

UDC 621.646.4

# 圧力調整弁の静特性に関する研究

An Analysis of the Statics of Hydraulic Pressure Regulating Valves

石原 智男・小嶋 英一・水野 清史

Tomoo ISHIHARA, Eiichi KOJIMA and Kiyohumi MIZUNO

1. 緒言 圧力調整弁は、機能的に(1)1次側圧力のいかんによらず2次側圧力(調整圧力)を入力信号によって調整する弁(以下、低流量圧力調整弁とよぶ)と、(2)回路圧力を入力信号によって調整する弁(以下、大流量圧力調整弁とよぶ)の2種類に大別できる。これら圧力調整弁はいずれも構造が複雑で、特性に影響する因子がきわめて多いため、細部にわたって信頼できしかも一般性のある資料はほとんど発表されていない。本研究は、圧力調整弁の静特性におよぼ諸因子の影響を主として実験的に明らかにし、動特性を解析するための基礎資料をうることを目的としている。

2. 実験装置と方法 図1, 2に供試弁の構造を示す。大流量圧力調整弁に関しては、(1)スプール油溝の有無(2)スプール端部の角(A部)の形状( $\theta=0^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ )などの条件を変え、一定流量における信号圧力  $P_c$  に対する調整圧力  $P_x$  とスプール変位(弁開度)  $Z$  の関係、および一定信号圧力における流量  $Q_x$  に対する  $P_x$  と  $Z$  の関係を調べた。他方、低流量圧力調整弁に関しては、

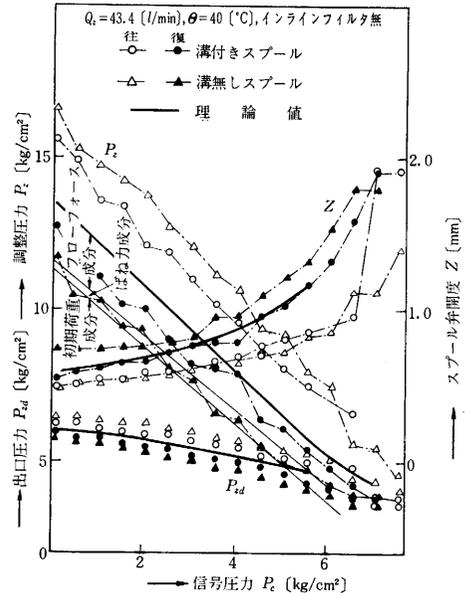


図3 大流量圧力調整弁の静特性(油溝の影響)

(1)重合量 ( $U=l_{x1}'-l_{x1}=0\text{ mm}, \pm 0.3\text{ mm}, \pm 0.5\text{ mm}, +1.0\text{ mm}$ ), (2)すきま ( $\delta=10\ \mu, 20\ \mu$ ), (3)スプール油溝の有無, (4)フィルタ ( $10\ \mu$ )の有無, などの条件を変え、プラグ変位  $X_a$  に対する調整圧力  $P_x$  とスプール変位(弁開度)  $X$  の関係を求めた。また、油中のごみを調べるため、フィルタ前後の油を抽出して位相差顕微鏡により観察した。

3. 実験結果と考察 図3は大流量圧力調整弁の実験結果であり、図中の実線は実測した流量係数を用いて、摩擦を無視した力のつりあい式から求めた理論値であり、実測値のほぼ平均的な値を示している。この調整圧力は、初期荷重、スプール変位によるばね力およびフローフォースとつりあっており、それぞれの影響をあわせて図示してある。実測値に現われる履歴現象の原因として、(1)出口通路内の圧力分布の非対称性、(2)上記(1)に起因するB部すきま内の圧力分布の非対称性、(3)C部すきまが逆テーパの場合この部分の圧力分布の非対称性などのために生じるスプール壁面の摩擦がおもなものと考えられる。図4は、出口通路内の円周にわたって圧力を測定できるように加工された弁で行なった実験結果であり、明らかに円周方

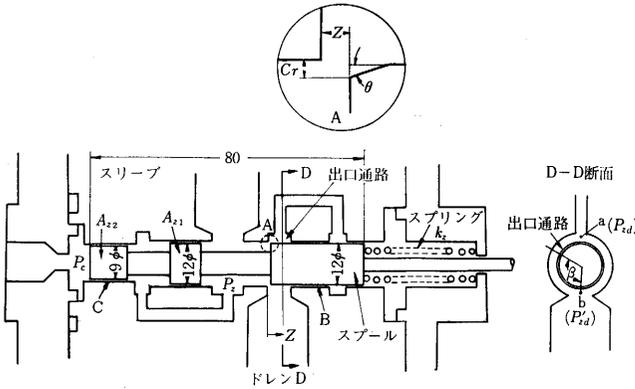


図1 大流量圧力調整弁の構造

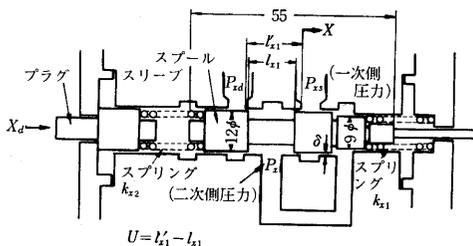


図2 低流量圧力調整弁の構造

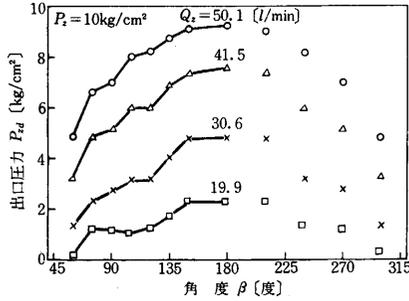


図 4 スプール弁出口通路内の圧力分布

向( $\beta$  方向)で、圧力分布の非対称性が認められる。図 3 において、出口通路内の圧力( $a$  点、 $\beta=180^\circ$ )  $P_{zd}$  の実線は、出口通路内の損失がきわめて小さく、流れの損失はオリフィス部だけで生じると仮定して導出された通路内の流れのエネルギー式から計算された圧力を示しており、これは実験結果とよく一致している。この圧力分布の非対称性は、流量が大きいかほど、また弁開度が小さいほど大きく、履歴現象も同様の傾向を示す。油溝の無いスプールは、油溝のあるスプールより履歴現象が大きく、付着すべりも生じやすいことは、(1)の原因のほかに(1)の原因により生じる(2)の原因が多分に影響しているものと思われる。

図 5, 6 は、低流量圧力調整弁の実験結果であり、それぞれ重合量、すきまおよびごみの影響を表わす。図中の実線は、正重合スプールに対しては層流理論と力のつりあい式から、負重合スプールに対しては実測した流量係数と力のつりあい式から求めた計算値であり、圧力に関しては実測値とかなり良く一致している。また調整圧力の履歴現象は、正重合スプールではほとんどなく、負重合となるにつれて増大する。これは正重合スプールでは、流量がほとんどゼロであるため、前記(1)(2)の圧力分布の非対称が生じないためであろう。次に弁開度に関してその実測値は、正重合スプールにおいて、すきまも圧力も小さいとき(例  $\delta=10\mu$ ,  $P_{zs}=10\text{ kg/cm}^2$ )、層流理論から算出した値とかなり差異がある。これは入口オリフィスの抵抗が層流理論の計算値より大きくなる傾向にあることを示している。しかし、すきまが大きくなるか(例  $\delta=20\mu$ )あるいは、圧力差が大きくなると(例  $P_{zs}=20\text{ kg/cm}^2$ )理論値とほぼ一致する。以上の事実から、すきま内の流速が小さいときには、出口オリフィスに比べて入口オリフィスにより油中のごみがつまりやすくなるためと考えられる。また、すきまが  $10\mu$  のスプールでは、フィルタを弁直前にそう入すると、弁開度の理論値と実測値との差がフィルタそう入前に比べて大きくなり、しかも動きが静的に不安定となる。これはフィルタそう入により、油中のごみの大きさがすべてすきま

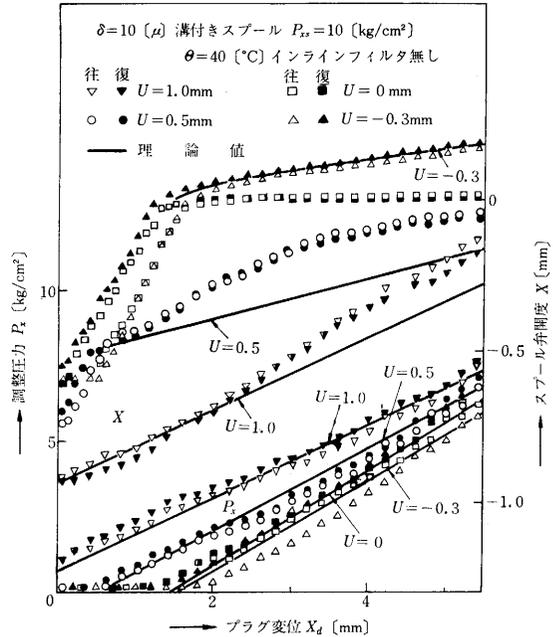


図 5 低流量圧力調整弁の静特性 (重合量の影響)

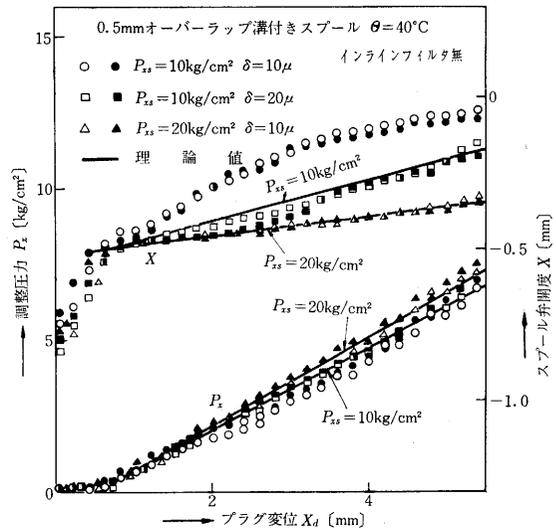


図 6 低流量圧力調整弁の静特性 (すきまの影響)

寸法以下になるためごみがオリフィス内に入りこみやすくなるためと推測される。しかし、すきま内のごみの挙動については、理論的にも実験的にも解析が困難でありさらに詳しいことは今後の研究に待たねばならない。

4. 結言 以上、機能の異なる 2 種の圧力調整弁について、その静特性を主として実験的に解析し、特性に及ぼす諸因子の影響を明らかにした。終わりに、実験のために助力を受けた山岸進、秦泰誠一両氏に深謝する。

(1967年4月25日受理)