

Ⅱ-65 上流部を考慮した水撃圧の上流差分法による数値解析

東北学院大学工学部 学生会員○生出 弘美

東北学院大学工学部 正会員 河野 幸夫

東北学院大学工学部 学生会員 平田 雅一

1、はじめに

流体が流れる管路を急激に閉じた時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で負圧になり、水を気化させ、管路内は気液混相流となる。本研究は、上流差分法を用いた数値解析であり、水撃圧やボイド率について、実験値との比較を目的とする。

2、解析方法

水撃圧は気液混相流となる場合であっても、気化圧に到達するまでは液体単相流である。よって、液体単相流と気液混相流の運動方程式・連続方程式を同時に解析する必要がある。解析法は、上流差分法を用いる。

（1）液体単相流の運動方程式

$$\frac{\partial V}{\partial x} V + \frac{\partial V}{\partial t} + g \frac{\partial H}{\partial x} + f \frac{V|V|}{2D} = 0$$

液体単相流の連続方程式

$$\frac{a^2}{g} \cdot \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial x} V + \frac{\partial H}{\partial t} - \frac{\partial Z}{\partial x} = 0$$

（2）気液混相流の運動方程式

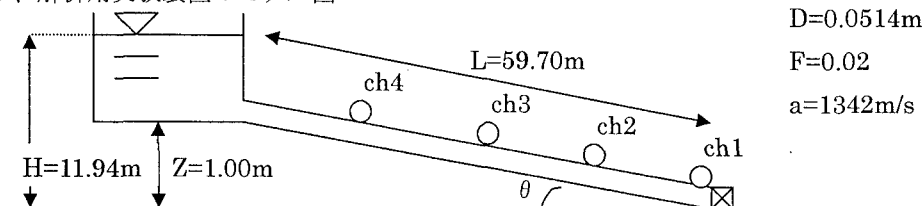
$$\frac{\partial V_m}{\partial x} V_m + \frac{\partial V_m}{\partial t} + g \sin \theta + \frac{f V_m |V_m|}{2D} = 0$$

気液混相流の連続方程式

$$\frac{\partial \alpha}{\partial t} + \frac{\partial \alpha}{\partial x} - \frac{\partial V_m}{\partial x} = 0$$

ここで、 a ：伝播速度、 g ：重力加速度、 V ：流速、 V_m ：気液混相流の流速、 H ：圧力水頭、 Z ：位置水頭、 x ：管の軸方向、 t ：時間、 α ：ボイド率とする。

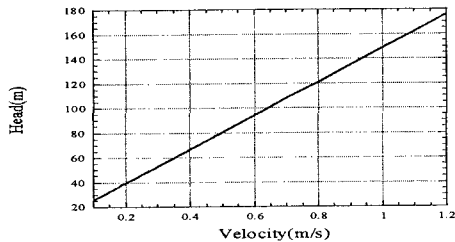
3、解析用実験装置のモデル図



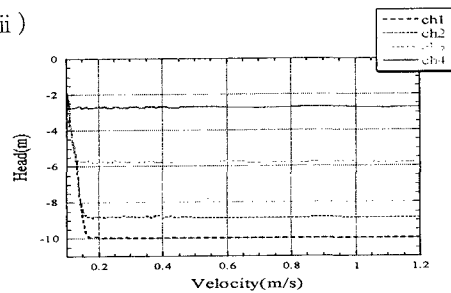
4、解析結果

圧力変換器を $ch1 \sim ch4$ にいくにつれ電磁弁からの距離を長くした場合の各流速における最大水撃圧を (i)、最小水撃圧を (ii)、各流速におけるボイド率の最大値を (iii)、各流速における理論値と実験値の最大・最小水撃圧 (iv) のグラフとして示す。また、圧力変換器の位置による水撃波形の違いを示すため (v) として流速 (初速) $V=1.00(m/s)$ の水撃圧波形のグラフを示す。

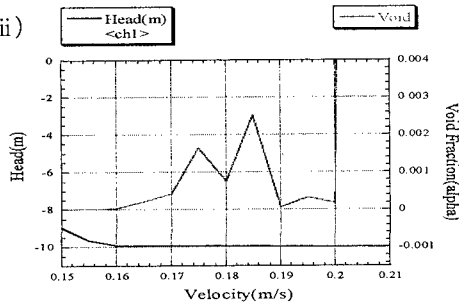
(i)



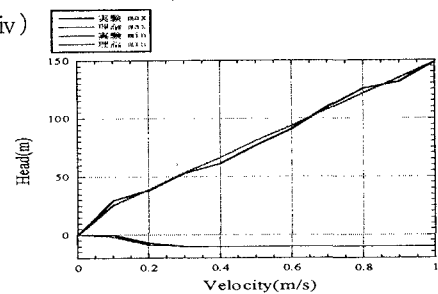
(ii)



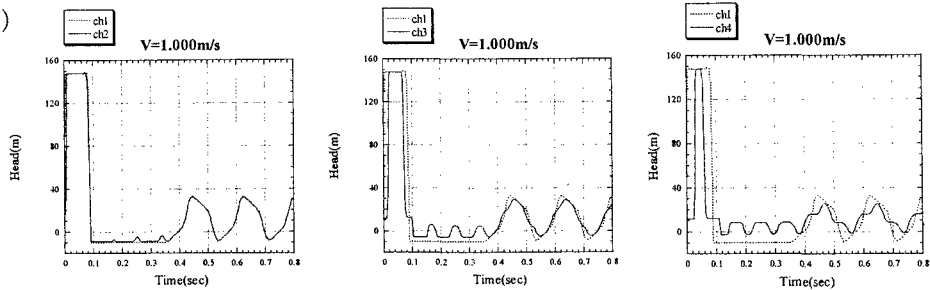
(iii)



(iv)



(v)



5、結論

○電磁弁の位置が異なっても最大水撃圧は変わらない。しかし、最小水撃圧は電磁弁に近いほど小さな値となることが分かった。また、(v) のグラフより $ch1$ においては1波目負圧部である時、 $ch2 \sim 4$ においては2波目の波形の変化によって出来た小さな水撃圧波形が見られた。

○水撃圧が $-10 m$ で気化圧に到達し、気液混相流となる (ボイド発生) のは、初速が $V=0.151(m/s)$ 付近であることが分かった。

○解析結果と実験結果はほぼ同じ最大・最小水撃圧が得られた。