

II-31

流速の変化における水撃波の波形形状についての研究

東北学院大学 学生会員 ○久保 慎一郎

東北学院大学 正会員 河野 幸夫

1. はじめに

上部タンクから下部水槽に水を自然流下させている管路内に電磁弁を設置しその弁を急閉鎖することにより水撃圧を発生させ、それによりえられたデータをもとに以下の項目について検討する。

まず、鋳鉄管のみと、ダクタイル鉄管の各々の場合における伝播速度を比較検討しその2つの管においての各々の流速における水撃の実験波形および理論波形を伝播速度の観点においての比較・検討。

2. 実験方法および実験装置

下部水槽の水を電動ポンプで上部タンクにくみ上げる。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。すべてのバルブを全開に開き水を下部水槽に流出させ、流速を測定する。流速測定後、電磁弁を閉鎖して水撃圧を発生させる。一連の作業を各流速ごとに行う。

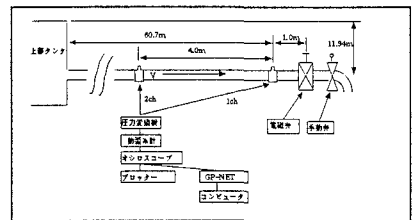


図-1 水撃実験装置図

2.1 伝播速度の比較における実験結果および考察

伝播速度算出方法としては、1CHと2CHでの圧力の上がりはじめの時間の差を Δt とした。

1CHと2CH設置部分間の距離は4.0（m）であるから、

$$a = \frac{4(m)}{\Delta t(\text{sec})}$$

理論式による伝播速度の計算

鋳鉄管の場合

$$a = \sqrt{\frac{\frac{K}{P}}{1 + \left(\frac{K}{E}\right) \cdot \left(\frac{D}{e}\right) \cdot (1 - \mu)}} = \sqrt{\frac{\frac{2.07 \times 10^8}{101.937}}{1 + \left(\frac{2.07 \times 10^8}{2.0 \times 10^{10}}\right) \cdot \left(\frac{5.3 \times 10^{-2}}{3.9 \times 10^{-3}}\right) \cdot (1 - 0.3^2)}} = 1342.291 \quad (\text{m/sec})$$

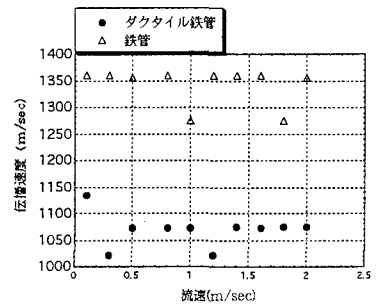


図-2 伝播速度の比較

また、実験結果からダクタイル鉄管内の圧力の伝播速度は、鋳鉄管の伝播速度より遅れが見られたため、内側の塩化ビニル管の弾性係数が伝播速度に作用しているものと考えられる。

今回この実験結果において、鋳鉄管のみのパイプラインにおける伝播速度 1342.291(m/sec)とダクタイルの場合 1068.643（m/sec）とでは、塩化ビニル管が内部に入っている管内を伝わる圧力の伝播速度に約 300(m/sec)のおくれがでていることがわかった。また、理論式から求められた値に鉄管の伝播速度はほぼ一致するためダクタイル鉄管の理論値にも遅れがあると考えられる。鋳鉄管と塩化ビニル管の弾性係数Eに大きな差がある。それは塩化ビニルは鋳鉄管

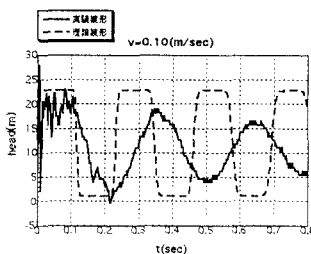
の内側であるため値がごく微小に伝播速度に作用しているものと考えられる。

3.2 ダクタイト鉄管における水撃波の実験波形および理論波形の実験結果および考察 実験波形・理論波形の比較

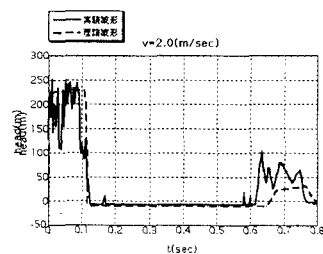
伝播速度の算出方法

圧力が急激に上昇し始めるまでの時間を負圧に移行する時までの時間から差し引いた微小時間を Δt とすると、

$$\text{伝播速度 } a = \frac{2L(m)}{\Delta t(sec)}$$



a



b

L: 1ch からタンクまでの距離=60.7 (m) 伝播速度の理論値は、鑄鉄管の伝播速度の理論値と実験値がほぼ同じ値であったためダクタイト鉄管においてもほぼ同じ値であるとおもわれるため実験で求められた伝播速度を理論値として適用した。 $a=1068.643$ (m/sec)

図-3.4においてダクタイト鉄管を sb とする。第一波正圧部の伝播速度の比較については、実験値において、流速が遅い段階で伝播速度に遅れが見られ流速が早くなると、徐々に理論値に近づく最終的に理論の値に収束していく

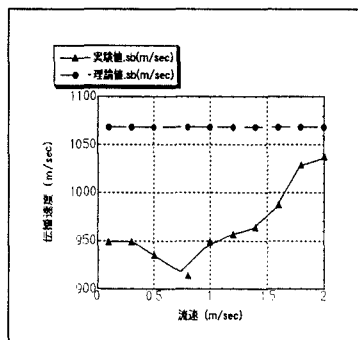


図-3 第一波正圧部

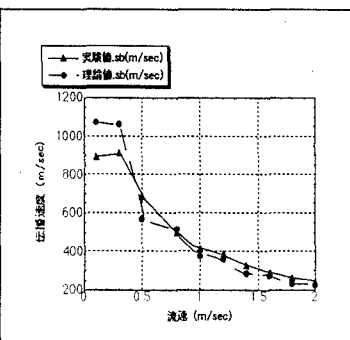


図-4 第一波負圧部

ものとおもわれる。それは、この項のはじめに載せた理論波形と実験波形の比較図を見ても流速が高くなるにしたがって、図 a・b のように徐々に実験波形が、理論波形に近い形になってくるところからも収束していると考えられる。次に、負圧部伝播速度の実験波形、理論波形の比較においては流速が低い値で理論値より実験値の伝播速度に遅れが見られた。それは、正圧部の波形が負圧部に反映しているためであると考えられる。

4. 結論

今回、本研究で鑄鉄管とダクタイト鉄管において、それぞれの管路内における水撃圧の伝播速度には、約 300 (m/sec) の違いがあることがわかった。また伝播速度の遅れによって、ジェーコフスキーの式により最大水撃圧、負圧部最低圧力の値が鑄鉄管にくらべ小さくなる。このことから、鑄鉄管に対してのダクタイト鉄管の特性として、同じ流速で水撃圧を起こしたとすると、ダクタイト鉄管のほうが圧力の変動を少ない範囲で抑えることができるため鑄鉄管に比べ強度が増すと考えられる。