定数を小さくして、瞬間流量の安定化をはかった。20秒間隔で気泡弾を発生させたとき、サンプリングは12.5Hzで行い、1条件につき7,500個(10分)のデータを取得・処理した。

流れの可視化は、T L S可視化画像処理システムを用いた。トレーサーはφ2mmのナイロン球を使用し、水の比重調整には硝酸カルシウムを使用した¹⁾。流量測定に使用した円筒水槽では、レーザー光線の光軸距離が長くなるとともに、水槽表面が曲面であるために、鮮明な画像が得られなかった。そこで、内径94mmのレイクリフター模型を、H800×W800×D500(mm)の長方形水槽に入れて、可視化実験を行った。

【実験の内容】

① 単筒型模型の解析：揚水筒長さを200~900mmに変化させ、流量を比較する。

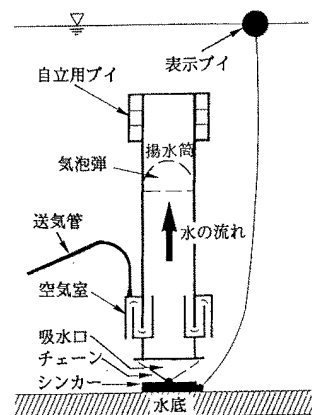


図1 レイクリフターの構造

② 気泡発生水深と流量の関係:

揚水筒長さ600mm(単筒型)を使用し, 揚水筒上端の水深を100~600mmに変化させ, 流量を比較する.

③ 複筒型模型の解析: 内筒長さ, 外筒の内径・長さを変えて, 流量を比較する.

④ 単筒型模型について, 揚水筒上端部の流況を可視化により解析する.

4. 実験結果

(1) 単筒型模型の実験結果を,

図2に示す. 図から, 揚水筒長さが長いものほど, 流量が増加している.

(2) 気泡弾発生水深と流量の関係は, 今回使用した模型・水槽の条件では, 明確な関係を得ることができなかった.

(3) 複筒型は, 内筒と外筒の長さ・径の組み合わせによって流量が変化し, 図3に示すように, 外筒径が106~116mmの間で, 流量のピークが現れていることが分かる. 最も値が大きかったのは, 内筒長さ200mm, 外筒長さ900mm・内径116mmの組み合わせであった.

(4) 図4に, 単筒型の場合の, 気泡弾が揚水筒上端を離れてから2秒後の, 流速ベクトル図を示す. 横方向からの連行があることが分かる.

5. まとめ

(1) 単筒型では, 揚水筒内で気泡弾が拡散されないまま上昇・加速され, さらに揚水筒が長い, つまりエアリフト時間が長いものほど, 揚水効率が良くなっている.

(2) 複筒型は, 図5の例(外筒径116mm)に示すように, 外筒の長さが長く, 内筒の長さが短いものほど流量が増大した.

(3) 空気量・水圧・気泡弾発生間隔が同じである場合, 複筒型の流量は単筒型に比べ大きいことが分かった.

(4) 揚水筒周辺の可視化によって, 周辺の水の連行が確認された.

(5) 模型のサイズ(実験領域)を大きくすること, 実物との相似律を確立すること, 定式化による数値シュミレーション, が今後の課題である.

参考文献

- 1) 多田謙一・篠田 裕・高橋 彌 (1994): 曳行水槽における流れの可視化について, 土木学会第49回年次学術講演会講演概要集第2部(A), pp. 380~381.

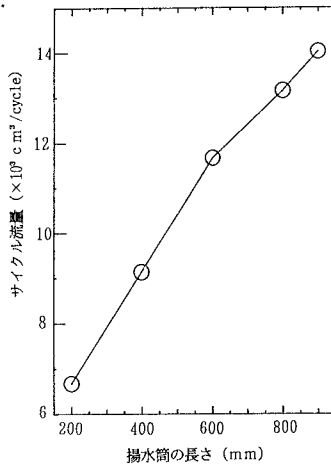


図2 単筒型の実験結果

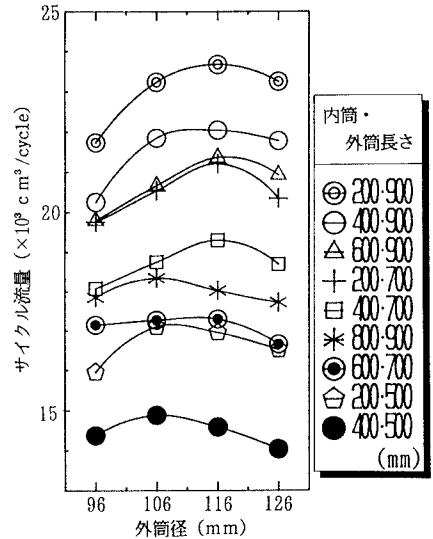


図3 複筒型の実験結果

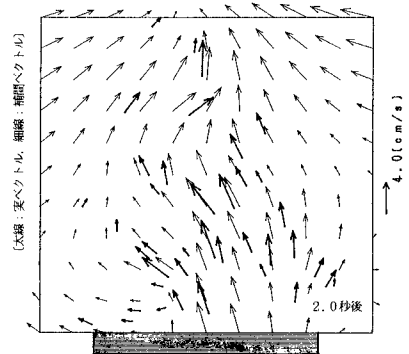


図4 流速ベクトル図(揚水筒上端部)

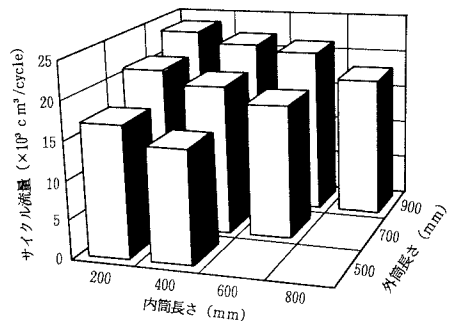


図5 複筒型(外筒径116mm)の実験結果