

316 排水ポンプ用逆流防止弁の動特性

Dynamic characteristic of a check valve for drain pumps

○学 大石 聖史 (室蘭工大・院)
 正 溝端 一秀 (室蘭工大)
 学 佐々木悠二 (室蘭工大・院)
 三輪 俊夫 (荏原製作所)

正 杉山 弘 (室蘭工大)
 正 大谷 清伸 (室蘭工大・院)
 武者 裕之 (荏原製作所)

Takashi OHISHI, Muroran Institute of Technology, Mizumoto 27-1, Muroran, Hokkaido

Hiromu SUGIYAMA, Muroran Institute of Technology

Kiyonobu OHTANI, Muroran Institute of Technology

Hiroyuki MUSYA, Ebara Manufacturing Company Limited

Kazuhide MIZOBATA, Muroran Institute of Technology

Yuji SASAKI, Muroran Institute of Technology

Toshio MIWA, Ebara Manufacturing Company Limited

Check valves are mainly used in drainage systems of riversides. Their function is to check the reverse flow of water in the drain pipes. When check valves close, large shock force arises on the drain pipes and check valves, and at that time, water column separation and water-hammer phenomenon occurs near the check valves. As the result of these phenomena, the facilities are damaged. In order to investigate the impact force when the check valve suddenly closes, the impact pressure and impact acceleration measurements are made, and the flow near the check valve are visualized by a high speed video camera.

Key Words : Check valve, Drainage, Impact acceleration, Water column separation

1. はじめに

逆流防止弁は、河川における排水機場やポンプ場内の排水管の末端部で用いられる機器であり、排水管内の流れが逆流し始めるのと同時に閉鎖し、排水管内の逆流現象を防止するという重要な役割を担うものである。流れが遮断され、逆流防止弁が急閉鎖する際に生じる衝撃力や流れの特性に関する研究は極めて少なく、逆流防止弁の動特性については不明の点が多い。

本研究では、逆流防止弁の急閉鎖時の衝撃を緩和するための手段を見出すことを目的とし、排水管内の流れを遮断し、逆流防止弁を急閉鎖させた際の弁の挙動や動特性、周囲の流れの特性などについて実験的に調べる。

2. 実験装置と実験方法

Fig.1 に排水ポンプ用逆流防止弁実験装置の概略を示す。上流タンクと下流タンクを長さ 2420mm、内径 100mm の排水管を模擬した円管でつなぎ、排水管末端部に逆流防止弁を取り付けた。流れ方向は上流タンクから下流タンクであり、Fig.1 に示すように最初水は循環している。上流タンクから下流タンクに向かう流れを正流、下流タンクから上流タンクに向かう流れを逆流と呼ぶことにする。

Fig.1 及び Fig.2 に示すような測定機器を用いて排水管内の流れの諸量を測定する。排水管中央部には正流方向と逆流方向の全圧、静圧を測定するためにピトー管を取り付ける。

また、逆流防止弁付近の圧力変動を測定するために、逆流防止弁直前に圧力変換器を設置する。逆流防止弁が急閉鎖した際に生じる衝撃加速度を測定するために、逆流防止弁と下流タンクに加速度計①、②を取り付けた(Fig.2)。逆流防止弁の動きをポテンションメータで捉えた。

実験方法は次ようである。まず、流量調整弁により排水管内を循環する水の流量を一定にする。排水管内の流れが定常に保たれた後、流入遮断弁⑧(fig.1)を急閉し、真空開放弁①を開ける。上流タンク内を負圧にすることで排水管内の流れを逆流させ、これにより、逆流防止弁⑤は急閉鎖する。このときの排水管内の流れは正流方向から逆流方向へ急速に変化し、管内の圧力も急激に変化する。そこで、逆流防止弁が急閉鎖する際の排水管内の流れの全圧をピト

一管③により測定し、同時に、逆流防止弁付近の管内壁面圧力、逆流防止弁及び下流タンクの衝撃加速度を Fig.2 に示す加速度計①、②により測定した。また、このときの逆流防止弁の挙動、及び周囲の流れの様子を高速度ビデオカメラにより測定した。

3. 実験結果と考察

3.1 排水管内の流れ方向と圧力変動

Fig.3 は、逆流防止弁を急閉鎖させた際の排水管内の流れの全圧、その他の諸量の時間的変化を表している。このときの初期流速は 0.75m/sec である。

Fig.3 の排水管中央部(ピトー管設置位置)における全圧変化に注目すると、定常的に流れているときには上流側に向

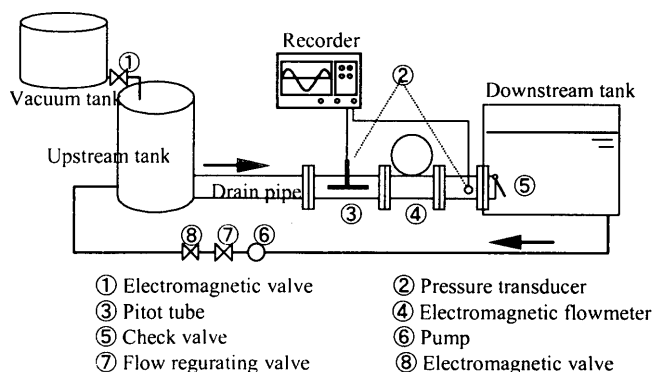


Fig.1 Experimental apparatus

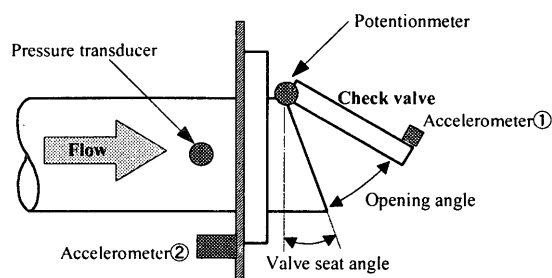


Fig.2 Schematic diagram of the check valve

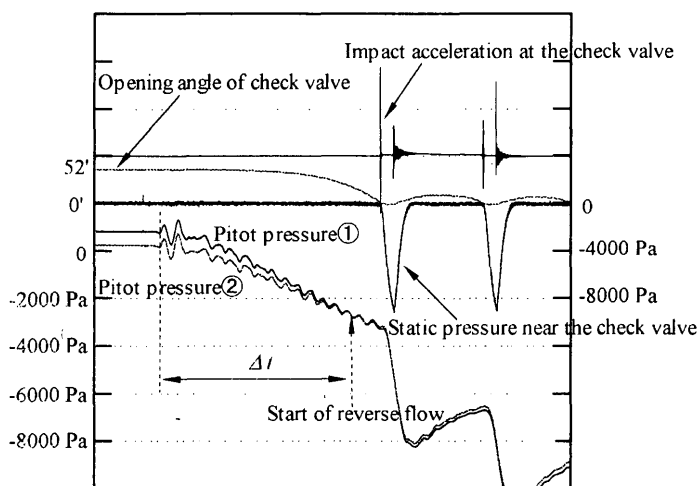


Fig.3 Time variation of the flow quantities at sudden closure of the check valve

けられたピトー管の全圧のほうが大きくなっている。また、流入遮断弁閉鎖と同時に真空開放弁を開けることで、上流タンク側が負圧となり、排水管内の流れは逆流する。逆流が発生すると、下流側に向けられたピトー管の圧力のほうが上流側に向けられたその圧力より大きくなる。

遮断電磁弁を閉めてから排水管内の流れが逆流するまでの時間を dt 、初期流速を dv として、 dv/dt (流速の減速率)をパラメータとして、以後、実験結果をまとめていく。

3.2 衝撃加速度

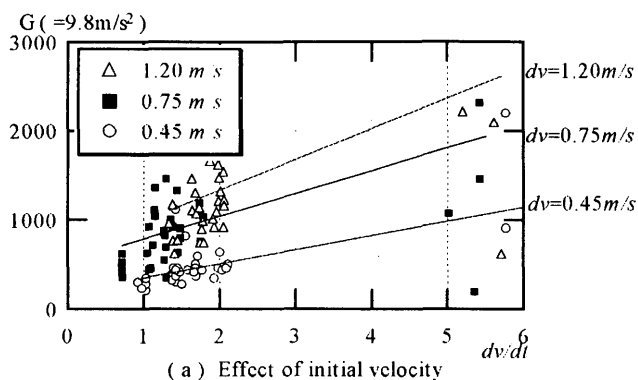
Fig.3 に示す逆流防止弁での衝撃加速度に注目すると、逆流防止弁が1回閉じごとに2つの衝撃加速度がステップ状に現れていることがわかる。これに関しては以下のように考えることができる。まず、排水管内の逆流によって逆流防止弁が閉じ、排水管末端部に衝突する。このときに発生するのが1つ目の衝撃加速度である。次に、逆流防止弁が閉じた後も、排水管内は逆流を起こそうとしているため、逆流防止弁の裏面付近では圧力が急激に低下し水中分離を引き起こす。それが再結合した際に発生したのが2つ目の衝撃加速度である。

Fig.4 は、逆流防止弁が排水管末端部に衝突した際に発生する最大衝撃加速度(Fig.2の Accelerometer①)に及ぼす初期流速、逆流防止弁に取り付けたおもり、弁座角の影響を示したものである。(a)は初期流速の影響、(b)は取り付けたおもりの影響、(c)は排水管末端部の弁座角の影響を示す。縦軸は加速度 G ($1G=9.8m/s^2$)、横軸は dv/dt である。

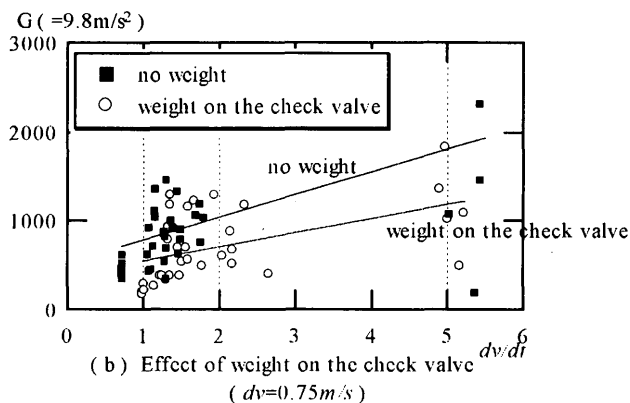
Fig.4(a)より、定常状態での流速 dv が大きい場合ほど最大衝撃加速度は大きくなっている。また dv/dt が大きい場合ほど最大衝撃加速度が大きくなっている。すなわち、逆流防止弁の開き角が大きく、弁が閉鎖するまでの所要時間が短い場合ほど最大衝撃加速度は大きいと考えられる。

Fig.4(b)より、逆流防止におもりをつけた場合に発生する最大衝撃加速度は、おもりをつけない場合比べ、小さい値を示していることがわかる。また、 dv/dt に対する変化の割合も小さい。

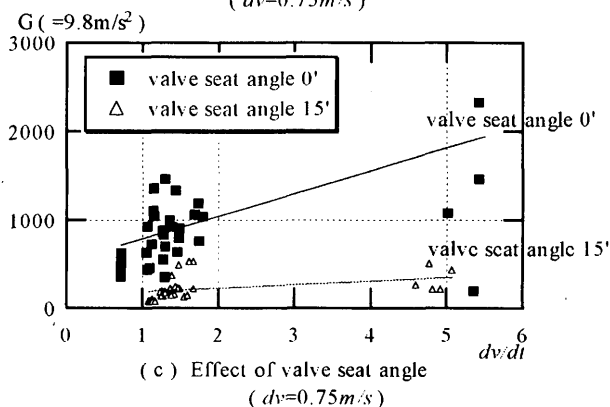
Fig.4(c)より、排水管末端部に角度をつけた場合に発生する最大衝撃加速度は、角度をつけない場合に比べ非常に小さい値を示している。また、 dv/dt に対する変化もあまり見られない。これは、排水管末端部に角度がついたことで逆流防止弁との開き角が小さくなったために、最大衝撃加速度が小さくなったものと考えられる。



(a) Effect of initial velocity



(b) Effect of weight on the check valve ($dv=0.75m/s$)



(c) Effect of valve seat angle ($dv=0.75m/s$)

Fig.4 Impact acceleration of the check valve at sudden closure of the check valve

4. まとめ

本実験では、排水ポンプ用逆流防止弁の急閉鎖時における動特性について調べるため、排水ポンプ用逆流防止弁作動装置を用いて、排水管内の圧力、逆流防止弁の衝撃加速度、逆流防止弁付近の流れの様子について調べた。

本実験結果から、逆流防止弁が急閉鎖する際に二つの衝撃加速度が発生しており、1つ目は逆流防止弁が排水管末端部に衝突する際、2つ目は逆流防止弁の裏面付近での水中分離、再結合によるものだと推察される。

逆流防止弁の急閉鎖に伴う衝撃加速度は、以下の場合、

- (i) dv/dt が小さい場合
 - (ii) 逆流防止弁におもりをつけた場合
 - (iii) 排水管末端部に角度をつけた場合
- において、小さくなることがわかった。

参考文献

- (1) 宮本、良、石川、藤原、逆止め弁のスラミング、エバラ時報、No.128(1984.4)、p64-68