

金属弁座偏心プラグ弁の開発

Development of Metal Seat Eccentric Plug Valve

北見友貴* 桑原 隆* 丸田康平*

Tomoki Kitami Takashi Kuwahara Kohei Maruta

バルブの止水方式はゴム弁座が主流であるが、経年劣化により修理や更新が必要となる。このため、高耐久化によるバルブの長寿命化を実現する方法の確立が課題となっている。そこで、この課題を解決すべく当社独自の多重偏心技術を適用した金属弁座の偏心プラグ弁を開発した。また、性能評価試験によりこの偏心プラグ弁が浄水場などで使用されているロート弁に代替できる性能を有することが明らかとなったので報告する。

The rubber valve seat is the mainstream for the water stop system of the valve, but repair and renewal are required due to aging degradation. Therefore, it is a problem to establish a method for achieving a long life of a valve by high durability. In order to solve this problem, our company has developed an eccentric plug valve with a metal seat using its unique multiple eccentricity technology. In addition, we report it because the performance evaluation test shows that this eccentric plug valve has the ability to replace the Roto-valve used in water purification plants.

1 はじめに

バルブの止水方式はゴム弁座が主流であるが、バルブの開閉操作によって生じる摩擦やゴムの経年劣化により修理や更新が必要となる。このため、耐久性に優れた金属弁座による長寿命化を実現した特殊なロート弁が一部の浄水場で採用されていた。しかしながら、このロート弁は優れたシール性にも対応するために、複雑な開閉機構を採用してメンテナンスが難しいという課題があった。

一般的に、同じ回転弁の一種であるバタフライ弁においては偏心構造の採用により開閉操作における弁座間の摺動を低減し、開閉に必要な力を低減するとともに、弁座の摩擦を軽減することができる。

この度フルボア形状でロート弁と同様に損失が少ないボール弁・プラグ弁形状のバルブに多重偏心技術を適用することで、金属弁座で耐久性・シール性に優れた偏心プラグ弁を開発したので、その特長および性能を報告する。

2 偏心構造

弁体回転して開閉するバルブ（回転弁）の構造には同心形と偏心形がある。偏心構造を採用するとシール性能が向上するとともに、開閉時における弁箱弁座と弁体弁座の摺動が低減されることによって耐久性が向上し、長寿命化を実現できる。ここで、同心形と偏心形によってどのような違いがあるかバタフライ弁を例としてそれぞれの特長をまとめる。

2.1 同心形、一次偏心形、二重偏心形

図1に示す通り、バタフライ弁の構造には、同心形、一次偏心形、二重偏心形があるが、同心形は、文字通り弁座と弁軸が配管とバルブの中心にある。一つ目の偏心は、弁軸中心軸に対して弁座の偏心（一次偏心）をいう。二つ目の偏心は配管中心軸に対して弁軸中心の偏心（二次偏心）をいう。一次偏心、二重偏心とも弁座面は円錐形状となる。

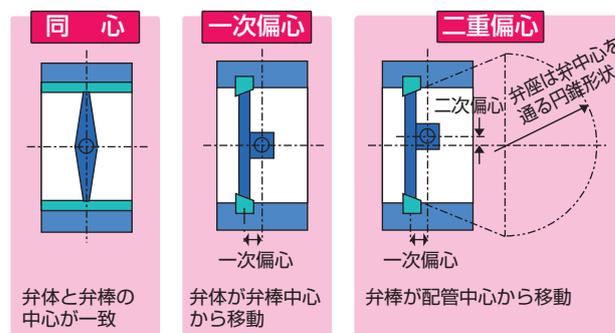


図1 同心形、一次偏心形、二重偏心形の説明

2.2 三重偏心形

図2に示す通り、三重偏心バタフライ弁の偏心構造は、二重偏心形に三つ目の偏心として配管中心軸に対して弁座面を形成する円錐の中心軸を傾けたものである（三次偏心）。三重偏心バタフライ弁は、3つの偏心から形成される弁座の組合せにより、弁座面同士の摺動を減らし、優れた漏れ性能を有するバタフライ弁である。三重偏心構造の場合、配管方向から弁座を形成している流路を見ると、その弁座形状は図2の通り楕円シールとなる。

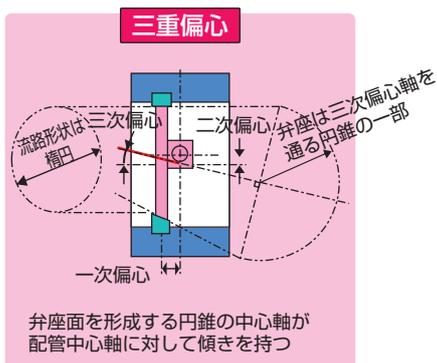


図2 三重偏心形



図3 三重偏心バタフライ弁

当社は三重偏心弁を1980年代から製作しており、適用流体は一般流体からガス流体あるいは低温から高温まで多岐にわたる。図3に示すような三重偏心形のメタルシートバタフライ弁の製作実績も存在し、本分野においては独自のノウハウを確立している。

本稿で紹介する偏心プラグ弁は、上記の三重偏心技術を発展させた偏心構造技術をボール弁に採用することで完成した全く新しい多重偏心構造弁である。

3 偏心プラグ弁の特長

偏心プラグ弁の外観を図4に示す。構造は図5に示すように弁箱、弁体、弁棒から構成されている。弁箱は弁箱(1)・弁箱(2)で分割する構造となっており、それぞれに弁箱弁座が取り付けられている。また、弁体はボール形状であり弁体弁座を有し、全閉時は弁箱弁座と接することでシール性能を発揮する。そして、弁体に弁棒が組込まれており、開閉装置と接続して弁体を開閉する。

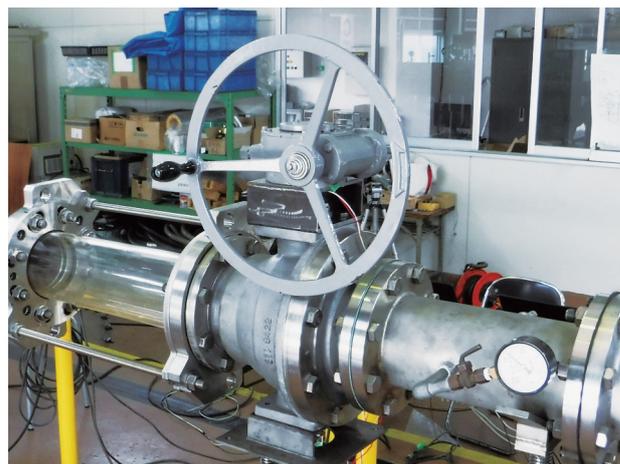


図4 偏心プラグ弁の外観

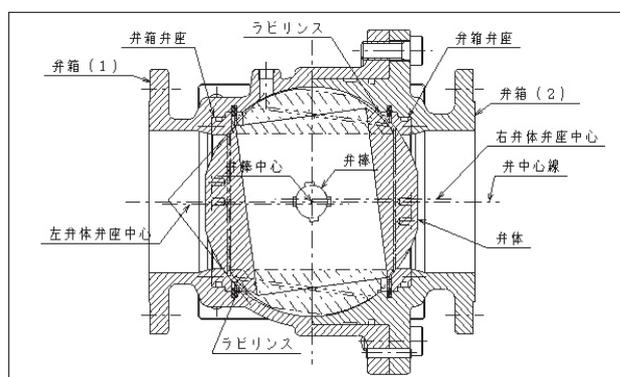


図5 偏心プラグ弁の構造

偏心プラグ弁は以下のような特長を有している。

1) 低摩耗弁座

弁箱弁座および弁体弁座は金属を採用しており、図6に弁体弁座の外観を示す。多重偏心構造により、全閉時以外は開閉操作中に弁箱弁座、弁体弁座同士が接触することはない。このため、弁座同士の摩擦がなくなり、弁座の摩耗を低減できるとともに、開閉するために必要な力を低減することができる。



図6 偏心プラグ弁の弁体弁座

2) フルボア形状の流路

図7のように、流路はバルブ入口、弁体開口部、出口が同じ断面積となるフルボア形状かつ真円形状となっており、一般的なロート弁と同様に損失が少ない構造である。



図7 流路のフルボア形状

3) 優れた流量調整性能

図5のように弁体外周には複数の溝を設け、寸開時における弁座部以外からの流水をラビリンス効果によって最小限に抑えることが可能な構造となっている。その結果、低開度において小さい流量を流すことが可能となり、一般的なボール弁と比較して優れた流量調整性能を有している。

さらに、中間開度における流量調整性能をより向上させるため、弁体内部にスリットを設けたタイプも開発したので図8に示す。



図8 スリットタイプの弁体

4) 優れたメンテナンス性

ロート弁は開閉時にプラグを上方に引上げ弁箱弁座から離してから回転させる必要がある。このため、複雑な開閉装置が必要となるとともに、構成する部品点数が多くなることからメンテナンス性に課題があったが、偏心プラグ弁は弁体を回転させて開閉させるシンプルな機構のため、開閉装置は汎用製品を使用することができる。また、バルブの構成部品点数が少なく分解・再組立などのメンテナンス性に優れている。

4 性能試験

4.1 弁座漏れ試験

4.1.1 試験目的と試験条件

偏心プラグ弁のシール性能を明らかにするため、以下の条件で漏れ試験を実施した。図9のように全閉状態において、流路の一方より水圧をかけ、弁座からの漏れ量を測定した。

供試弁：φ 150 偏心プラグ弁

試験設備：当社住吉工場 水圧試験機

試験圧力：1.0 MPa



図9 弁座漏れ試験

4.1.2 試験結果

当社金属弁座バタフライ弁（BT-M形）の一般的な許容漏れ量は 50 mL/min であるのに対し、偏心プラグ弁の漏れ量は 1.7 mL/min であり、高い止水性能を有していることを確認した。

4.2 実流試験

4.2.1 試験目的と試験条件

偏心プラグ弁の各開度における損失係数、許容キャビテーション係数を求め、バルブの基本特性データを取得するため試験を実施した。図10のように弁通水状態において各開度における流量と一次圧、二次圧を測定し、損失係数、許容キャビテーション係数を求めた。

供試弁：φ 150 偏心プラグ弁（スタンダードタイプ）

φ 150 偏心プラグ弁（スリットタイプ）

試験設備：当社住吉工場水理実験場



図10 実流試験状況

4.2.2 試験結果

1) 損失係数

実流試験による試験結果を図11に示す。図11は供試弁と一般的なロート弁の損失係数を比較したグラフである。偏心プラグ弁（スタンダードタイプ）の各開度における損失係数はロート弁の値と同等か下回っており、ロート弁よりも流量特性に優れていることが分かった。偏心プラグ弁（スリットタイプ）は偏心プラグ弁（スタンダードタイプ）やロート弁と比較し全閉から30%開度までは開度と損失係数の関係が緩やかになっており、流量調整性能に優れていることを確認した。

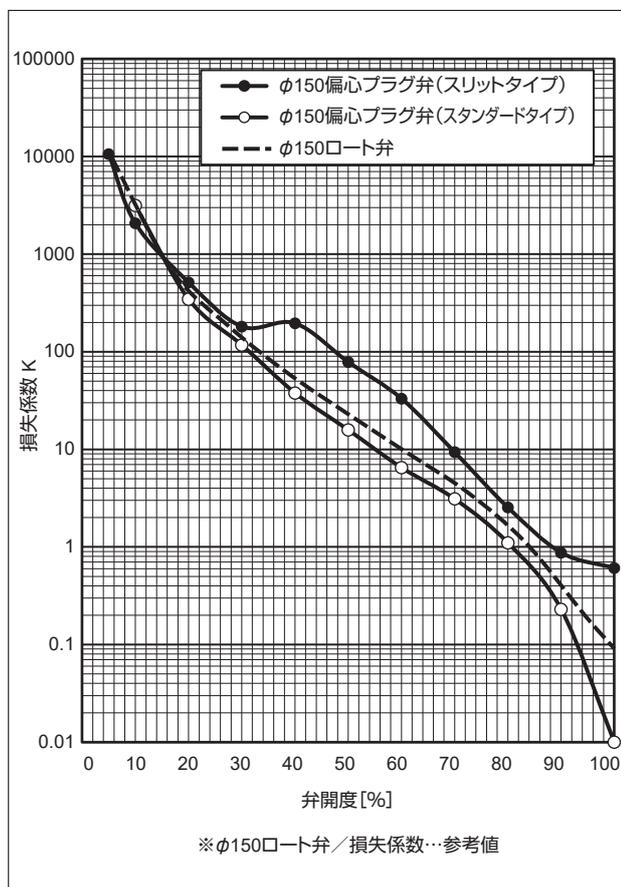


図11 バルブの損失係数

2) キャビテーション係数

図12は供試弁とロート弁、当社オリフィスバタフライ弁（BT-1Q）の許容キャビテーション係数を比較したグラフである。偏心プラグ弁（スタンダードタイプ）はロート弁と比較しキャビテーション抑制性能が同等以上であるという結果を得た。さらに、偏心プラグ弁（スリットタイプ）は偏心プラグ弁（スタンダードタイプ）と比較し、キャビテーション抑制性能が向上していることを確認した。

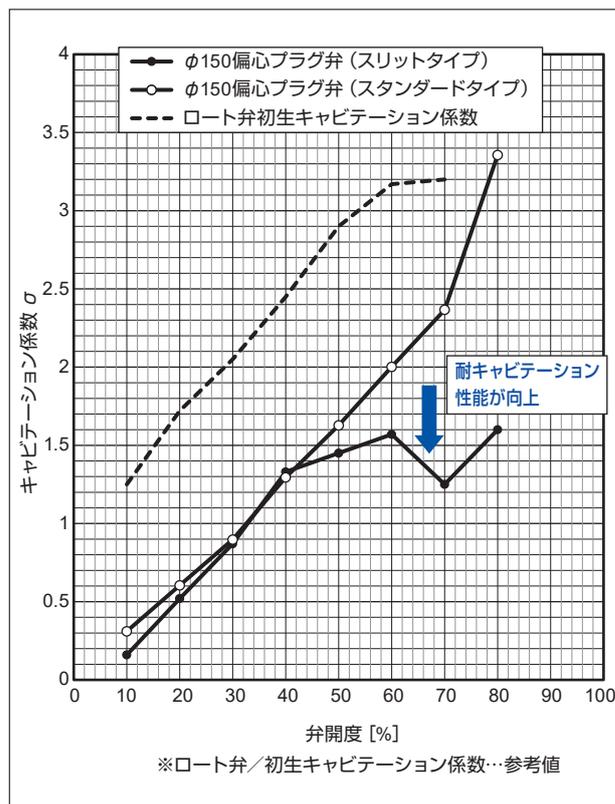


図12 各バルブのキャビテーション係数

5 まとめ

多重偏心構造をボール弁形状のバルブに適用することで、全閉時以外では弁座間が摺動せず、以下の性能を有する偏心プラグ弁を開発することに成功した。

- 1) 漏れ試験結果より、偏心プラグ弁の漏れ量は一般的な金属弁座バタフライ弁の許容漏れ量を下回り、優れたシール性能を有することが分かった。
- 2) 損失係数について、ロート弁と比較して偏心プラグ弁（スタンダードタイプ）は同等以上の性能を有していることが分かった。さらに流路にスリットを付加した偏心プラグ弁（スリットタイプ）は全閉から開度30%までは開度と損失係数の関係が緩やかに変化しており、制御しやすい特性を有していることが分かった。
- 3) 偏心プラグ弁はロート弁と比較してキャビテーション抑制性能に優れており、偏心プラグ弁はスリットタイプにすることでキャビテーション抑制性能がさらに向上することを確認した。

今後は、当社の偏心プラグ弁が低摩耗弁座、良好な流量特性によってライフサイクルコストの低減に貢献することを期待している。

執筆者：**北見友貴**

2018年入社

バルブ設計に従事

**桑原 隆**

1989年入社

バルブ設計に従事

**丸田康平**

2002年入社

バルブ設計に従事

