

II-87

深層水揚水を目的としたエアリフトポンプの揚水特性に関する研究

電力中央研究所 正員 山本亮介^{*1} 正員 田中伸和^{*1}海洋科学技術センター 鷲尾幸久^{*2} 正員 大澤弘敏^{*2}古河電気工業株式会社 石井健一^{*3}

1. はじめに

深層海水は栄養分に富み、低温で清浄であるため、各方面での利用が期待されている有用な海洋資源である。しかしながら、現状では深層海水を安定かつ安価に揚水するための決定的な技術がほとんど確立されていない。そこで著者らは深層海水揚水技術としてエアリフトポンプに注目し、その適用性を検討するため、深さ4mの水槽と長さ3mのエアリフトポンプ揚水管を用いて室内規模のエアリフトポンプ揚水特性基礎実験を行うとともに、その数値解析を行ってきた[1]。その結果、揚水特性と数値解析コードの特徴を把握することができたが、実験装置における揚水管の長さの制限から、エアリフトポンプの揚程に関する十分な試験を行うことはできなかった。そこで新たに、より大規模な実験装置(水槽深度16m, エアリフトポンプ揚水管長さ14m)を製作し、水深を調整することにより、揚水管の浸水率を変化させて実験を行った。そして、揚程に関するデータを含むエアリフトポンプの揚水特性を調べ、また、数値解析結果との比較検討を行った。

2. 揚水特性実験

試験装置の概略図を図1に示す。試験装置は深さ16mの水槽内に設置した長さ14.05m、内径150mmの揚水管(塩化ビニル製、管内撮影部のみアクリル製)、エアコンプレッサ(7.5kW)、送気空気量計測用の質量流量計、揚水管入り口流量計測用の電磁流量計、揚水管出口ボイド率計測用のボイド計からなる。試験は水深を調整することにより揚水管の浸水率を0.65から1と変化させ、また、空気注入位置(A上部、B中部、C下部)と送気空気量を変化させて行った。また、水槽下部観察窓からは揚水管下部の管内の様子を高速度カメラを用いて撮影した。

3. 数値解析

代表的な気液二相流解析モデルである二流体モデルを用いて、気相と液相に対してそれぞれ質量、運動量の保存式を立てて1次元数値解析を行った。ただし、ここでは管路内での温度変化は無視できるものと仮定して、エネルギー保存式は用いないものとし、また、管路横断面内で圧力は一定であるとした。そして、管内気液二相流の流動様式は気泡流であると仮定し、相間摩擦などの構成方程式は気泡流のものを用いた。数値解析は空気の注入位置、管径、送気量などの条件を揚水特性実験と同様の値にして計算を行った。

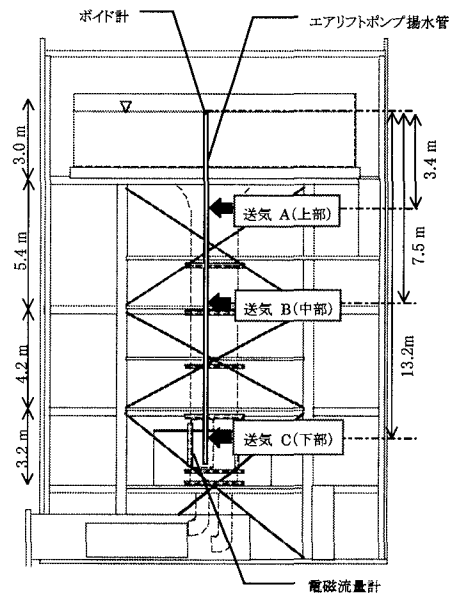


図1 実験装置概略図

4. 実験および数値解析結果

図2に揚程(管の浸水率)を変化させた場合の、管内気相速度の変化を示す。ここでの気相速度は、送気量 $45\text{Nm}^3/\text{h}$ で送気位置 C(下部)から送気した条件での、管下端から1.22mの位置のものである。また、実験値は定常状態の管内気液

キーワード: 深層海水利用, エアリフトポンプ

- | | | |
|---------------------|------------------|------------------|
| *1 千葉県我孫子市我孫子 1646 | TEL 0471-82-1181 | FAX 0471-84-7142 |
| *2 神奈川県横須賀市夏島町 2-15 | TEL 0468-66-3811 | FAX 0468-66-5746 |
| *3 千葉県市原市八幡海岸通 6 | TEL 0436-42-1716 | FAX 0436-42-9359 |

二相流動の様子を高速度カメラで撮影した画像をPIV法で画像処理し、得られた管内気相流速分布の平均値である。ただし、揚程 3.5m 以上の条件では管内で脈動し、その場合、カメラのメモリ量の制限から脈動の一周期分の撮影が不可能であったため、気相流速の実験値が欠落している。同条件において、数値解析でも管内脈動が起こったが、図2には平均気相流速が示してある。なお、実験および数値解析での脈動の周期はほぼ一致した結果となった。図2において、実験結果と数値解析結果を比較すると、若干計算値のほうが大きい値となる傾向があることがわかる。これはまず、実験において管外側から撮影を行っているため、当然の事ながら主として管内壁面付近の気泡群の上昇速度を画像解析する結果となっていること、また、数値解析では壁面近傍では液相のみに覆われ、気相一壁面間の直接の相互作用はないものと仮定し、気相の壁面摩擦を無視していることが原因である。

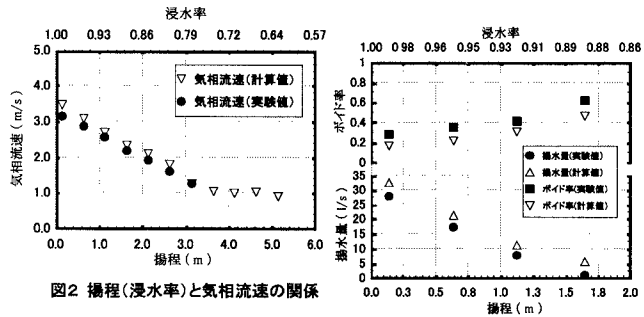


図2 揚程(浸水率)と気相流速の関係

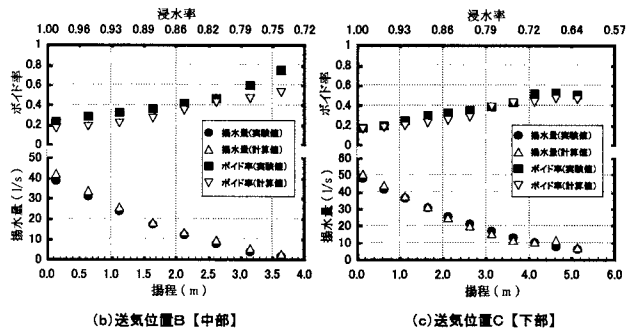


図3 揚程(浸水率)とボイド率、揚水量の関係

う。次に揚程(管の浸水率)を変化させた場合の揚水量(管入口流量)と管出口部のボイド率の変化を図3(a) - (c)に示す。図3(a)は送気量 $35\text{Nm}^3/\text{h}$ で送気位置A(上部)から、図3(b)は同 $40\text{Nm}^3/\text{h}$ で同B(中部)から、図3(c)は同 $45\text{Nm}^3/\text{h}$ で同A(上部)から送気した各結果である。図2同様、脈動が起こった条件では、実験結果、計算結果共にその平均値を示してある。図3より、ボイド率に関して実験値の方が計算値より大きい値となる傾向があることがわかる。これは、実験値はボイド計で管出口中央部の一点を計測した結果であり、実際には管内では気泡は中央付近に集まって上昇しているため、管路横断面内ボイド率は中心部に最大のピークを持ち、その位置を計測したため計算値より若干大きい傾向となったものであろう。また、空気注入位置が浅いほど、実験結果と計算結果の差異が大きくなっていることもわかる。計算では管路内の気泡径は一定であると仮定し、実験での高速度カメラの撮影画像を処理することによって得られた平均気泡径を用いて全ての条件を解析しているが、管内流動の撮影は送気位置C(下部)のすぐ上方位置で行っている。送気位置AとCでは大きな水頭差があり、実際には送気位置がAの場合の管内平均気泡径は送気位置がCの場合より大きいと推測される。浅い位置から送気した条件ほど、実際よりも小さい平均気泡径で計算を行ったため、結果に差異が出たものと思われる。

5. おわりに

エアリフトポンプの深層海水揚水への適用性を検討するため、エアリフトポンプの揚水特性実験と数値解析を行った。その結果、送気深さが浅い条件では揚水特性実験結果と数値解析結果の値に若干の差異がみられるものの、入り口気相速度、出口ボイド率、揚水量は、おおよそ両結果で一致し、数値解析コードがエアリフトポンプの揚水特性を模擬できることがわかった。今後は数値解析により実規模のエアリフトポンプの揚水特性を解析すると共に、海洋科学技術センターが三重県南勢町五ヶ所湾沖に建設した波力発電装置“マイティホエール”のプロトタイプ上にエアリフトポンプ揚水管を設置し、マイティホエールで発電したエネルギーを用いて作った圧縮空気と組み合わせて実海域での揚水試験を行う予定である。

参考文献

[1]山本・田中ほか(1998):圧縮空気を利用した深層水汲み上げ技術に関する研究, 土木学会第53回年次学術講演会概要集第2部, pp.630-631.