

II-104

パイプネットワークに伝わる水撃圧の実験的研究

東北学院大学 工学部 学生会員 ○金野 哲男

東北学院大学 工学部 正会員 河野 幸夫

1、実験目的

本研究は、実際に水撃現象を発生させて水撃圧の実験波形をとり、以下の項目について実験により得られたデータについて検討し、また理論値と比較することにより考察しながら、水撃現象の基本的な部分について学んでいくことを目的とする。

1. ライニング鋼管における水撃実験で得られた水撃波形を調べる。
2. ライニング鋼管における水撃圧の伝播速度を調べる。
3. ライニング鋼管における水撃圧第一波最大圧力を調べる。

2、水撃圧とは何か

管路が水が高速で流れている場合にバルブを急激に閉めると、水流が持っている大きな速度水頭は圧力水頭に急変換されるが、このとき水の圧縮性を無視できない場合がある。このとき、バルブ部で生じた圧縮波は、縦波（疎密波）として管路の上流に向かって伝播し、上流の管路入り口で負の圧縮波として反射されてくる。この反射波は、バルブで正の圧縮波としてまた上流に向かって反射されるという現象を繰り返す。この現象を水撃作用（Water Hammer）と呼び、圧力上昇を水撃圧と呼ぶ。水撃圧が大きいと管が変形したり、場合によっては破裂し危険となる。

$$\Delta H = \frac{a}{g} \cdot \Delta v \quad (\text{ジェーコフスキーの公式})$$

上式はジェーコフスキーの公式と呼ばれ最大水撃圧与える式である。

$$a = \sqrt{\frac{\frac{K}{\rho}}{1 + \left(\frac{K}{E}\right) \cdot \left(\frac{D}{e}\right) \cdot (1 - \mu^2)}} \quad (\text{理論式による伝播速度})$$

度 a)

3、実験方法、実験装置概略図

- 1 下部水槽から電動ポンプで水を上部タンクに汲み上げる。その際、上部タンクの水位を一定に保たせるため、オーバーフローさせておく。
- 2 オーバーフローしていることを確認し、すべてのバルブを全開に開き、下部水槽に流出させる。
- 3 下流側についている手動弁で流量を調節し流速を測定する。流速は単位時間あたりの流速をメスシリンダーで量り、計算する。
- 4 流速測定後、実験装置につながれた記憶装置が正しく作動することを確認し、電磁弁を急激に閉鎖して水撃圧を発生させる。

水撃圧実験装置

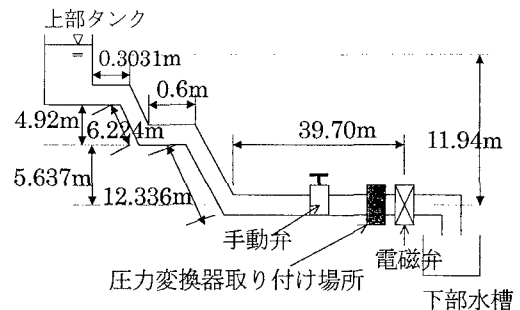


図 1

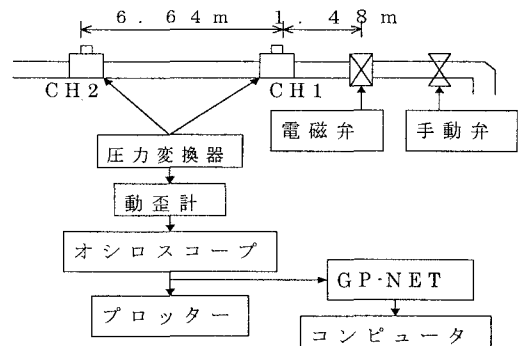


図 2

実験管路全体図

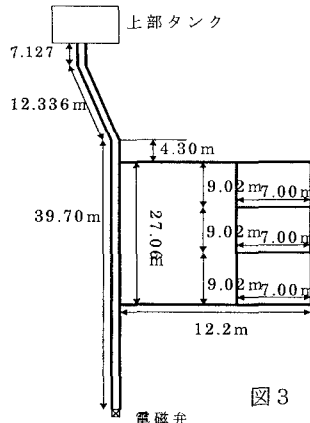


図 3

4、実験結果および考察

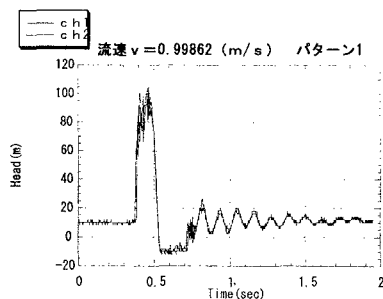


図 4

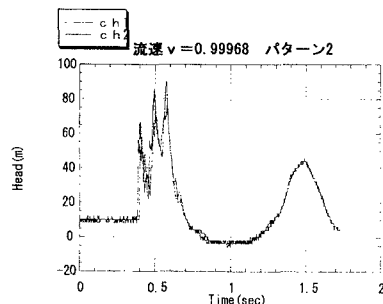


図 5

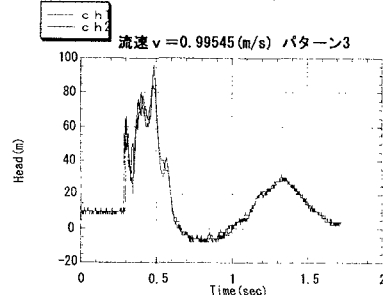


図 6

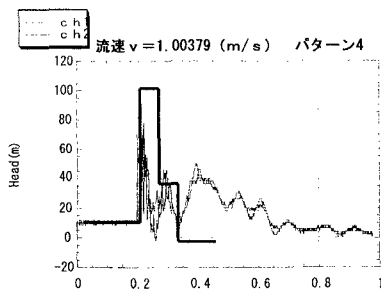


図 7

理論波形モデル図と実験波形の組み合わせ

5、結論

1. パターン4、パターン5、パターン6の水撃圧波形の水撃圧第一波目の圧力は一気に下がらず、圧力を一定時間保ってからそこから再び圧力が下がる。圧力の特徴は第一波目の立ち上がりで最大圧力まで到達し短いパターン（パターン1）の正圧部の時間だけ最大圧力を維持し、そこから $-\Delta H$ +静水圧（12m）だけ圧力が下がる。そこから長いパターンの正圧部の時間まで圧力を維持する。そこから圧力はまた下がりここまでの第一波目の正圧部の時間となる。
2. パターン4以降の実験波形から正確な正圧部の時間が読み取れないため、パターン1からパターン3の理論波形モデル図の組み合わせを考えた。実験波形と理論波形モデル図を重ね合わせ比較してみると、うまく重ね合うことがわかることから理論波形モデル図から正圧部の時間、伝播速度の検討が可能であると考えられる。
3. 各パターン（1～7）の水撃圧第一波最大圧力についてジェーコフスキーの式により導かれた値（理論値）と実験結果の値（実験値）を比較すると理論値と実験値ともにほぼ同じ値を示している。理論値と多少の誤差の見られるパターン4からパターン7について考えられることはパイプネットワークのパターンが複雑になり水撃圧の衝突によって減衰が発生していると考えられる。