

パイプネットワークにおける通水経路変化時の 流速測定と発生水撃圧について

東北学院大学 工学部 学生会員 太田 孝宣

正会員 河野 幸夫

1. 目的

日々利用している水道水は、ダムから複数のパイプネットワークを通じ供給されているが水道水供給経路であるパイプネットワーク(網の目のように張り巡らされた水の管路)は、構造が複雑になるほど、水が滞留してしまう管路や、常に流速が高い管路の発生が増し、腐食や摩擦による管路の破壊原因となる。また、水道で、ある程度高い流速を保って水を流している時に、バルブを急激に閉鎖するなどという流れを急激に止める時に発生する圧力を水撃圧と呼ばれる、これは管路の破壊原因となるので、本研究目的はパイプネットワークにおいて通水経路が変化したときの流速〔 $V=0.5(\text{m/s})$ と $V=1.0(\text{m/s})$ 〕と水撃圧についての作用の仕方を明らかにすることである。

2. 実験装置図・実験手順

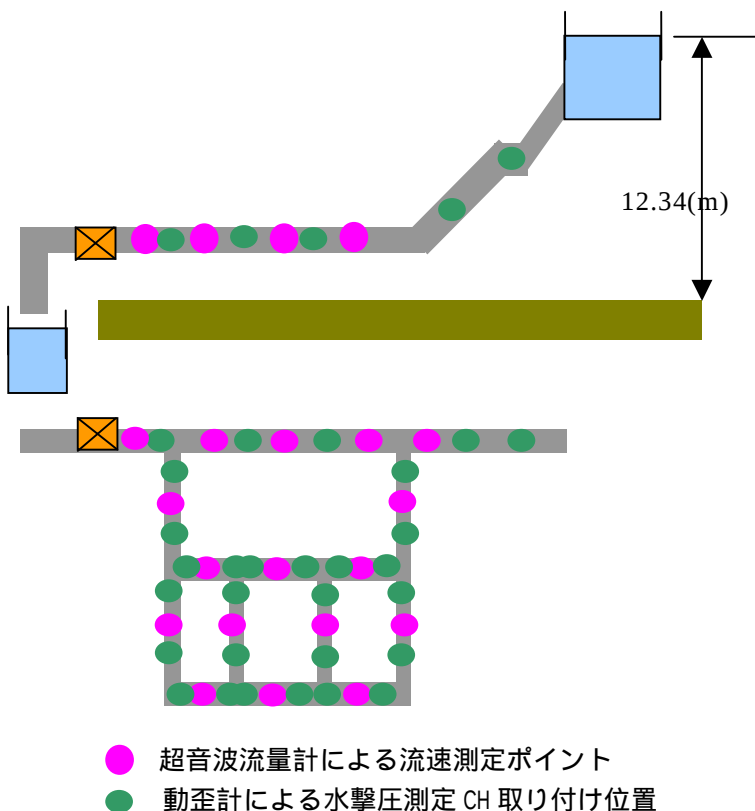


図2 実験装置図(上面)

- (1) 鋼管のネットワークワーク内それぞれの継ぎ手部分に組み込まれてある手動バルブを開閉する事により、所定の通水経路を形成する。
- (2) 動歪計と延長コードを取り付けその先に圧力変換機を取り付ける。動歪計の電源を入れ設定を行う。(図3)
- (3) 上部水槽の水位を一定に保たせるためオーバーフローさせ、オーバーフローを確認したら遮断弁・全てのバルブを全開に開き下部水槽の方向に水を通水する。
- (4) 圧力変換機取り付け位置にあるカプラーを開ける。
- (5) 流速が安定したら下流側に組み込まれている手動バルブで流速を調節し、手動計測を行い流速を測定する。2回測定を行い基準となる流速である事を確認する。
- (7) 超音波流量計を用い、流速測定ポイントの流速を測定する。(図4)
- (8) 流速が決定したら、動歪計の外部スイッチ入力待ちのボタンを弁のスイッチより僅かに早く押す。また、閉鎖した弁はスグに開けてはならない。スグに開けた場合、その振動も測定されてしまう。グラフを保存し、カレイダグラフを用いて水撃圧の解析を行う



図3 動歪計の写真

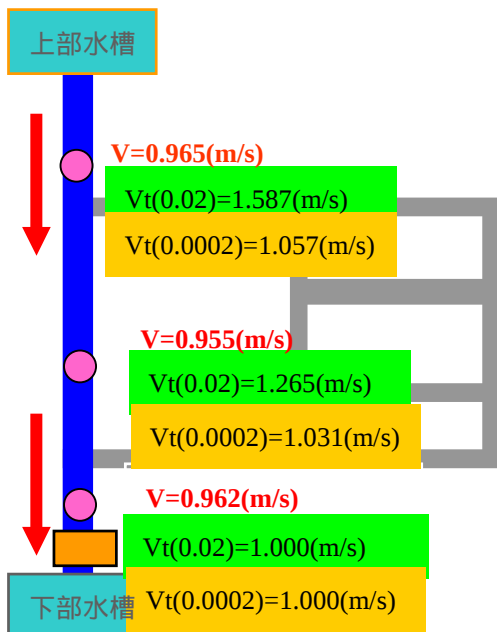


図4 超音波流量計の写真

3. 実験結果

3-1 流速実験結果と理論と比較検討

流速測定実験結果と流速の理論値と比較し、検討する。下図は、直列管路(S-1)の流速 1.0(m/s)での実験値と流速理論とを比較した実験例である。



上から実験値、摩擦損失 $f=0.02$ 、 $f=0.0002$ となっており、実験値は流速がおおよそ手動計測の測定結果で流れているが、 $f=0.02$ の理論値を用いると上流部では約 1.6 倍の流速になり、徐々に下部水槽に近づくにつれ減衰されていて摩擦損失係数が大きい事が原因だと考えられる。

次にベルヌーイの式を元に図表化して理論値と実験値を比較した。

理論値のベルヌーイの図

	$h_{L6} = 1.180(\text{m})$	$h_{L3} = 1.220(\text{m})$	$h_{L1} = 1.207(\text{m})$
上部	$\frac{v_6^2}{2g} = 0.108(\text{m})$	$\frac{v_3^2}{2g} = 0.066(\text{m})$	$\frac{v_1^2}{2g} = 0.081(\text{m})$
水槽	$\frac{p_6}{\rho} = 10.7117(\text{m})$	$\frac{p_3}{\rho} = 10.7117(\text{m})$	$\frac{p_1}{\rho} = 10.7117(\text{m})$

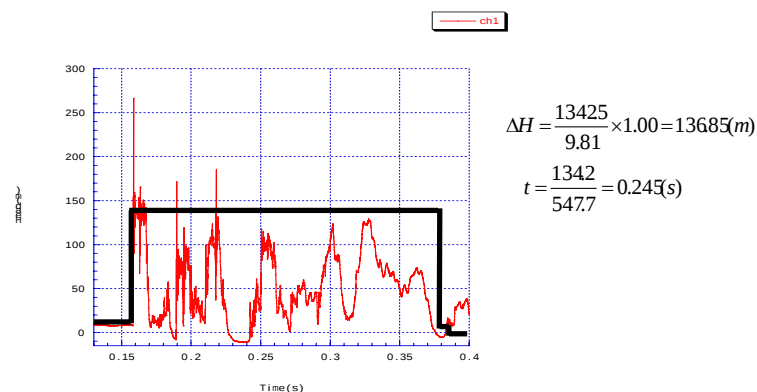
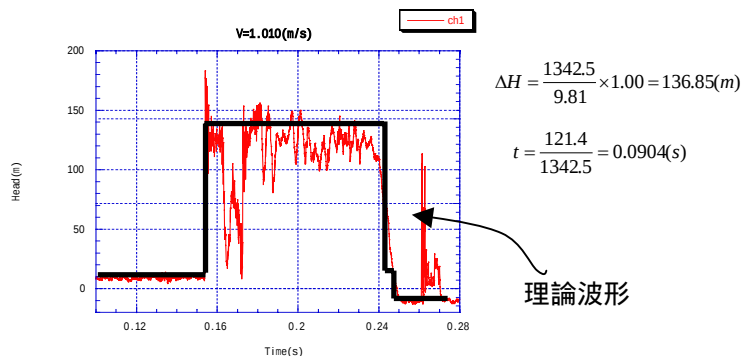
実験結果のベルヌーイの図

	$h_{L6} = 0.096(\text{m})$	$h_{L3} = 0.097(\text{m})$	$h_{L1} = 0.098(\text{m})$
下部	$\frac{v_6^2}{2g} = 0.047(\text{m})$	$\frac{v_3^2}{2g} = 0.046(\text{m})$	$\frac{v_1^2}{2g} = 0.047(\text{m})$
水槽	$\frac{p_6}{\rho} = 11.555(\text{m})$	$\frac{p_3}{\rho} = 11.555(\text{m})$	$\frac{p_1}{\rho} = 11.555(\text{m})$

図5 ベルヌーイの図表

3-2 水撃圧測定実験結果と理論と比較検討

下図のグラフは、直列管路(S-1)、 $V = 1.010(\text{m/s})$ と単管小回り管路(S-2)、 $V=0.998(\text{m/s})$ での ch1 の第一波正圧部立ち上がり部分の水撃圧のグラフある。理論の水撃圧のグラフを破線で重ねて比較した。直列管路(S-1)は圧力上昇最中に大きく圧力が落ち込む箇所が見られる。単管小回り管路(S-2)は正圧部潜在時間が直列管路に比べ短く波形に山と谷が多いことが分かる。



4. 結論

流速測定について単管路において実験値と摩擦を考慮（摩擦損失係数 $f=0.02$ を用いた）した理論値を比較した結果、本研究装置は $f=0.02$ よりも低い摩擦損失であることがわかった。また、摩擦損失係数を $f=0.0002$ を用いた結果、流速の実験結果と理論値が近い値になることが分かった。また、ベルヌーイの図より実験結果には損失水頭があまり見られず、上部水槽から圧力がかかっているためだといえる。水撃圧測定について直列管路(S-1)を基本として、曲がりを持つ単管小回り管路(S-2)の水撃圧特性変化を調べた結果、正圧部潜在時間が短く水撃波と直進波が複数の反射波とお互いに干渉いあうため圧力が減衰したり強くなっていることが分かった。