

気圧変化を考慮に入れた水撃圧気液混相流についての研究

東北学院大学 学生会員○佐藤 大成

東北学院大学 正会員 河野 幸夫

1.はじめに

液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、反射することで負圧になり観ずを気化させ、管路内は気液混相流となる。本研究はこの気液混相流となる場合について理論的に解析し、実験値との比較、また気化圧の異なる場所についての検討比較を行う。

2.解析方法

気液混相流となる場合であっても、最初は液体単相流である。よって液体単相流、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。

i) 液体単相流の運動方程式

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

液体単相流の連続方程式

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

ii) 気液混相流の連続方程式

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

気液混相流の運動方程式

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

ここで、a:伝播速度 g:重力加速度

V:流速 H:圧力水頭

x:管の方向 V_m:mixture 流速

t:時間 Z:位置水頭

3.実験および解析管路のモデル図

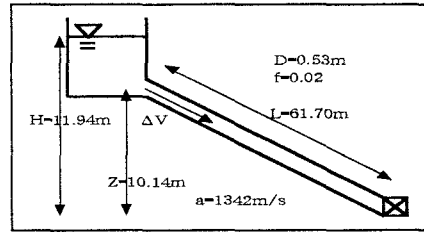


図-1 管路モデル図

4.解析結果

(1) 実験値と理論値の第2波伝播速度

水撃負圧部が-10mに達し水が気化すると第2波の伝播速度が遅くなる。図-2において、初速0.2m/s付近で気化圧に達したということがわかる。

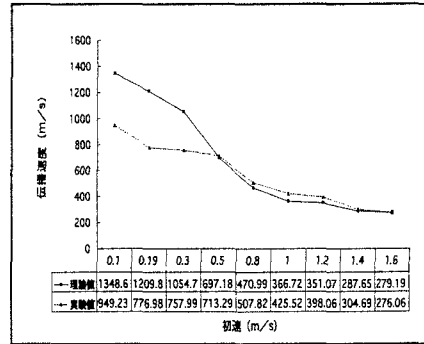


図-2 第2波伝播速度

図-2において初速0.1～0.3m/sの範囲で

伝播速度が小さいのは、実験管路の管が鋳鉄管の中に塩化ビニル管が入っている2重構造になっているためであると思われる。

(2) 最大、最小水撃圧の比較検討

最大、最小水撃圧は、理論値、実験値とも同じ傾向で変化した。また、実験値の方が値の変化の幅が小さくなったのは、伝播速度の影響によるものと思われる。

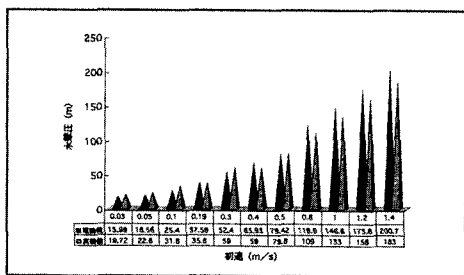


図-3 最大水撃圧

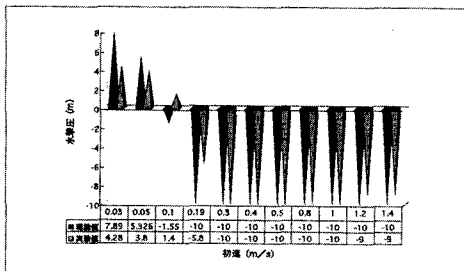
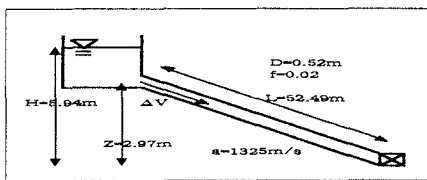


図-4 最小水撃圧

(3) 地上3000mとの比較

i) 解析モデル図



ii) 解析結果

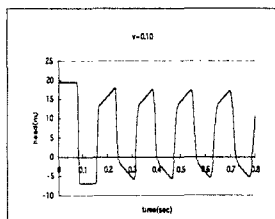


図-5 地上3000m地点で気化した時

図-5は地上3000mでの解析結果である。流速0.1m/sで気化圧に達する。

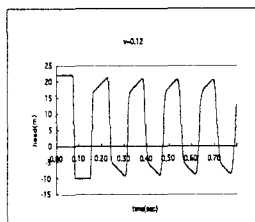


図-6 地上で気化した時

図-6は地上での解析結果である。初速0.12m/sで気化圧に達する。

iii) 第1波負圧部伝播速度の比較

伝播速度については、ほぼ同様に減少する。気化圧に達するのが早い地上3000mのほうが、低くなるのがわかる。

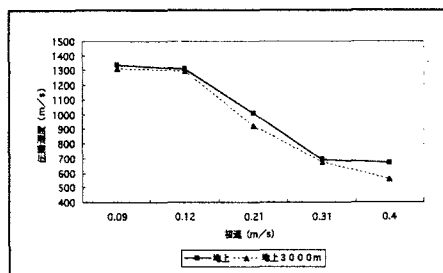


図-7 第1波負圧部伝播速度の比較

5. 結論

- (1) 伝播速度の影響により波形の周期が違ったが、それを考慮するとほぼ同様の波形がみられた。
- (2) 気化後、第2波目以降の水撃圧が弱まり伝播速度が遅くなったことより、気化する流速は0.2m/s付近であった。
- (3) 気化圧を変化させても最大水撃圧、および波形の変化はしない。伝播速度は同様に減少し、地上3000mの方が遅くなるのが速くなる。また、地3000m地点の波形は、地上の流速比約0.82の波形と同様の波形がみられた。