

507 排水ポンプ用逆流防止弁の動特性

Dynamic characteristics of a check valve for drain pumps

○学 佐々木 悠二 (室工大・院)
 正 溝端 一秀 (室工大)
 大石 聖史 (室蘭市役所)
 武者 裕之 (荏原製作所)

正 杉山 弘 (室工大)
 正 大谷 清伸 (室工大・院)
 三輪 俊夫 (荏原製作所)
 大川 祐也 (荏原製作所)

Yuji SASAKI, Hiromu SUGIYAMA, Kazuhide MIZOBATA, Kiyonobu OHTANI
 Takashi OHISHI, Toshio MIWA, Hiroyuki MUSHA, and Hironari OHKAWA

Abstract

We investigated experimentally the dynamic characteristics of a check valve used in drainages. The function of the check valve is to check the reverse flow in the drain pipes when the drain pumps accidentally stop. When the check valve closes suddenly, large impact force arises on the drain pipes and check valves, and then water column separation occurs near the check valves and water-hammer phenomenon occurs in the drain pipes. To find the methods for reducing impact forces, we investigated the flow phenomena around the check valve; impact acceleration of check valve and downstream tank, pressure variation and movement of the check valve.

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

1. 緒言

本研究で取り扱う逆流防止弁は、河川の支流と本流の合流点に設置される排水機場や、低湿地などに設置されるポンプ場の排水管吐出口に取り付けられており、排水管内の逆流を防ぐという重要な役割を担っている。逆流防止弁は、通常時は、ゆっくりと閉鎖するが、停電などの不測の事態等によってポンプが急停止した際には、急閉鎖する。この時、弁体、弁座部、配管継ぎ手などの損傷につながる衝撃が発生する。このような逆流防止弁急閉鎖時の衝撃発生メカニズムや逆流防止弁の挙動に関する研究は少なく⁽¹⁾、⁽²⁾、不明点が多い。

そこで、本研究では、逆流防止弁が急閉鎖する際の衝撃を、緩和・抑制するための手段を見出すことを目的とし、弁急閉鎖時の弁体と周辺の水流の挙動・様相を実験的に調べる。

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。上流側タンクと下流側タンクを、長さ 2440mm、内径 100mm の排水管でつなぎ、排水管末端部の吐出口には逆流防止弁が取り付けられている。実験装置内の水の流れ方向は、図中の矢印に示す方向であり、水は循環して流れており、排水管内の流速は、電磁流量計^②によって求めた。逆流防止弁が閉鎖した際の排水管内の圧力変動を測定するために、上流タンク直後^①と、弁直前^③、^④に圧力変換器を設置した。Fig.2 に、逆流防止弁が取り付けられている部分の概要を示す。逆流防止弁が急閉鎖する際に生じる衝撃加速度を測定するために、弁体と下流タンクに加速計^(a)、^(b)を取り付けた。逆流防止弁の開き角は、ポテンシオメータによって測定した。

実験方法は次の通りである。まず、流量調整弁^⑤により、実験装置内を循環する水の流速を一定にする。流速が一定になった後、流入遮断弁^⑥を閉じ、同時に真空開放弁^①を開く。これにより、上流側タンク内が負圧になり、排水管内の流れは減速し、その後、逆流を始める。この逆流によって、逆流防止弁は急閉鎖する。この際の、排水管内の

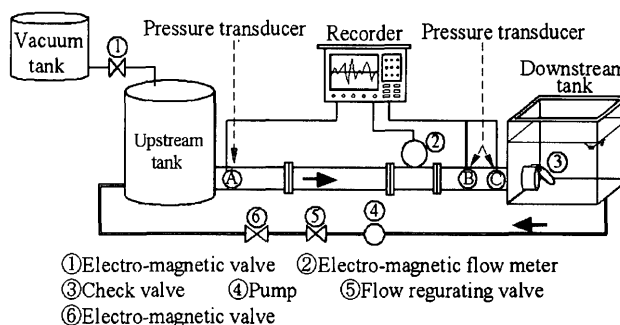


Fig.1 Experimental apparatus

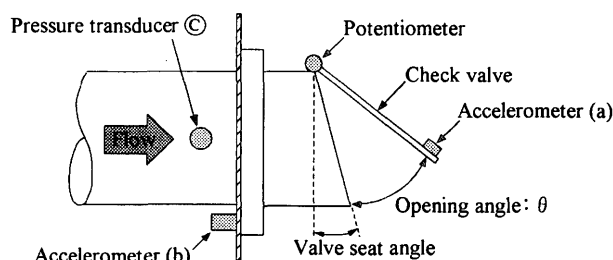


Fig.2 Schematic diagram near the check valve

圧力変動や、弁体と下流タンクに生じる衝撃加速度を、圧力変換器^(A)、^(B)、^(C)、及び加速度計^(a)、^(b)で測定する。また、弁体が閉鎖の様子を高速度ビデオカメラで撮影する。

3. 実験結果と考察

3.1 逆流防止弁急閉鎖時の排水管内の流速の時間変化

Fig.3 に、逆流防止弁が急閉鎖する際の排水管内の流速の時間変化を示す。流入遮断弁を閉じ真空開放弁を開くと、流速は減少していき、その後逆流する。逆流防止弁は、この逆流により閉鎖する。ここで、流入遮断弁を閉じた後、排水管内の流速はほぼ直線的に減少しているため、逆流防止弁が閉じる前の定常流れ時の流速を v 、流速がゼロになるまでに要した時間を Δt とすると、 $v/\Delta t = dv/dt$ とする

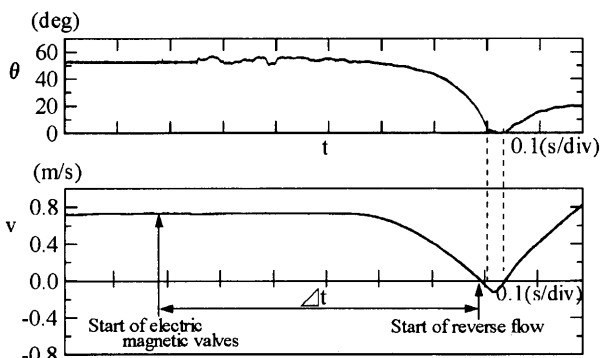


Fig.3 Time variation of the flow velocity in the drain pipe

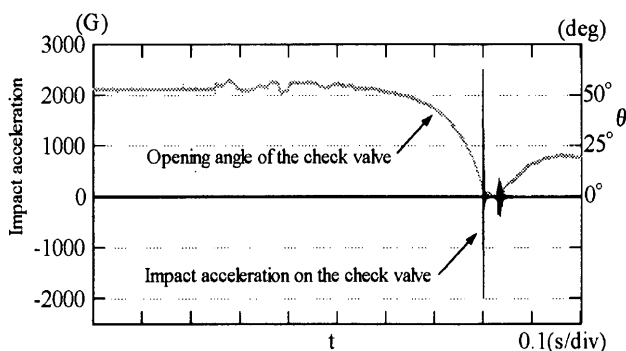


Fig.4 Time variation of the impact acceleration of the check valve

ことができる。 dv/dt は逆流防止弁が急閉鎖する際の流速の全体的減少率を表している。この dv/dt を用いて、発生する衝撃加速度の特性を調べることとする。

3.2 逆流防止弁急閉鎖時に生じる衝撃加速度

Fig.4 に、逆流防止弁が急閉鎖した際に加速度計(a)で測定された弁体に生じる衝撃加速度と、弁の開き角の時間変化を示す。衝撃加速度の発生メカニズムは、次のように考えられる。まず、排水管内の逆流現象により逆流防止弁が急閉鎖し、弁体と弁座が衝突する。この際に、1つ目の加速度がピーク値となって発生する。次に、逆流防止弁が閉じた後、排水管内の流れは慣性により逆流しようとするために、逆流防止弁付近には急激な圧力低下が起こり、水柱分離が生じる。この水柱分離が再結合する際に2つ目の加速度が発生する。

Fig.5 は、逆流防止弁が急閉鎖した際に弁体に生じる衝撃加速度の最大値を示したものである。衝撃加速度に及ぼす通常の場合(○印)、弁の重量を増した場合(△印)、15°の弁座角を付けた場合(□印)の影響を示したものである。図の縦軸は最大衝撃加速度であり、重力加速度 $G(=9.8m/s^2)$ の倍数で表す。横軸は流速の減衰率 dv/dt である。この図より、通常の場合より、弁の重量を増した場合や、弁座角を付けた場合には、衝撃加速度が大幅に低減していることがわかる。これは、弁体の重量を増したり、弁座に角度をつけることによって正流すなわち定常流れ時の弁座に対する弁体の相対的開き角が小さくなり、閉まり運動の加速距離が短くなって弁体と弁座との衝突速度が低減するためと考えられる。

3.3 逆流防止弁急閉鎖時の排水管内の圧力の時間変化

Fig.6 に排水管壁に取り付けた圧力変換器◎で測定した、逆流防止弁急閉鎖時の排水管内の圧力の時間変化を示す。図の縦軸は排水管内のゲージ圧 $P(kPa)$ 、横軸は時間 $t(s)$ である。実験条件は、定常時の流速が $0.72(m/s)$ 、流速の減衰率 $dv/dt=2.39(m/s^2)$ の場合である。この時、圧力は

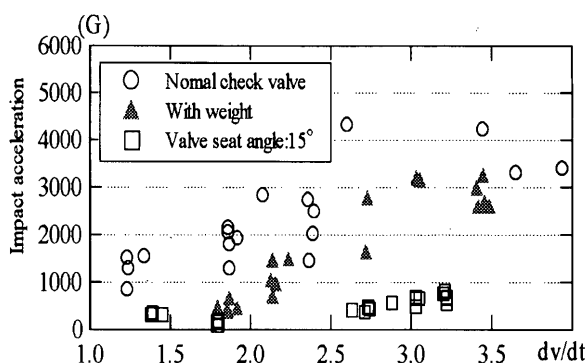


Fig.5 Effect of the weight of the check valve and valve seat angle on the impact acceleration

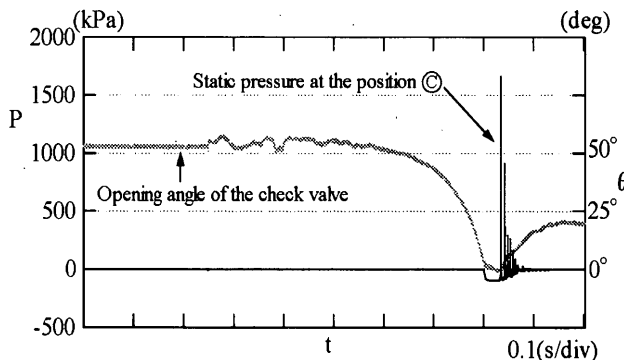


Fig.6 Time variation of the static pressure in the drain pipe

約100(kPa)まで低下した。この圧力低下により、水柱分離が発生し、それが再結合した際に、その後の急激な圧力上昇を引き起こし、衝撃加速度の発生につながっていると考えられる。これより、弁閉鎖後の圧力低下を抑えることで、水柱分離を軽減し、再結合の際に発生する衝撃が緩和できると考えられる。

4. 結言

本研究では、逆流防止弁が急閉鎖する際の衝撃を、緩和・抑制するための手段を見出すために、排水機場を模擬した実験装置を用いて、逆流防止弁が急閉鎖する際の、排水管内圧力変動、弁体に生じる衝撃加速度、及び弁座近傍の壁面に生ずる衝撃加速度を実験的に調べた。また、弁座付近の排水管内流れの様相を高速度ビデオにより撮影した。

その結果、以下のことが明らかとなった。

- (1)逆流防止弁が急閉鎖する際に、2つのピーク値を持った衝撃加速度が発生するが、その1つ目は弁体と弁座の衝突により生じたもの、2つ目は水柱分離の再結合により生じたものと考えられる。
- (2)弁体と弁座部の衝突により発生する衝撃は、弁体の重量を増すことや、弁座に角度をつけることにより、緩和・抑制することができる。
- (3)水柱分離・再結合により生じる衝撃を緩和するためには、逆流防止弁急閉鎖時の急激な圧力低下を抑えることが有効であると考えられる。

参考文献

- (1)大石・杉山・溝端・大谷・佐々木・武者・三輪、日本機械学会北海道支部第40回講演概要集 No.002-1(2000年)、p126-127.
- (2)宮本・良・石川・藤原、エバラ時報 No.128 逆止め弁のスラミング(1967.8)、p64-68.