

1. はじめに

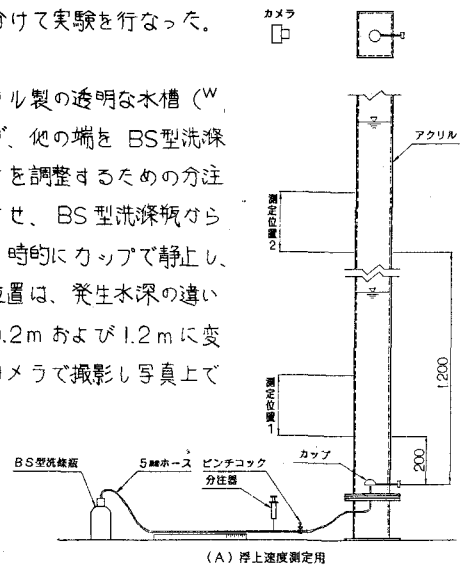
水中における気泡の発生は、負圧によるもの、温度差によるもの、乱流境界層の発達によるもの、または、水の衝突によるものなど、さまざまな原因によって起こる。その中で最も大きな発生原因は、水の衝突によるものである。水中に浸入した空気は、気泡となって水の見掛け上の体積を増加させ、時には設計容量を大きく上回り水路に水圧を加えることも起こり得る。特に水力発電所水路の減勢工などは、空気の問題を考慮しなければならない設備でもある。本研究は、水の衝突によって必然的に発生する気泡の浮上速度および平均気泡径について実験を行ない、水中で発生した気泡の特性に関するデータを得たものである。

2. 実験装置および方法

実験装置は、対象となる現象の性状が異なるので、2種に分けて実験を行なった。

(1) 気泡の浮上速度に関する実験

図-1 模型全体図 (A) 浮上速度測定用に示すとおり、アクリル製の透明な水槽 (W, 195×D, 145×H, 2000) の底面に径5mmのビニールホースをつなぎ、他の端をBS型洗滌瓶に接続した。また、水槽とBS型洗滌瓶の間に気泡の大きさを調整するための分注器を取り付けた。分注器の操作によって気泡の大きさを変化させ、BS型洗滌瓶から水圧を加えカップへホースノズルより放出される。気泡は、一時的にカップで静止し、カップを回転させることによって浮上する。浮上速度の測定位置は、発生水深の違いにより浮上速度が変化するかを検討するため、測定高さを0.2mおよび1.2mに変えて求めた。気泡の径や浮上速度は、撮影間隔を制御可能なカメラで撮影し写真上で測定した。なお、気泡は大きさ(体積)によって形状を変えるので、径の最大方向を気泡径(以下相当径とする)とした。



(2) 水の衝突によって発生する気泡の径に関する実験

図-1 模型全体図 (B) 気泡径測定用に示すとおり、地上高5.4mの高架水槽から、径50mmの塩ビパイプによって水を導き、水槽突入前に取り付けてある流速調節バルブおよびノズル径を変化(径10mm~50mm)させて、突入流速を設定した。突入した水は、水槽内で減勢し三角堰によって計量される。気泡径の測定は、(1)の実験同様写真によって行なった。なお、写真の撮影位置は、突入した落水が気泡を伴いながら水中へもぐり込み、その後浮力により浮上する時のみとした。

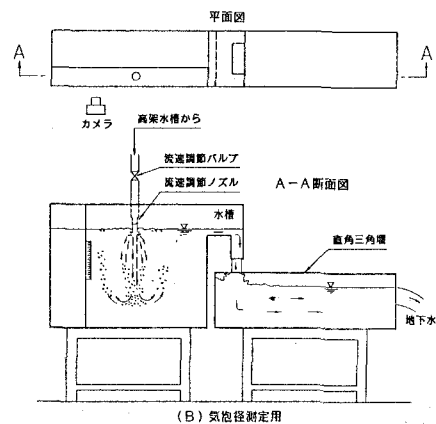


図-1 模型全体図

3. 実験結果

(1) 気泡の浮上速度

気泡の径とその浮上速度の関係を図-2に示す。浮上速度は、一定でなく変曲点をもつ3種の曲線で表現される。そして、気泡の形状も大きさが大きくなるにしたがって、球形→回転楕円球形→帽子状球形へと変化し、浮上

速度に関する曲線変化とはば一致する。このことは、気泡の大きさ（体積）が浮上速度を決定すると推定される。また、気泡の発生水深を変えても図-2に示すとおり両者はよく一致し、浮上速度の加速性は認められなかった。なお、図-2に示した曲線は、William L. Haberman and Rose K. Morton らの実験結果である。

(2) 平均気泡径

突入した水は、水面を乱し空気を巻き込み気泡を発生させる。気泡は、水中にもぐり込むにつれて分裂し、そして安定した気泡となって浮上するので、実験では、安定した気泡だけを解析の対象とした。その気泡の分布例を図-3に示す。気泡の分布は、突入流速を変えてもほとんど変化せず、発生した気泡の約95%が、径0.25cm～0.75cmまでの間に含まれ、そのちらばりは、正規分布にはば準じる。突入流速と平均気泡径について、図-4に示す。プロットした値は、その突入流速における全測定気泡径の平均値であり、それらはほぼ一定値を示す。しかし、平均気泡径のちらばり範囲は、0.4cm～0.55cmとなるが、この範囲に含まれる気泡全体における割合は、約51%にすぎず、ただ単に気泡径の分布を平均気泡径として扱うのには無理がある。ところが、図-2の浮上速度の変化から見れば、気泡径の分布は回転楕円球形の区間に含まれ、浮上速度は一定値である。

4. あとがき

以上の実験結果から、木の衝突によって発生する気泡の特性についてある程度解明された。しかし、気泡の浮上速度については、単一気泡のみに関して行なったものであるため、複数の気泡が同時に浮上する場合についても検討を加える必要がある。

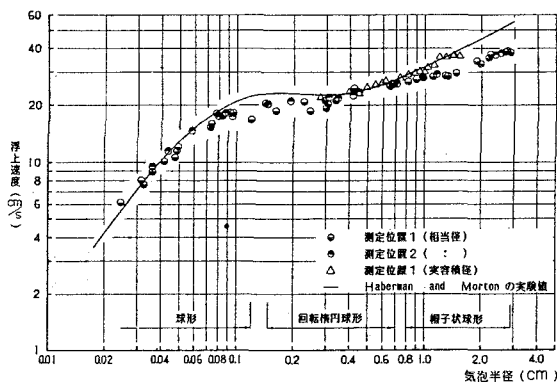


図-2 気泡径と浮上速度の関係

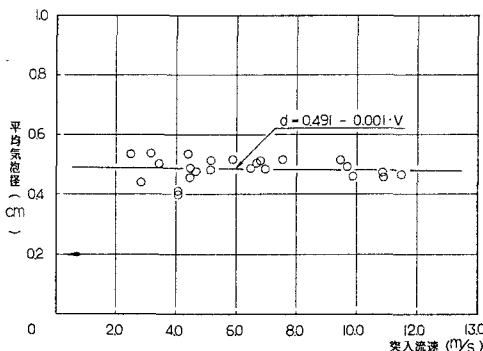


図-4 平均気泡径と突入流速の関係

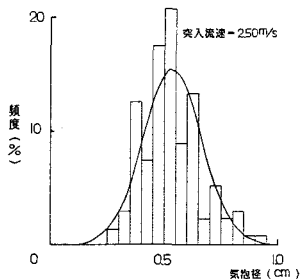
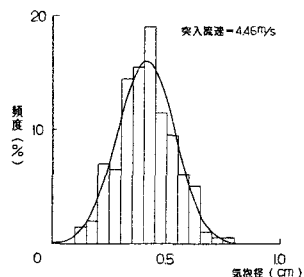
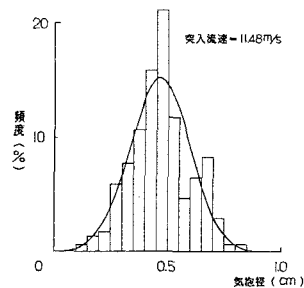


図-3 気泡分布例

〈参考文献〉

William L. Haberman and Rose K. Morton : An experimental study of bubbles moving in liquids, Trans. ASCE, Vol. 121, 1956