

◇ 特集：「災害に強いバルブ」「特殊なバルブ」◇

プランジャー構造の制御弁

掛川 光彦*

1. はじめに

制御弁と呼ばれるバルブには、多々の種類があり、さまざまな構造を持つものがある。

流体が水用での制御弁としては、バタフライ弁や玉形弁、スリーブ弁、コーン弁等が多く用いられている。

今回は水用の制御弁として、特殊なプランジャー構造を持つ制御弁として、プランジャーバルブを紹介する。

2. 構造

写真1は外観全景を示す。バルブ本体はダクタイル鋳鉄に内外面エポキシ樹脂紛体塗装を施している。内部主要部は、防錆対策としてステンレス鋼やステンレス鋳物等で部品を構成している。バルブ本体は大きく3分割としステンレスボルトにて締結する構造としている。

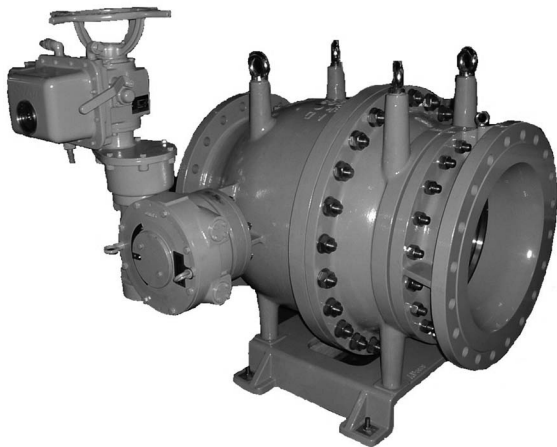


写真1 プランジャーバルブ外観全景

弁体を駆動する弁棒は水平横軸式とし、パートターンの電動アクチュエータで90度開閉させることにより、全開—全閉動作を行う。

* 榊清水合金製作所

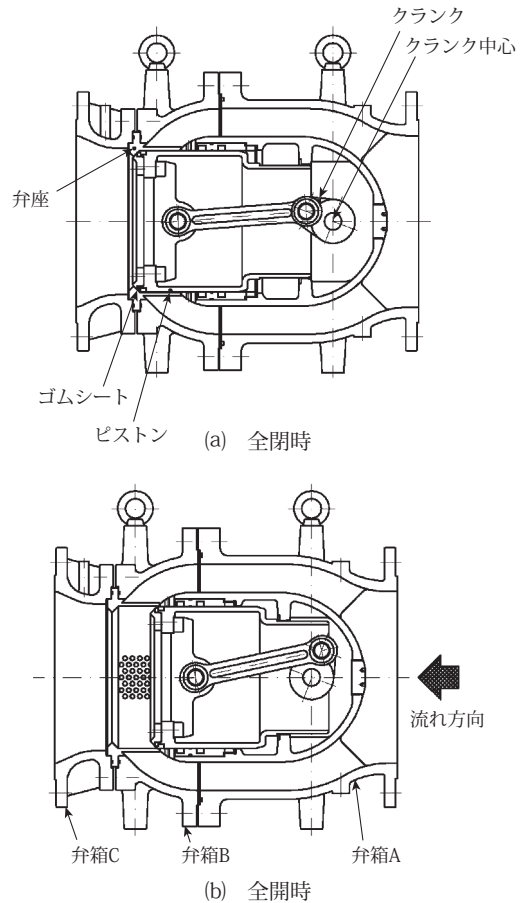


図1 プランジャーバルブ構造図

図1および写真2にて内部構造を説明する。

バルブの中心部には砲弾のような丸い形状が構成される。流体はその廻りを通過する。そのため、バルブ通過時に流体（水）はドーナツ状の形態をとることとなり、下流側となる弁座部を通過すると、管中心部方向に集中するような流れとなる。

バルブ本体の中央(砲弾形状の中)には、ピストン、クランクを内蔵する。クランク中心軸は弁棒に直結されており、アクチュエータにて90度回転させることにより、ピストンは水平移動する。ピストンは弁体として前端にゴムシートを設けてあり、弁座に押

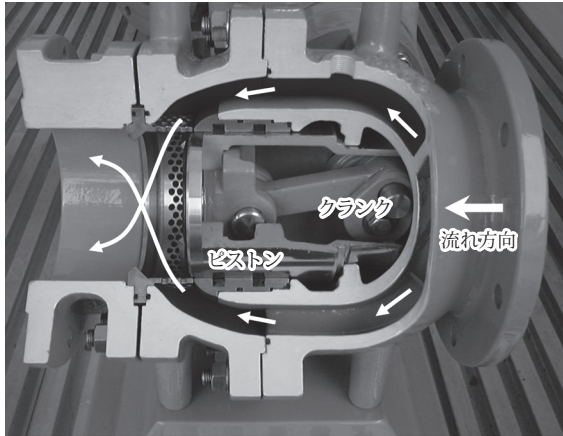


写真2 内部構造（全開時）

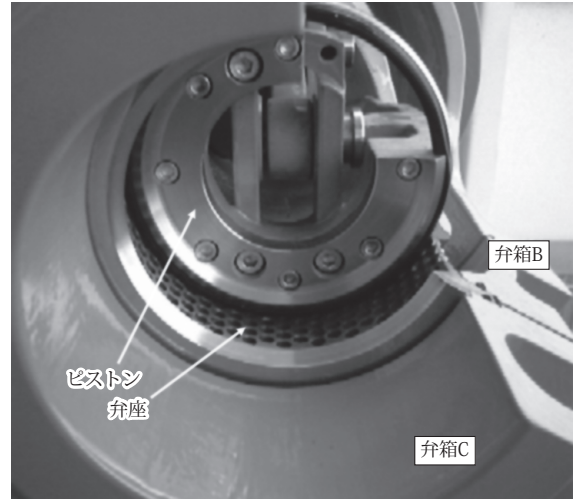


写真4 下流側からの弁構造（全開時）

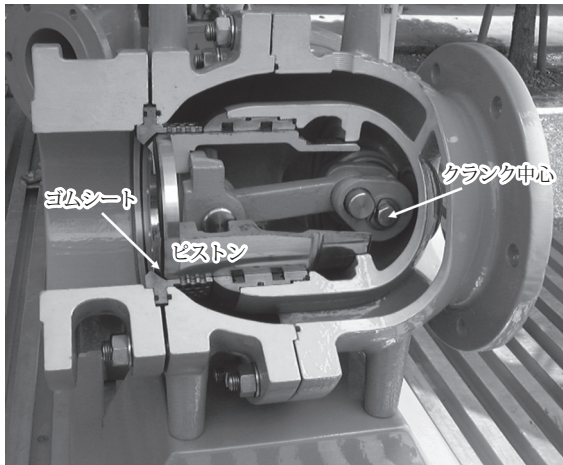


写真3 内部構造（全閉時）

圧することにより全閉し止水する。全閉状態を写真3に示す。

弁座は、弁箱Bと弁箱Cに挟んで取り付けられ、制御特性に合わせ形状の異なる弁座に容易に交換が可能な構造としている。

バルブ下流側から見た状態を、写真4に示す。弁座（タイプL）は、全周に孔を設けた多孔構造としてエネルギーを分散し、全周から管中心部方向に流体が流れることになる。

3. 特徴

3-1 リニア特性

制御弁で重要となる、流量特性においてプランジャーバルブでは、図2に示す通り仕切弁やバタフライ弁と異なり、ほぼリニアに近い特性を有する。このことにより各制御において、全域で優れた制御性

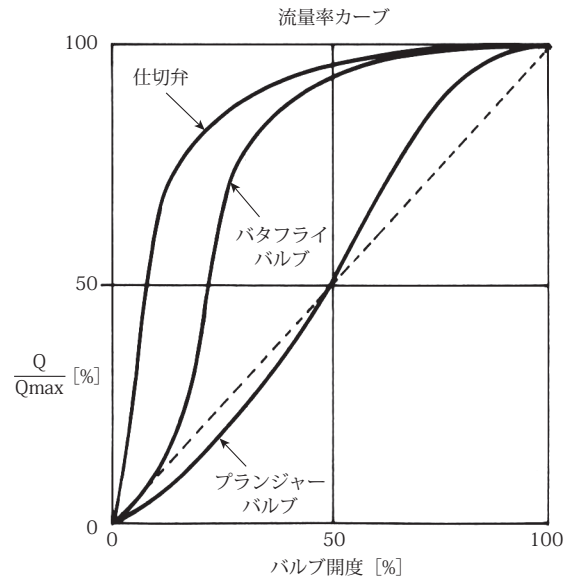


図2 流量率カーブ

を持つことができる。

3-2 クランク機構による弁の開閉速度

図3はクランクの回転に伴うピストンの動作イメージを示す。

制御時、クランクの回転は通常パートターンの電動アクチュエータ（90度開閉）で行う。通常用いる電動アクチュエータの回転速度は一定速となる。その際のピストンの水平移動は、クランクの角度毎に水平移動距離が変化することより、全閉に近づくほど小さくなる。このことにより、駆動軸の回転速度が一定でも、ピストンの動作速度は閉に近づくほど

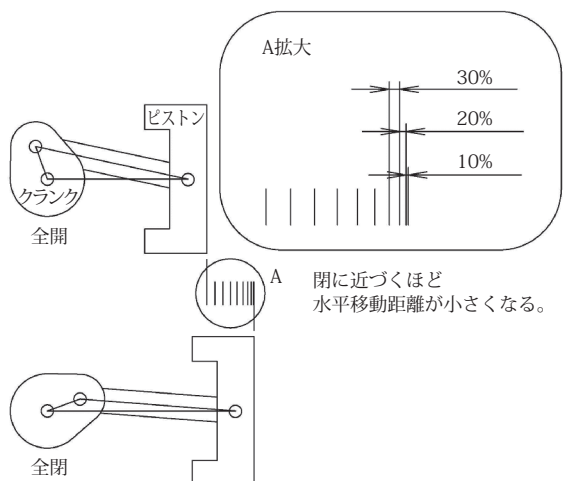


図3 クランク回転に伴うピストン動作イメージ

遅くなり、制御が特に困難となる締切間際の制御特性が向上する。また、流体の遮断時に問題となる、ウォーターハンマー現象もこの作動特性により緩和される。

3-3 容量変更ができる弁座構造

写真5は複数の種類の弁座タイプの例を示す。弁座タイプを変更することにより、バルブのCv値（容量係数）を可変させることができる。通常、バルブ（汎用的なバルブも含め）のCv値は各バルブの構造、呼び径で各々固有の数値を持ち、また固定のものとなる。水道での制御弁の運用においては、長年に渡り稼働させる必要があるが、水道の水需要環境は人口の増減や地域の開発状況等により大きく変化する。また、設計段階と将来計画で需要予想が大きく異なるようなことが多々ある。通常、水道に用いる制御弁は流量、圧力（一次圧、二次圧）等によって、適性なCv値を有するバルブを選定する。この運用条件が選定バルブのCv値範囲内での変化であれば問題

ないが、範囲を超える変化の場合、制御弁の呼び径変更や弁種の変更等、バルブの交換を余儀なくされる。そういった場合にプランジャーバルブであれば、この弁座構造によって、タイプの異なる弁座への変更のみで、Cv値を大きく変えることができ、広いレンジの条件にまでバルブ本体は交換せずに適用することが可能となる。

3-4 キャビテーション特性、全閉時の止水性
差圧が大きい運転時に必要となる、高い耐キャビテーション特性を持ちます（図4参照 弁座タイプおよび開度により異なる）。

また、制御弁では全閉時に少量の漏れが発生する

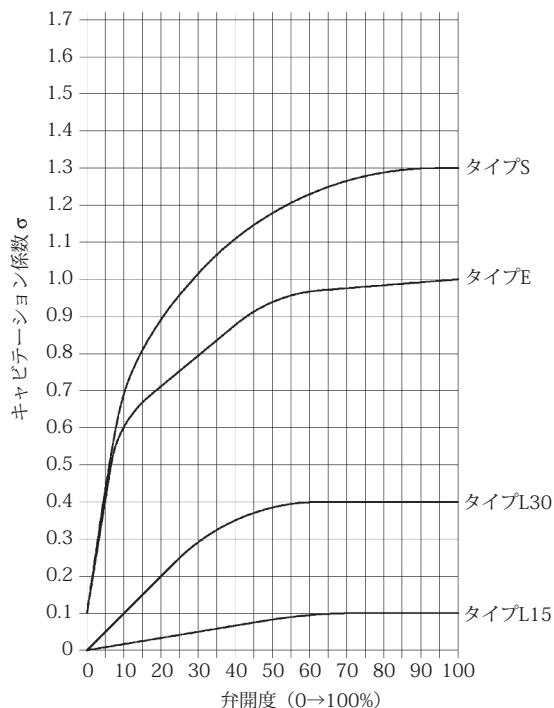


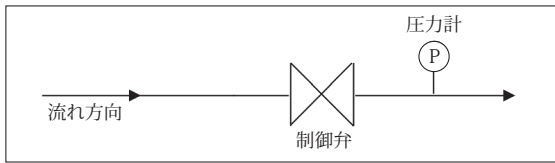
図4 プランジャーバルブキャビテーション特性カーブ



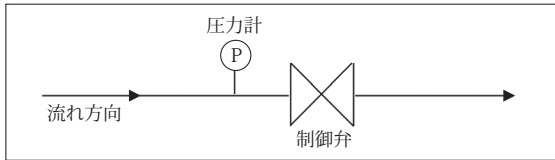
写真5 弁座タイプの例

圧力制御

①二次圧一定制御

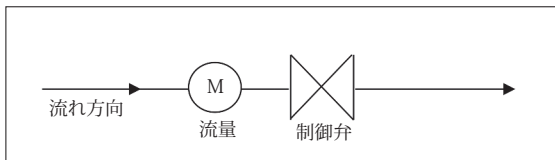


②一次圧一定制御



流量制御

流量一定制御



水位制御

水位一定制御 (配水池などの水位を一定にする)

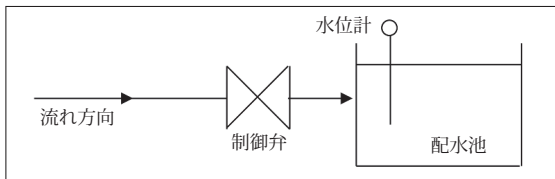


図5 使用用途例

ものもあるが、このバルブはゴムシートにて全閉時に完全止水することが可能である。

3-5 耐久性に優れる

バルブの動作はねじ機構等を用いず回転動作のため、耐久性に優れる。バルブの作動構造も内燃機のクランク・ピストン構造同様の形態をもつことや、差圧に対してバルブを動作させるトルクが小さく済むこと等により、連続での運転に対しても高耐久性を持ち合わせる。

4. 使用用途例 (概要を図5に示す)

4-1 圧力制御

二次圧一定制御 (減圧弁) として使用する場合、二次側圧力伝送器の信号をフィードバック制御させ、圧力を一定制御します。通常、無停電電源装置 (UPS) を具備した制御装置と組み合わせて運用をす

る。流量計の信号を取り込み、流量に応じた圧力の変換制御 (推定末端圧一定制御) や一次圧力一定制御等にも使用する。

4-2 流量制御

流量計からの流量信号をフィードバック制御にて流量を一定制御する。タイマー等を併用し昼間、夜間での設定流量の変更可変や、遠方からの設定流量の変更を行うなどの運用も可能である。

4-3 水位制御

配水池の流入等、池の水位制御に用いる。水位接点信号を受け弁をON-OFF動作で開閉させる場合や、水位をアナログ信号で制御装置に入力させ、水位高さが常に一定になるようなフィードバック制御を行う。

4-4 緊急遮断弁

完全止水が可能な点より、通常時は制御弁として運用し、地震時等に緊急遮断弁として用いる。

4-5 その他

前記の4-1～4-4を複数組み合わせた制御や、特に精度を求める制御等での運用時に本バルブを適用して運転している。

また、電動アクチュエータを用いず、手動アクチュエータ (ウォーム減速機) を取り付けて、圧力条件の厳しい箇所での減勢弁として (開度を任意固定にて) 運用することもある。

5. おわりに

水道の施設での機器は長期間の運用を求められることが多くある。長期間安定的に運用するには制御性の良さ、長期のキャビテーションに対する強靱さの他、耐久性の高い構造等が求められる。本バルブはそれらの性能に加え、運用条件の変化に容量係数の変更等で対応できる融通性を持ち合わせている。

制御弁は、汎用のバルブと異なり適所に適正な選定をしての運用が肝要となる。運用を検討される場合は、メーカーデータ、資料等と将来計画も含めた運用条件を精査して、選定を行っていただきたいと考える。

水道事業でも、LCC (ライフサイクルコスト) が課題とされる中、プランジャーバルブが、ライフサイクルの長い施設構築の一助になれば幸いである。