クランク室圧縮形二サイクル機関の給気特性に及ぼす リード弁形状の影響*

浜崎 和則^{*1}, 田中 義弘^{*1}, 大庭 武士^{*2}

Effects of Reed Valve Configuration on the Charging Characteristics of a Crankcase-Compressed Two-Stroke Engine

Kazunori HAMASAKI, Yoshihiro TANAKA, and Takeshi OHBA

Responding to the engine speed, load, opening of the throttle valve, etc., two-stroke reed valve engines have the advantage of controlling the intake of fresh charge into the crankcase. However, the reed valve is installed in the intake passage and yields suction resistances. Studies of the effects of a reed petal on the engine performance have been carried out for reducing the suction resistances. To clarify the influences of the configuration of the reed blocks on the charging characteristics, this paper described the results of firing tests using 5 different reed blocks with similar reed petals. In addition, 4 different reed valves were experimentally installed in models in the steady flow for obtaining fundamental data. The experimental results indicated that each type of reed valve had its own peculiar charging characteristics according to the configuration and the installation conditions.

Key Words: Internal Combustion Engine, Gasoline Engine, Modelling, Two-Stroke Engine, Reed Valve, Delivery Ratio, Charging

1. 結 言

クランク室圧縮形二サイクル機関の新気吸入方式として、リード弁制御方式が一般的になってきた。この方式では機関回転数や絞り弁開度の変化などに応じた吸気口制御が得られ、他方式に比べ大きな特徴となっている。しかし、リード弁は吸入通路に取付けられるため、通路面積が小さくなり吸入抵抗となる。この吸入抵抗を減らすため、種々の形状のリード弁が使用されている。このため、機関性能に及ぼすリード弁形状の影響を検討することは、リード弁を選定するうえで必要なことであると考えられ、いくつかの研究⁽¹⁾⁽²⁾が見られる。これらの研究はリードの厚さ、リード数、リード形状の変化など、リード片が機関性能に与える影響を明らかにしたものである。著者らはテーパ形リードをもったリード弁式機関を使って、弁挙動と給気特性の関係を明らかにした⁽³⁾。

本研究は、リード弁形状の違いによる給気特性の変化を明らかにするため、同一リードで、リードブロック形状の異なる5種類のリード弁を使って実験すると

ともに、定常流のモデル実験によっても検討した。その結果、リード弁形状の違いや取付状態により、それぞれ特徴ある給気特性が得られることが明らかとなった。

2. 実験装置および方法

供試機関はリード弁式ガソリン機関で、ボア 68 mm, ストローク 59 mm, 行程容積 214.3 cm³, 最大出力 7.3 kW / 3 500 rpm, 圧縮比 5.8 の単気筒空冷シニユーレ掃気式である。実験装置概略を図 1, ピストン弁による開口面積を図 2, 実験に用いたリード諸元を表 1, リードブロック諸元を表 2, デルタ形, V 形リードブロック形状を図 3 に示す。供試機関に使用されているリード弁は V 304 の四葉リード弁であり、このリード弁を表 2 のリードブロックに表 1 のリードを取付けたリード弁と取り替えることにより、V 304 を含め 5 種類のリード弁を使って実験した。おのおののリード弁を取付けた場合、クランク室容積の増加はリード弁チャンバを充てんすることにより抑え、クランク室圧縮比は V 304 を取付けた場合と同じにした。排気系は実機のままで、吸気系はゴムホースによりサージタンクに結ばれ、サージタンクに取付けた層流形流量計で吸入空気量を測定した。実験中のサージタンク

* 平成元年 11 月 21 日 九州支部・中国四国支部合同長崎地方講演会において講演、原稿受付 平成元年 5 月 8 日。

^{*1} 正員、鹿児島大学工学部 (〒890 鹿児島市郡元 1-21-40)。

^{*2} 鹿児島大学大学院。

内差圧は 200 Pa 以下で, Hodgson 数⁽⁴⁾ $H_o=1.5$ 以上となり流量測定誤差, 機関への影響は無視できるものと考えられる。燃料は市販のレギュラーガソリンを, 吸収動力測定には電気動力計を使用した。実験は絞り弁全開で行い, 動力計の制御により機関回転数を調整した。

3. 実験結果および考察

3.1 給気比特性に及ぼすリードブロック形状の影響 ブロック形状が幾何学的に大きく異なる 3 種類のリード弁について, 給気比曲線を図 4 に示す。いずれのリード弁も二葉形で, 弁口形状, 弁口面積は同一であるが, 形状は V 形, デルタ形, 平形と異なっている。給気比変化は 3 種類のリード弁とも同じ傾向を示すが, V 302 が全回転数範囲にわたり, D 302, F 902

に比べ大きい給気比を示す。D 302 と F 902 の給気比は, 2 000 rpm 以下の低速域と 3 700 rpm 以上の高速域では, ほぼ同じであるが, 最大給気比を与える 3 000 rpm 前後の中速域では D 302 の給気比が大きい。渡部らの研究⁽⁵⁾では吸気口の場合, 幅が広く高さの低い, いわゆる横長形状のほうが縦長形状の場合より給気比, 流量係数とも大きいことを明らかにしている。このことに照らして V 302 と D 302 のブロック入口形

表 1 リード諸元

Material	SUS 631
Young's Modulus	193 GPa
Density	$7.93 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
Effective Length	32.0 mm
Width	22.0 mm
Thickness	0.20 mm

図 1 実験装置概略

図 2 ピストン弁による開口面積

表 2 リードブロック諸元

	V304	V302	F902	D602	D302
Material	AC	PMMA	PMMA	PMMA	PMMA
Type	V	V	Flat	Delta	Delta
Number of Reeds	4	2	2	2	2
Reed Block Angle	30°	30°	90°	60°	30°
Port Area (cm²)	17.6	8.8	8.8	8.8	8.8

図 3 デルタ形, V 形リードブロック形状

図 4 リード弁形状の違いによる給気比変化

状だけを見ると、面積はほぼ同じで D 302 が横長形状となっており給気比は大きいと見られるが、図 4 より明らかなように、V 302 の給気比が大きい。このことより、給気比に与えるブロック入口形状が縦長か横長かの影響は小さいものと考えられる。V 302, D 302, F 902 の給気比の大きさの違いは、吸気流れに対する抵抗の差異によるものと考えられる。図 5 はブロック形状がデルタ形の D 302 と D 602 の給気比曲線を示す。2 500~3 000 rpm 付近で、いくらか D 302 の給気比が大きい。全般的に D 302 と D 602 は、ほぼ同じ大きさの給気比曲線を示しているものと考えられる。両者はブロック角度すなわち吸気流れに対する角度が 30° と 60° と大きく異なるにもかかわらず、ほぼ同じ給気比曲線を示すことから、デルタ形リード弁においては吸気流れに対する角度が給気比に与える影響は、ほとんどないものと思われる。図 6 はブロック形状が異なる 3 種類のリード弁についての正味平均有効圧力

図 5 デルタ形リード弁の給気比変化

図 6 リード弁形状の違いによる正味平均有効圧力

P_{me} と機関回転数の関係を示す。 P_{me} の変化は図 4 の給気比の変化とほぼ同じような傾向を示していると思われる。また、D 302 と D 602 のデルタ形リード弁についての P_{me} の値は図 5 の給気比の場合と同様、全般的にほぼ同じで、 P_{me} の変化は給気比の変化とほぼ同様の傾向を示した。これらのことより、クランク室圧縮形二サイクル機関の出力特性は、ほぼ給気比によって定まることが確認するとともに、デルタ形リード弁においては吸気流れに対する角度が給気比同様、出力特性に与える影響も少ないものと考えられる。V 形リード弁について、Blair ら⁽¹⁾ はブロック角度が給気比、 P_{me} に与える影響は無視できることを述べている。

3・2 給気比特性に及ぼすリード枚数の影響 二葉形リード弁の V 302, D 302, F 902 では広い回転数範囲にわたり、V 形リード弁 V 302 の給気比が大きいことを前に述べた。そこで、同じ V 形リード弁で二葉形と四葉形の V 302 と V 304 についての給気比変化を図 7 に示す。2 000 rpm 以下の低速域では、供試機関に取付けられているリード弁 V 304 の給気比が大きく、2 000 rpm 以上の中高速域では、逆に V 302 の給気比が大きい。この理由については、次のようなことが考えられる。機関に必要な流量は、まず化器のベンチュリスロート部によって決まり、次にその後のクランク室までの通路断面積により制限を受ける。リード弁式機関の場合、通路断面積で流量に制限を与えるものとして、リード弁開口面積が考えられる。低速回転の場合は弁揚程が低く、したがって二葉形リード弁では弁開口面積が小さく、1 サイクル当たりの流量が少なくなると考えられる。しかし、中高速回転になると弁揚程が高くなり、弁開口面積は四葉形リード弁では大き過ぎ、二葉形リード弁の開口面積で 1 サイクル

図 7 V 形リード弁の給気比変化

当たり十分な流量が得られるものと思われる。したがって、リード枚数を多くして弁口面積を大きくすることにより、逆に給気比が小さくなることもあり、リード枚数、弁口面積は行程容積との関係で決定すべきであると考えられる。

3・3 定常流実験による検討 リード弁形状の違いによる給気特性の基礎的データを得るため、定常流実験を行った。実験装置概略を図8に示す。機関に取付けたリード弁は負圧によって開口するが、本実験ではサージタンクBの圧力を大気圧より高くすることにより、リード弁を開口させ、その圧力を変化させてリード弁揚程を変化させた。サージタンクAに取付けた流量計で測定した流量がリード弁に流入するとした。実験に使用したリード弁は5種類で、供試機関に取付けて実験したV304、V302とF902、D602、D302をおのおの一葉形リード弁にしたF901、D601、D301である。一葉形リード弁の吸気流れに対する角度は二葉形リード弁と同じである。リード弁から空気が流出するモデルは図9のように2種類とし、全面から流出する場合と側壁付きで正面開口部のみから流出する場合について検討した。機関に取付けられたリード弁は、図9の全面から流出するモデルのような場合はほとんどなく、側面開口部は何らかの制限を受けており、供試機関の場合は図9の正面開口部から流出す

図8 定常流実験装置

図9 リード弁から流出するモデル

るモデルに近い状態で取付けられている。なお、V304については全面から流出するモデルのみ実験した。図10にリード弁前後の差圧とサージタンクAの流量計で測定した流量との関係を示す。全面から流出する場合を見ると、一葉形リード弁で同一差圧の場合、流量はF901が最も多く、以下D601、D301の順になり、吸気流れに対する角度が大きいが流量が多いことを示している。これは、同一差圧では吸気流れに対する角度が大きいがリードに作用する力も大きく、したがって弁揚程が高くなるためと考えられる。一葉形リード弁を二葉形にした場合、一葉形リード弁の2倍の流量になると考えるとF901は二葉形リード弁V302より流量は多く、D601がほぼV302に等しく、D301はV302より流量は少なくなることがわかる。すなわち、全面から流出するようにリード弁を取付ける場合は、平形リード弁の流量が多く、以下V形30°、デルタ形60°、デルタ形30°の順に流量が少なくなるといえる。V304とV302を比較すると、リード弁前後の差圧が小さい場合、V304の流量はV302の流量の2倍以下であるが、6 kPa以上の大きな差圧になると、V304の流量はV302のほぼ2倍の流量に等しくなる。これは、弁前後の差圧が小さいと弁揚程が低いので、二葉リードが並んで取付けられたV304の場合、側面開口部からの流れが互いに干渉するが、差圧が大きくなり、弁揚程が高くなると側面開口部からの流れの干渉がほとんどなくなるためと考えられる。次に、リード弁正面開口部のみから流出する場合の流量

図10 流出モデルの違いによる流量と差圧の関係

図 11 流出モデルの違いによる弁揚程と差圧の関係

と弁前後の差圧の関係を見ると、一葉形リード弁で、同一差圧での流量に大きな差は認められない。しかし、細かく見ると差圧が小さい範囲では、D301の流量がD601やF901に比べてわずかに多く、差圧が大きくなると、流量はD601が最も多く、以下D301、F901の順になり、全般的にはF901の流量が少ないことがわかる。V302の流量は実験範囲の差圧域では一葉形リード弁の2倍以上の流量である。図11で見られるように、弁揚程と差圧の関係は、リード弁全面から流出する場合と同様、吸気流れに対する角度が大きいほど弁揚程は高くなり、正面開口部のみから流出する場合の流量の差異は弁揚程からは説明できない。そこで、リード弁のように開口面積が一定でない場合にも流量係数を定義するならば、この流量係数の違いが流量に大きく影響していると考えられる。吸気流れに対する角度が 30° のV302とD301で、2種類の流出モデルの場合ともV302の弁揚程が高いのは、リードブロック入口損失係数⁽⁶⁾の違いによると考えられる。以上のように、リード弁正面開口部のみから流出する側壁付きリード弁の定常流実験の検討から、図4のV302、D302、F902の給気比特性を考えると、供試機関の場合は正面開口部からの流出が多く、側面開口部からの流出はかなり制限されていることが理解できる。図10のリード弁全面からの空気流出量から正面開口部のみからの空気流出量を差引いた残りの流量がリード弁の二つの側面開口部からの流出量と考え、側面開口部の単位時間当たりの流量を全面から流出する単位時間当たりの流量で割った値 Q_s とリード弁前後の差圧との関係を図12に示す。V302、D301のように吸気流れ

図 12 側面開口部からの流出割合

となす角が小さい場合は、弁前後の差圧が大きくなるにつれて、側面開口部からの流出割合が大きくなり、8 kPa以上の差圧ではほぼ一定となる。また、吸気流れとなす角が同じでも、V形リード弁はデルタ形リード弁に比べて側面開口部からの流出割合が大きい。一方、F901やD601のように吸気流れとなす角が大きい場合、弁前後の差圧が大きくなるにつれて、側面開口部からの流出割合が小さくなり、8 kPa以上の差圧ではほぼ一定となる。F901は弁前後の差圧がごく小さい場合を除き、側面開口部からの流出割合はほぼ一定で、他形式リード弁と比べ、側面開口部からの流出割合が大きいことを示している。以上のことから、リード弁を機関に取付ける場合、平形リード弁は側面開口部からの流出量が制限されないような場合に適し、V形やデルタ形で吸気流れとなす角が小さいリード弁は側面開口部からの流出量が、何らかの形で制限されるような場合に適していると考えられる。

4. 結 論

小形二サイクル機関の給気特性に及ぼすリード弁形状の影響を明らかにするため、リードブロック形状の異なる5種類のリード弁を用いて供試機関で実験した。さらに、リード弁モデルを用いた定常流の実験による検討を加えた結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 側面開口部から流出がない場合や流出に制限を受けるような取付けをしなければならない場合にはV形リード弁が適し、平形リード弁は他形式リード弁より流出量が少なく、給気比も小さいと思われる。
- (2) 全面から流出するように、リード弁が取付けられる場合は、流出量が多く、側面開口部からの流出割合も大きい平形リード弁が好ましいと考えられる。
- (3) 供試機関のように側面開口部からの流出が制限を受けるような場合、デルタ形リード弁では給気特

性および出力に与えるリードブロック角度の影響は小さい。

終わりに、実験に協力された当時学生の上村正毅、阿部健児両君、供試機関を提供いただいたヤマハ発動機(株)に感謝の意を表する。

- (2) Fleck, R., ほか2名, *SAE Paper*, No. 871654 (1987).
- (3) 浜崎・田中, 機論, **52**-477, B (1986), 2306.
- (4) 八田・ほか2名, 内燃機関計測ハンドブック, (1984), 55, 朝倉書店.
- (5) 渡部・小茂島, 機論, **36**-285(1970), 826.
- (6) 西山, 流れ学, (1984), 78, 日刊工業新聞社.

文 献

- (1) Blair, G. P., ほか2名, *SAE Paper*, No. 790842 (1979).
-