

水撃負圧部の気化現象における発生気泡の  
 オプティカルプローブボイド計による計測とその結果の検討について

東北学院大学工学部 学生会員 田嶋大樹

東北学院大学工学部 正会員 河野幸夫

(1) 序論

液体が流れる管路を急激に閉じた時に急激な圧力上昇が生じる事を水撃現象と言う。その圧力が降下すると負圧になり水を気化させ、管路内が気液混相流になる。RBIのオプティカルプローブボイド計を用いれば、水撃負圧部の発生気泡を捉え、水に対する空気の割合(ボイド率)を測定する事ができる。

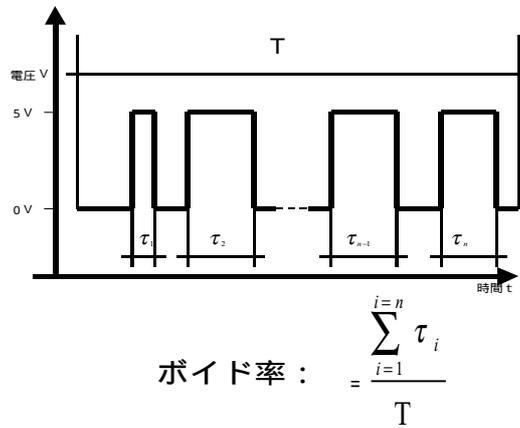
1. 管路内の流速を一定にし、測定点のボイド率の時間変化を表す。
2. 管路内の流速を変えた時のボイド率と水撃負圧部の伝播速度の変化を調べる。
3. 負圧部の伝播速度の実験値と理論値を比較する。

(2) 実験手順

1. ボイド計アンプと Windows を接続する。
2. 水面高 12.14mの上水槽バルブを全開にし、水を自然流下させ全長 60.21mの本線の電磁弁を開け、手動弁を全開にする。
3. 定常状態で、流速を求める。
4. ボイド計の測定時間設定を行う。
5. アンプ電圧調整後、プローブ先端を取付ける。
6. 流量が安定した時点で、オシロスコープを作動させ電磁弁を急閉鎖し水撃圧を発生させると同時に、ボイド計による気泡測定を行う。

(3) 実験結果と考察

1) ボイド率時間変化



式1 本実験のボイド率の式

0.001sec 単位で測定点のボイド率の時間変化を計測すると図2、3のようになり、測定開始を水撃発生時あたりとしプロットすると図5のようになる。

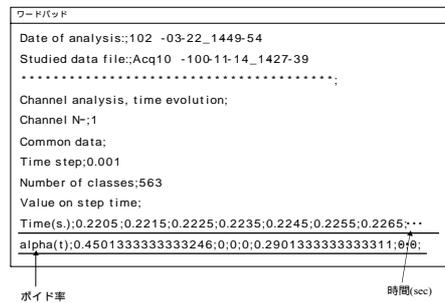


図2 ワードパッド形式で保存されるデータの一例

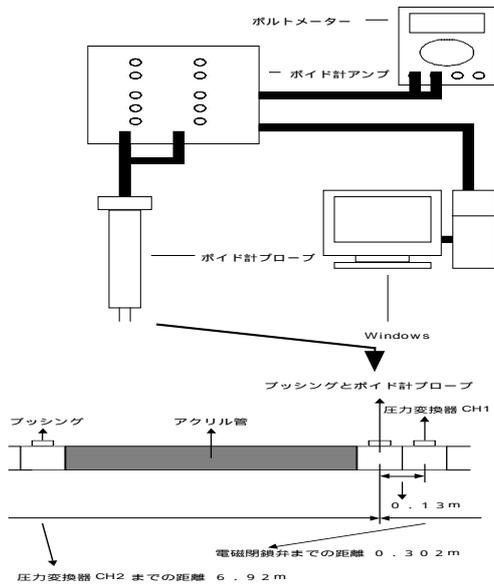


図1 ボイド測定用装置

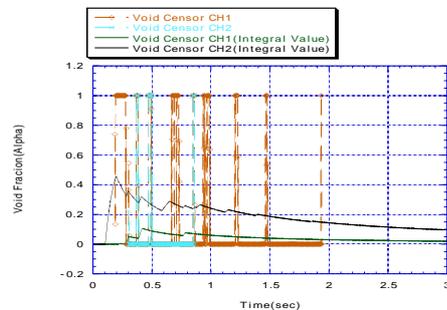


図3 ボイド率の時間変化グラフ

キーワード：水撃、負圧部、発生気泡、ボイド率

連絡先（宮城県 仙台市 泉区 鶴が丘 1-47-29 Tel：022-372-7417）

図3の Integral Value とはその時間までの平均をあらわしている。

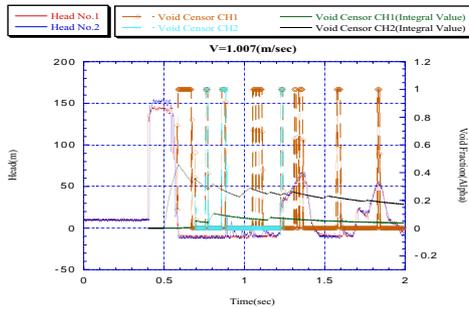


図4 水撃波形にプロットしたボイド率

水撃波形の第一波目直後の負圧部で気泡が多く発生している。

2) 測定終了時の Integral Value の値をその回のボイド率とする。同じ初速において5回程度測定結果が出ているのでその平均をとって、その初速のボイド率とする。そして、各初速のボイド率を求める。

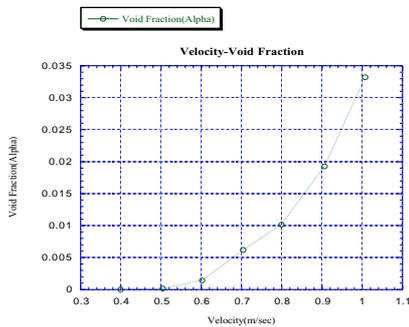


図5 初速と平均ボイド率のグラフ

3) 水撃負圧部の伝播速度 a ) 水撃波形から求めた実験値

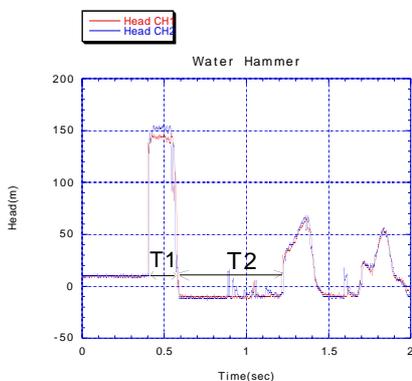


図6 伝播速度の計算方法

水撃負圧部の波の伝わる早さ(負圧部の伝播速度) a は、L (管の全長)をT 2 (水撃が負圧に達している時間)からT 1 (正圧部の時間)の 1/2 を引いた値で割る事で得られる。これを各初速で行う。

) ボイド率から求めた実験値

$$a = \frac{1}{\sqrt{\frac{\gamma_w - (\gamma_w - \gamma_a)V_a/V}{g} \left[ 1 + \frac{(K_w/K_a - 1)V_a/V}{K_w} + \frac{DC}{eE} \right]}}$$

$\gamma_w$  : 水の比重量                    e : 鋼管の厚さ  
 $\gamma_a$  : 空気の比重量                E : ヤング係数  
 $V_a$  : 空気の体積                a : 圧力波の伝播速度  
V : 水と空気の混合体の体積

式2 負圧部伝播速度の式 (ボイド率より)

ボイド率は実験で得られた値を使い、式2に数値を代入する。伝播速度の ( ) の値と理論値と初速の関係をグラフにする。

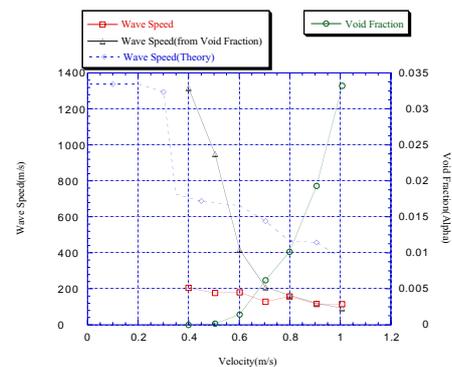


図7 初速と伝播速度のグラフ

(4) 結論

1. 時間と水撃波形・ボイド率の関係グラフより、どの初速においても水撃圧波形の第一波目直後あたりの負圧部でボイド率が高くなっていることがわかった。
2. 流速の平均ボイド率は初速が高くなればなるほど高い値を示す。また、初速約 0.4(m/s)から 0.5(m/s)に上がる時と約 0.9(m/s)から 1.0(m/s)に上がる時を境にボイド率は急に跳ね上がる。
3. 水撃負圧部の伝播速度(実験値)は初速が高くなればなるほど低い値を示す傾向にある。水撃負圧部の伝播速度の理論値もそのような傾向にある為、そこは理論値と実験値が一致していると言える。

参考文献

水撃入門  
 横山 重吉 著