

水圧用ロータリー型サーボ弁の開発

鈴木健児*

Development of a Rotary-type Servo Valve for Water Hydraulics

Kenji SUZUKI*

This paper introduces a rotary type servo valve newly designed for water hydraulics. The prototype of the servo valve is a kind of four-way valve, and the port arrangement is according to the ISO 4401-02-01-0-05 and JIS B8355 (D-02-01-94). The servo valve was designed to control flow rate of 20 L/min under the rated pressure of 3.5 MPa. The disk type valve plate and the valve body has each the control conduit, and they compose a metering edge. The rotary valve plate which has the conduit hole to switch the ports is driven by small servo motor. The valve shaft and servo motor are connected by a disk-type joint. The control pressure is calculated by solving the simultaneous equation of the flow rate through the metering edge and the internal leakage through the narrow clearance between the valve plate and the valve body. Simulation and experimental results are compared for the static characteristics of the valve: (1) the control flow rate with no load, (2) the control flow rate with load, and (3) the internal leakage. Simulation and experimental results agreed well except for influence of the hysteresis that is not being considered in the mathematical model.

Key Words : Water hydraulics, Servo valve, Rotary valve, Static characteristics

1. はじめに

水圧駆動システムの構成要素は、油空圧機器と比較して一般に高価である。部品の高精度加工が必要であることや、水圧機器の部品はほとんどが難削材であるステンレス鋼であること、また市場規模が小さく量産効果が小さいことなどが、低コスト化を阻む要因となっている。したがって、水圧駆動技術の利点を活かすシステムの応用範囲の拡大のためには、その構成機器の低コスト化が重要である。そのため、従来の機器の延長線上にある構造ではなく、根本的な構造の簡略化を図る必要がある。

水圧アクチュエータを制御する制御弁として、水圧サーボ弁^{1,2)}や水圧比例弁^{3,4)}が研究開発されているが、実用に供されているものは構造が複雑で部品の高精度加工が必要であるため、高コストである。そこで筆者らは、円板形の弁板を小型のサーボモータで直接駆動する形式の、ロータリー型水圧サーボ弁を開発中である⁵⁾。この水圧サーボ弁では、小型の回転型サーボモータの回転角度によって流体の方向と流量を制御するような、直動形のロータリー型サーボ弁とした。本報では、弁の構造と静特性について紹介する。

2. 弁の構造

本研究で開発したロータリー型サーボ弁の外観を Fig. 1 に示す。寸法は、幅 64×奥行 40×高さ 110 mm である。この弁の形式は四方弁であり、弁の下面に

はピッチ円上に P, T, A, B の各ポートがある。ポート配置を、JIS B8355 の D-02-01-0-05 (ISO コード：4401-02-01-0-05) に準拠させるため、ポートアダプタを介してマニホールドへ取付ける構造とした。

四方弁形式の制御弁の部品を Fig. 2 に示す。円形の弁板は弁体によって挟みこまれており、弁板の上下面は弁体としゅう動している。弁板とその外側のハウジングの厚さは、平面研削盤によって高精度に加工できるため、すき間寸法の管理が容易である。

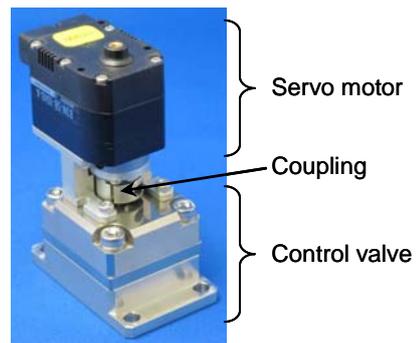


Fig. 1 Rotary servo valve for water hydraulics



Fig. 2 Parts of the rotary-type four-way valve

* 神奈川大学工学部機械工学科
(〒221-8686 神奈川県横浜市神奈川区六角橋 3-27-1)
(E-mail: suzuki@kanagawa-u.ac.jp)
* Kanagawa University

円板形の弁板形状と、弁本体にある4つのポートのピッチ円に沿った断面の概略図を Fig. 2 に示す。弁板と弁本体にはそれぞれ流路が形成されており、弁板が回転するとそれらが接続される。内部漏れ低減のため、弁は 1° だけオーバーラップとなっている。なお、弁板には上下面の圧力差を無くすための貫通穴がいくつか開けてある

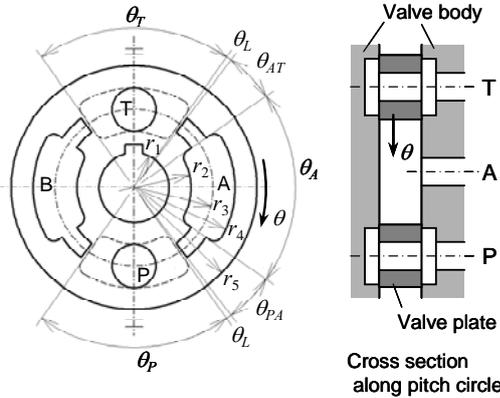


Fig. 3 Dimensions and cross section of the valve plate

3. 静特性

静特性の理論値計算のため、円板形の弁板と弁本体とのしゅう動部すき間の流れを、矩形流路として簡略的にモデル化した⁵⁾。流量係数は、後述する無負荷流量特性から算出した。

静特性実験において、供給圧力は筆者らが開発した水圧リリーフ弁⁶⁾によって 3.5 MPa に設定した。流量はすべてタービン式の流量計で測定した。流量の多寡によって、測定範囲の異なる2種類の流量計を切り替えて使用した。サーボモータへの角度指令はマイコン (Arduino Uno R3) によって行い、その指令角度に相当する電圧を測定した。

3.1 無負荷流量特性

弁の角度に対する無負荷流量の計算結果及び実験結果を、Fig. 4 に示す。流量係数の値は、 $\pm 10 \text{ deg}$ の範囲の実験値から求めた。弁の角度が大きくなると、線形性がやや失われる。これは、ロータリー弁内の流動抵抗が増加する構造によるものである。

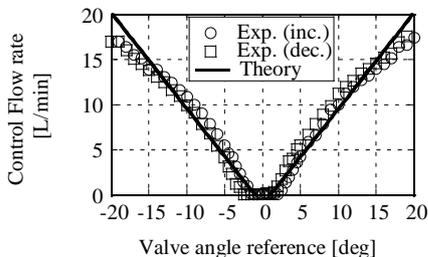


Fig. 4 Flow rate characteristics with no load

3.2 負荷流量特性

負荷圧力 (A, B ポート間の圧力差) に対する流量の計算結果及び実験結果を、Fig. 5 に示す。パラメータ θ はサーボモータへの指令角度である。

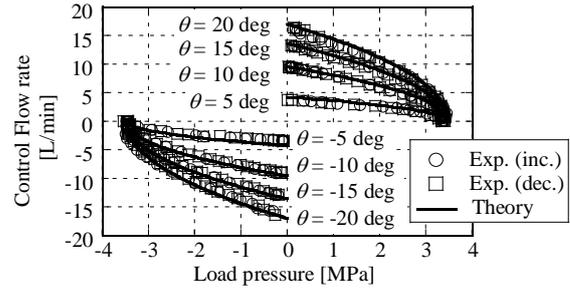


Fig. 5 Flow rate characteristics against load pressure

3.3 内部漏れ流量特性

A-B ポート間を閉じた状態での、弁の角度に対する内部漏れ流量を Fig. 6 に示す。不感帯の両端付近を除き、定性的・定量的によく一致した。

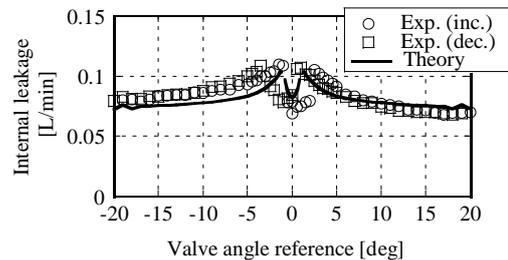


Fig. 6 Internal leakage characteristics

4. 結言

本報では、新たに開発した水圧用ロータリー型サーボ弁の構造及び静特性を紹介した。静特性の計算結果と実験結果を比較し、ヒステリシスの影響を除いて、両者はほぼ一致することを示した。

参考文献

- 1) Urata, E., Miyakawa, S., Yamashina, C., Nakao, Y., Usami, Y. and Shinoda, M. : Development of a Water Hydraulic Servo Valve, Jpn. Soc. Mech. Engrs, Intl. J., Ser. B, **41**-2, 286/294 (1998).
- 2) Watanabe, T., Inayama, T. and Oomichi, T. : Development of the Small Flow Rate Water Hydraulic Servo Valve, J. of Robotics and Mechatronics, **22**-3, 333/340 (2010).
- 3) Yoshida, F. and Miyakawa, S. : Characteristics of Proportional Control Valve Using Tap Water, Proc. Seventh Intl. Fluid Power Conf., Group H, Aachen, Germany, 445/456 (2010).
- 4) Suzuki, K., Akazawa, S. and Nakao, Y. : Development of cam-drive type proportional valve for water hydraulics, Intl. J. of Automation Technology, **6**-4, 450/456 (2012)
- 5) 鈴木健児 : 低コストを志向した水圧用ロータリー型サーボ弁の静特性解析, 日本フルードパワーシステム学会平成 27 年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集, 鹿児島, 104/106 (2015).
- 6) Suzuki, K., and Urata, E. : Development of a direct pressure-sensing water hydraulic relief valve, Intl. J. of Fluid Power, **9**-2, 5/13 (2008).