

Ⅱ－9

逆止弁による水撃圧の発生と水撃圧の抑止についての研究

東北学院大学 工学部 学生会員 ○松野 翔

東北学院大学 工学部 正会員 河野 幸夫

1、研究目的

高層ビルにおいて、屋上などの高い位置にあるタンクに水を送っている時、ポンプが急停止（停電時、人為的ミスでポンプが急停止した時）や満水時ポンプを停止させる時に、それまでポンプで送った水が急激にポンプに流れ込まないように止める為逆止弁を設置する必要がある。しかし、逆止弁で水の流れを止める事によって水撃作用が起きる。この水撃作用で起こった水撃圧を水撃抑止弁で抑止することが本研究の目的である。

2、水撃圧とは何か

管路を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。このとき、バルブ部で生じた圧縮波は、縦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。

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

上式はジェイコフスキーの公式と呼ばれ最大水撃圧を与える式である。

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

3、実験方法と実験装置概略図

3-1 実験方法

1) 圧力変換機を Ch1～Ch6 の各部分に

動歪計につなげ、下部水槽から電動ポンプで水を上部水槽に汲み上げる。

2) No.1、No.2 の超音波流量計で流速を測定

する。測定の手順としては水中ポンプ停止前60秒から10秒ごとに水中ポンプ停止前10秒まで、そして、水中ポンプ停止前後3秒、停止後10秒ごとに30秒の流速を測定する。

3) 水中ポンプを停止する。

4) 圧力変換機で動歪計に送られてくる圧力データ AD.Flow で波形にし考察する。

3-2 実験装置図

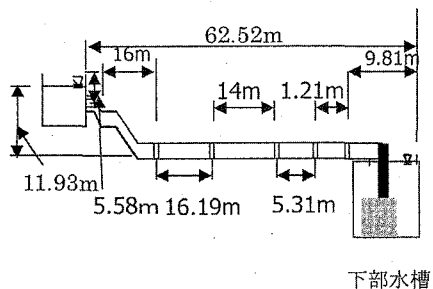


図1 圧力変換機の位置と全体図

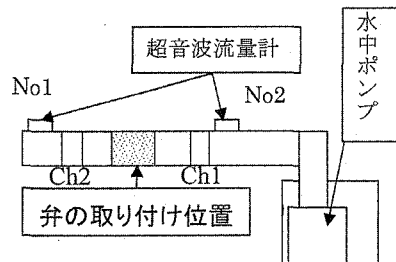


図2 下部水槽側の詳細図

4、改良型水撃抑止弁について

○圧力損失の少ない液体用ダクタイル鋳鉄スイング形衝撃吸収式逆止弁である。

○弁閉止時の水撃発生を軽減する機能がある。

○液体の脈動を軽減するサイレンサーとしての機能がある。

○本体は接液部を含んだ全体をエポキシ粉体塗装としてあり上水にも使用可。

5、実験結果

改良型水撃抑止弁との比較のため弁が1ドア
何も改良されていない逆止弁波形

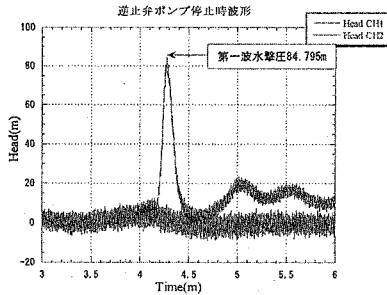


図3 シングル式逆止弁ポンプ停止時波形

表1は0秒でポンプが停止されていて上部から水が
流れ込み No1 が正の値になる。No2 は水が逆止弁
により止り 0 となる。

超音波流量計 No.1 No.2

3	-1.322	3	-1.363
0	-1.342	0	-1.343
3	0.619	3	0.058
10	0.066	10	0.07
20	0.048	20	0

表1 図3の実験による3~20秒間の流速変化

図4は改良型水撃抑止弁の波形でシングル式逆止弁
よりエラストックチューブにより水撃圧が抑
えられている。

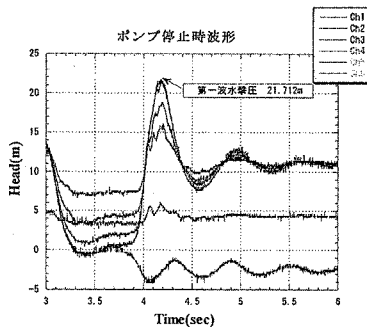


図4 改良型水撃抑止弁ポンプ停止時波形

表2は0秒でポンプが停止されていて流速はシン
グル式逆止弁と同じ流速変化となった。

超音波流量計 No.1 No.2

3	-1.101	3	-1.09
0	-1.109	0	-1.102
3	0.148	3	0.023
10	0.026	10	0.024
20	0.023	20	0

表2 図4の実験による3~20秒間の流速変化

図4はジェイコフスキーの公式と特性曲線法使っ
て出した水撃抑止弁の理論波形である。

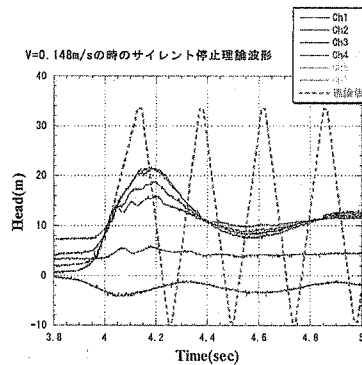


図4 水撃抑止弁ポンプ停止時理論波形

6、結果

水撃抑止弁は、逆止弁と比べ水撃波形が緩やかな波形
になり、シングル逆止弁と水撃抑止弁の水撃圧の差が
第一波・63.083mとなった。水撃抑止弁は合成ゴムで
作られたエラストックチューブが中に内蔵されてお
り、エラストックチューブの弾性より急激な圧力波
を抑える役割をしていると考えられる。

参考文献：梶原滋美：新版 ポンプとその使用法、笹
原 敬史：安全弁の技術 TOZN 資料