

シリンダ外壁面からの超音波入射によるピストン系の潤滑評価

システム工学群

超音波・工活用研究室 1180171 山北 凌功

1. 緒言

近年地球温暖化の対応策として自動車のエンジン内燃機関の更なる効率化による燃費向上が求められている。高性能化するためには、高出力化、軽量化、摩擦損失の低減などが挙げられる。本実験ではエンジン内でも特に摩擦損失の多い、ピストン系の潤滑油膜の摺動時の挙動観測に着目した。また、ピストン系の中でも特にピストンリングとシリンダ間の摩擦損失は多い。そのため、本実験ではある任意の一点においての連続的な潤滑油膜の挙動観測を目的とした。

また、従来の観測方法として、レーザー誘起蛍光法や、静電容量型の変位計を用いる方法がある。レーザー誘起蛍光法では透光材のガラスシリンダ側からレーザーを照射して、油膜状態を測定するものである。しかし、この方法では実際のシリンダとは違う透光性のガラスシリンダを用いなければならず、表面粗さの違いから実際の潤滑油膜の挙動と同じとは言えない。また、変位計を用いる測定もセンサをピストンリングに埋め込む必要があり、また埋め込んだ位置でしか潤滑油膜の観測を行うことができない。

実際の摺動条件を再現でき、かつ任意の一点において連続的な挙動観測が可能であるという点から、本研究ではシリンダ外壁面からの超音波入射によるピストン系の潤滑状態の把握を試みた。

2. 実験装置と方法

図1に実験装置を示す。本実験ではエンジン内でのシリンダとピストンリングの摺動条件の再現を行う装置としてシリンダ摺動型試験機を用いる。この試験機は、ピストンリングを装着したピストンを完全に固定し、シリンダ側を直動運動させることによりエンジン内でのピストンリングとシリンダの摺動状態を再現するものとなっている。

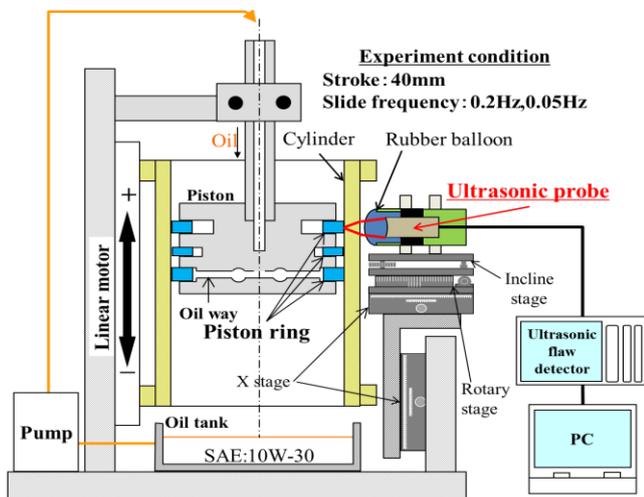


Fig.1 Experimental device

本実験では水浸収束型探触子を使用した。この探触子は一点に音波を焦点位置において収束させることができる探触子だが、収束しきった位置においても一定の焦点径を持っており、水中焦点径は0.25mmである。

焦点をシリンダの裏側（内面）に結ばせ、その位置に各ピストンリングが来るように探触子を移動させ、各ピストンリングの中央とその上側と下側のエコー高さをそれぞれ測定した。トップリングに関しては上側のさらに上側とした側の下側に位置するピストン壁面のエコー高さも測定した。使用したピストンリングは上から順にトップリング、セカンドリング、オイルリングとなっている。オイルリングの構造としては、2枚のサイドレールにスペンサが挟まれるようになっている。

また、シリンダの内側に油を薄く塗布し、ピストンからは油を連続的に供給する場合と、油を全く供給しない場合とで、それぞれ測定を行い比較する。また、摺動速度は0.2Hzと0.05Hzで行った。ピストンリングとエコー高さの測定位置の詳細は図2に示す。また潤滑油は10W-30を使用し、供給量は $9.23\text{cm}^3/\text{min}$ である。

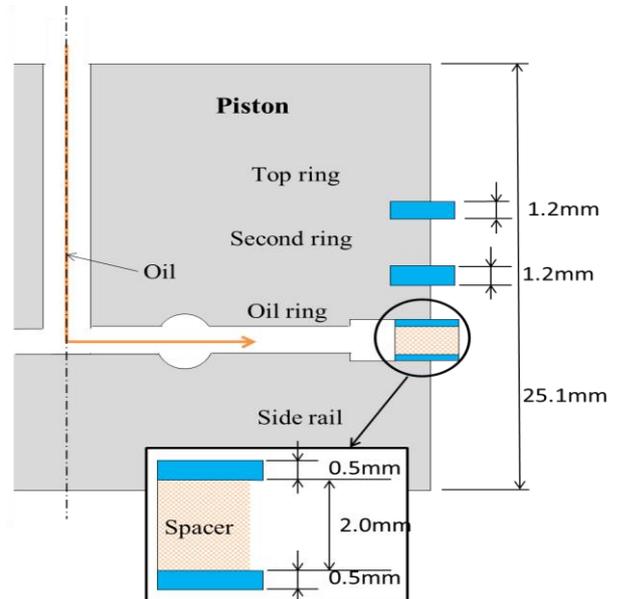


Fig.2. Detailed measurement position

また、以上の実験を行うにあたり、どの程度の精度でピストンリング周辺のエコー高さを測定できるか把握する必要があるので、超音波法によるピストンリングの検出実験を行った。実験方法としては、先ほどのシリンダ摺動型試験機を用い、シリンダ内壁面に薄く油を塗布した状態で、シリンダにピストンを固定し、シリンダとピストンが同じ摺動するようにして、そのエコー高さを測定した。

実験結果を図3に示す。グラフの縦軸の縮尺は隣のピスト

ンの図と同じになっており、横軸はエコー高さになっている。グラフより、各ピストンリングがある位置でエコー高さが下がっていることが分かる。これは、ピストンリングがあることで、シリンダとの間に形成される油膜が薄くなり、エコー高さが下がる事から分かる。これより、0.5mmの厚さのオイルリングが測定できていることから、今回の実験において有効であると考えられる。また、トップリングとオイルリングに比べセカンドリングのエコー高さが下がっていることが分かる。これは、トップリングとオイルリングよりもセカンドリングの方がリングの張力が高いため、シリンダとの間隔が狭くなることで、形成される油膜が薄くなり、油膜内を多重反射する波の影響を多く受け、エコー高さが下がる事から分かる。また、エコー高さが下がる間隔とピストンリングの間隔が一致したため、その後の実験を行う際の基準とした。

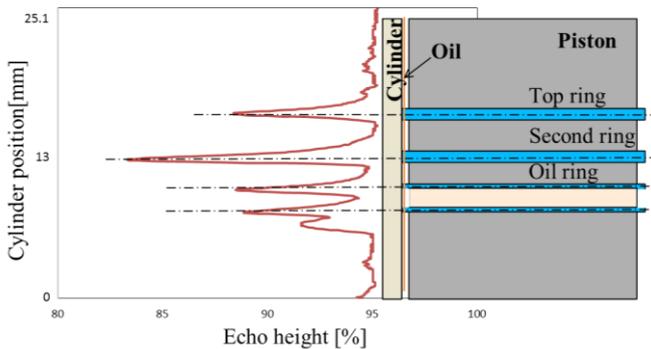


Fig3. Piston echo height

3. 実験結果および考察

図4~6に0.2Hzの時のトップリングとセカンドリング、オイルリング周辺の測定結果を順に示す。また、図の中にかき込まれている番号は、右図番号と対応しており、エコー高さを測定した位置となっている。また、赤色のグラフがエコー高さ、青色のグラフはシリンダ行程になっており、左側のグラフが連続供給を行わない場合、右側が行う場合のグラフとなっている。

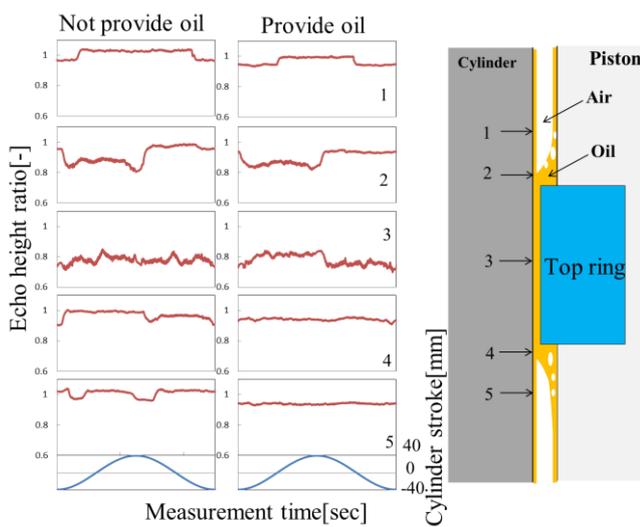


Fig4. Top ring relationship between depletion and lubrication 0.2Hz

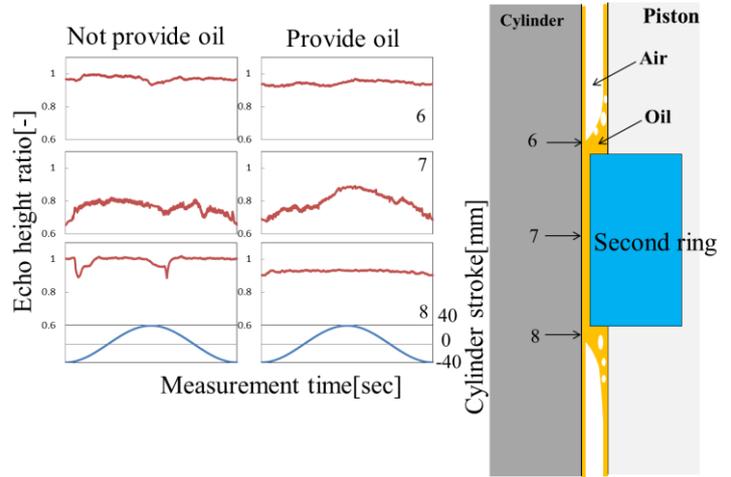


Fig5. Second ring relationship between depletion and lubrication 0.2Hz

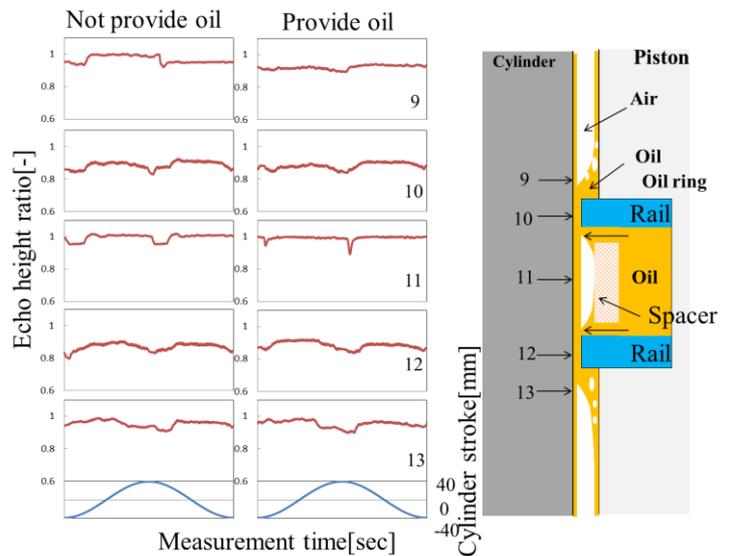


Fig6. Top ring echo height cylinder top point and lowest point 0.05Hz

トップリングの中央部(図4のグラフ3)では、ほかのところに比べてエコー高さが下がっている。これは、シリンダとの間隔が狭くなることで、形成される油膜が薄くなることで、油膜内を多重反射する波の影響を多く受け、エコー高さ比が下がる事から分かる。

また、セカンドリングの中央部(図5グラフ7)でも、同じようにエコー高さが下がっていることも確認できる。

オイルリングについても、レール中央部(図6グラフ10と11)では、ほかのところに比べてエコー高さが下がっていることが確認できる。また、摺動速度がもっとも速くなる場所でエコーが上がっている傾向がみられる。これは摺動速度が速くなることで油膜が厚く形成されエコーが上がるためだと分かる。

4. 結言

今回の実験からシリンダ外壁面からの超音波入射でも、ピストンリング周辺とシリンダ間の油膜の挙動を確認することができた。このことより、今後潤滑状態観測の可能性を見いだせた。