

II-102

水撃負圧部のボイド計測による気液混相流について

東北学院大学工学部 学生会員○守谷 知真
東北学院大学工学部 正会員 河野 幸夫

I 実験目的

水が流れる管路を急激に閉鎖したときに生じる急激な圧力上昇(水撃圧)は、その圧力が降下することにより負圧となり、水を気化させて管内が気液混相流状態になる。本研究は、鋼管路の間にアクリル管を挿入して高速度カメラにより気泡発生を動画として撮影しつつ、ボイド計センサーにより計測する。

- ①水撃圧の時間変化に伴う測定部のボイド率の時間変化を表す。
- ②ボイド計センサー及び高速度カメラの静止画から、各流速のボイド率の変化を表す。
- ③水撃圧波形により、負圧部の伝播速度を求め各ボイド率と比較する。
- ④気泡が発生する限界の流速を求める。

II 実験装置及び手順

- ①ボイド計アンプとWindowsを接続する。
- ②水面高さ1.2mの上部水槽バルブを全開にし、水を自然流下させて全長約60mの管路の電磁弁を開け、手動弁を全開にする。
- ③上部水槽をオーバーフローさせ、流量が一定になったら流速を測定する。
- ④Windows上でボイドの測定時間設定を行う。
- ⑤アンプの電圧調整後、手動弁を閉めてからボイド計先端を管路に取り付ける。
- ⑥電磁弁を急閉鎖させることにより水撃圧を発生させると同時に、ボイド計による気泡測定、高速度カメラでの撮影を行う。

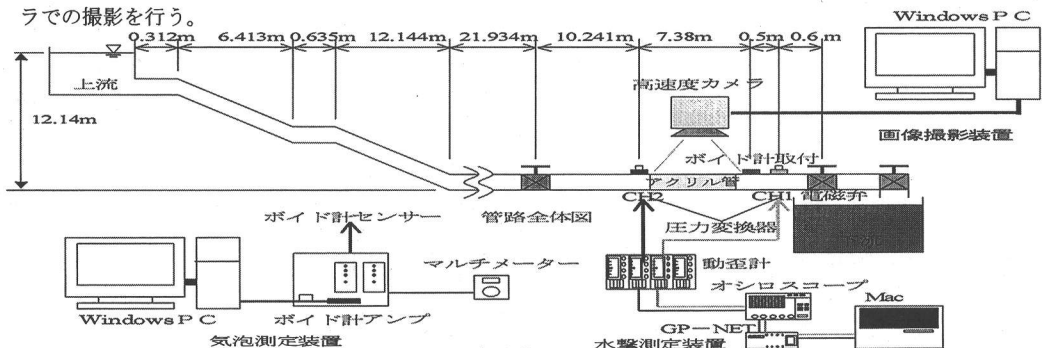


図1；実験装置図

III 画像、ボイド計からのボイド率算出方法

①画像からのボイド率算出方法について

図2は、モーションスコープP C Iシステムによる画像である。面積Aは、この画像は正方形なので、 $A=L^2=1225(\text{mm}^2)$ と求めることができる。次に気泡の面積aは、 $a=\pi D^2/4=8.04(\text{mm}^2)$ となり、ボイド率 α を求める式は $\alpha=a/A$ なので、この画像のボイド率 α は $\alpha=8.04/1225=0.006563$ と求めることができる。

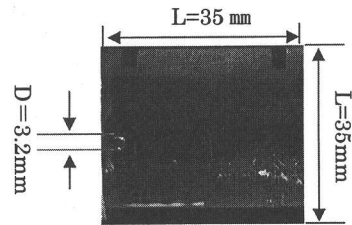
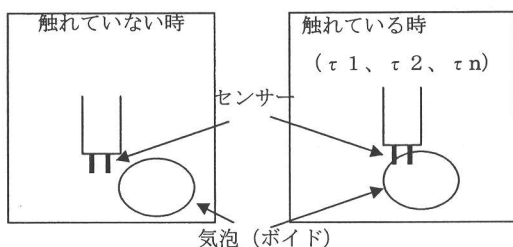


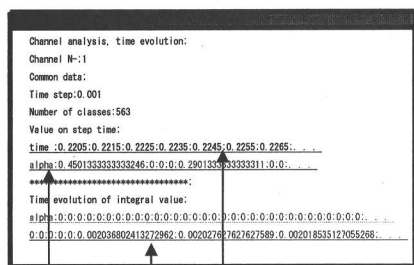
図2 モーションスコープP C Iシステムによる画像

②ボイド計からのボイド率算出方法について

図3は、センサーの図とボイド率計算式及びボイド率の時間変化を数値で表したワードパッドの一部である。センサーが水に触れているときは5V、空気に触れているときは0Vと設定されており、この時間T間の水と空気の割合をボイド率 α とする。このセンサーにより測定されたデータをこのワードパッドで数値化し、本研究で用いたボイド計により決定されたボイド率の時間変化を瞬間、平均共に計算を用いずに1/1000秒単位で表し、ワードパッドという形で保存することができる。



$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n \tau_i}{T}$$



瞬間のボイド率 α
平均のボイド率 α

図3；センサーのモデルとワードパッドの一部

IV 実験結果

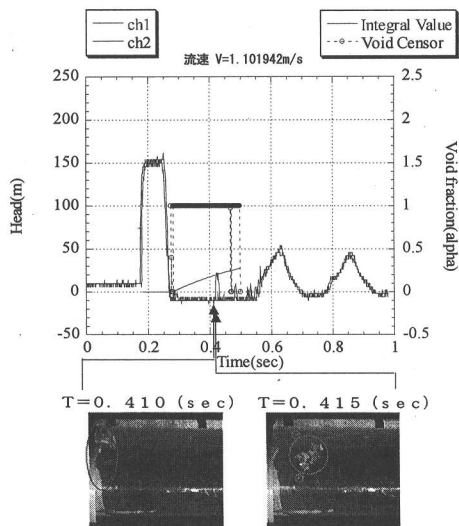


図4；流速 $V = 1.101942 \text{ (m/s)}$ のグラフと最大気泡
及び最大ボイド率を捉えた画像

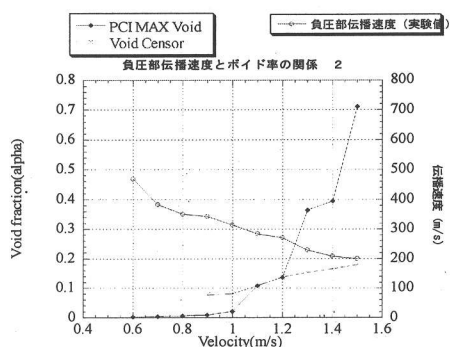


図5；負圧部伝播速度とボイド率とグラフ

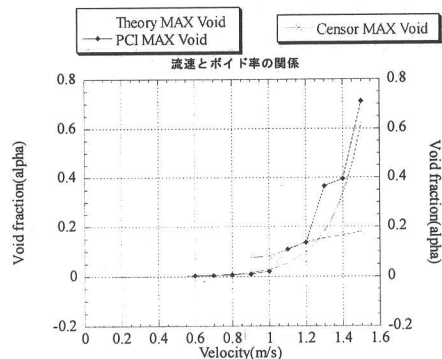


図6；理論も含めたボイド率グラフ

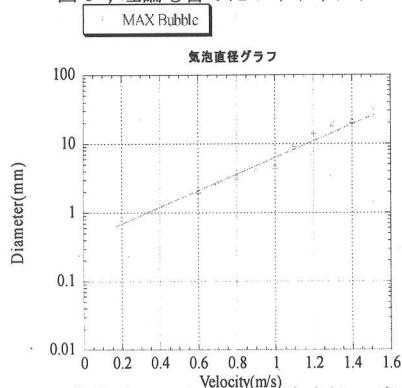


図7；各流速における最大気泡直径のグラフ

V 結論

- ①実際に第一波負圧部で気泡が発生していることを確定付けることができた。
- ②高速度カメラによるボイド率測定の方がセンサーより精度が高いことが解かった。
- ③気泡発生が少なくなるにつれ、負圧部伝播速度が上昇していることが解かった。
- ④理論上気泡が発生し始める流速 $V \approx 0.15 \text{ (m/s)}$ での最大気泡直径は、 0.6 (mm) であることが解かった。