

潤滑油添加剤がゴムと金属の摺動に及ぼす影響（第2報）

Influence of Oil Additives on Friction between Rubber and Metal (2nd report)

出光興産(正) *小林 兼士

Kenji Kobayashi

Lubricants Research Laboratory, Idemitsu Kosan Co, Ltd., Japan

1. 背景

自動車のサスペンションを構成する部品の一つであるショックアブソーバ(SA)において、オイルシール(ゴム)とロード(金属)の摺動により生じる抵抗力は、走行時の乗り心地に影響を与えるとされている。そのため、SAに用いる潤滑油は、適切な添加剤配合によりゴムと金属間の摩擦力を調整し、乗り心地を向上させる役割を担う¹⁾。過去に、いくつかの潤滑油添加剤が、SAの摺動を想定したゴムと金属間の摩擦試験にて、摩擦係数を低減させることが報告されているが²⁾、潤滑油添加剤の作用機構は十分に解明されていない。

ゴムと金属の摺動により生じる抵抗力は、ゴム内部の弾性変形に由来する抵抗力と、凝着部分のせん断による抵抗力の総和で表される^{3,4)}。第1報では、後者の凝着部分のせん断による抵抗に着目し、リン系油性剤が摩擦係数の低減作用を示すことを明らかにした⁵⁾。本報では、ゴム内部の弾性変形に由来する抵抗力と、凝着部分のせん断による抵抗力の双方に対し、潤滑油添加剤が及ぼす影響を検証した。

2. 実験方法

摩擦係数は正弦波往復動の摩擦試験により測定した。試験機の概要を Fig.1 に示す。本試験機は試験球直上にある圧電素子が検出した抵抗力を摩擦力として検出する。試験条件を Table 1 に示す。荷重は 1N、4N、16N の 3 条件を設定した。ゴムはニトリルゴム A437 の厚さ 2mm のシートを用いた。ゴムシートは、直径 12mm の円形に切断し、1/2 インチ鋼球を覆うように固定した。固定したゴムシートの凸面と、Cr メッキを施した鋼板を接触させ、往復動摩擦試験を行った。試料油を Table 2 に示す。オイル A は鉱油に粘度指数向上剤を配合することで、40℃動粘度 11 mm²/s に調整した試料油であり、オイル B はオイル A にリン系油性剤を添加した試料油である。オイル C はオイル A に ZnDTP を添加した試料油である。Cr メッキ鋼板上に 0.1cc の試料油を滴下し、荷重を加え速やかに摩擦試験を実施した。各条件にて試験は 2 回ずつ行い、測定毎にゴムは交換し、鋼板は溶剤にて洗浄した。

摺動開始から 100cyc 目に検出した最大摩擦係数を比較した。またゴム内部の弾性変形に由来する抵抗力が、摩擦係数の測定結果に与える影響を評価するため、速度ゼロ(変位最大)に達してから、摩擦係数がゼロになるまでの時間を「ゴム弾性保持時間(Rubber elasticity holding time)」として比較した。ゴム弾性保持時間の測定概要を Fig.2 に示す。ゴムの弾性が摩擦係数の測定結果に与える影響が全く無い場合、ゴム弾性保持時間はゼロとなる。ゴム弾性保持時間が長いほど、ゴム内部の弾性変形に由来する抵抗力が大きいと判断した。

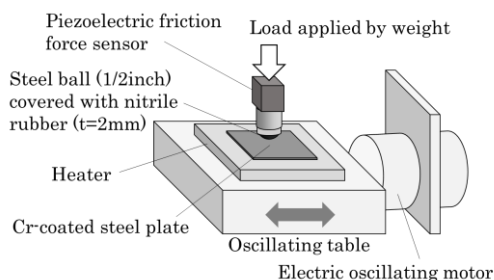


Fig.1 Friction testing machine

Table 1 Test conditions

Frequency, Hz	1.0	Load, N	1.0, 4.0, 16.0
Amplitude, mm	±3.0	Rubber Sheet	NBR(A437, t=2.0mm)
Temperature, °C	40	Metal test plate	Cr-coated steel plate

Table 2 Sample oils

Kinetic Viscosity(40°C), mm ² /s	Oil A 11	Oil B 11	Oil C 11
Additive type	No additives	Phosphorus additive	ZnDTP
Phosphorus in oil, wt%	0.00	0.06	0.07
Zinc in oil, wt%	0.00	0.00	0.09

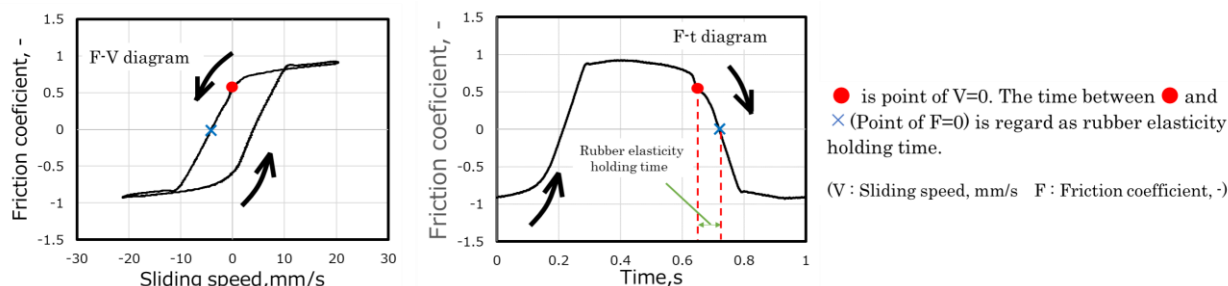


Fig.2 Outline of rubber elasticity holding time (example: Load 4N, oil A, N=1)

3. 結果と考察

100cyc 目の最大摩擦係数およびゴム弾性保持時間の結果を Fig.3 および Fig.4 に示す。Fig.3 より、いずれの荷重においても、リン系油性剤を配合したオイル B が、低い摩擦係数を示す傾向が確認された。

Fig.4 より、1N においてゴム弾性保持時間は、試料油によらず極めて短い傾向にあった。4N および 16N の結果から、荷重が増えることでゴム弾性保持時間が長くなる傾向が確認された。これは荷重の増大によりゴムの弾性変形が大きくなったことを示す。オイル B は、他の試料油と比較して、低いゴム弾性保持時間を示す傾向が確認された。

最大摩擦係数とゴム弾性保持時間の関係をプロットした結果を Fig.5 に示す。いずれの試料油においても、ゴム弾性保持時間が長いほど、最大摩擦係数が大きい傾向が確認された。

ゴムの弾性変形がほとんど生じていない低荷重条件(1N)において、オイル B は他の試料油より低い摩擦係数を示したが、これは第 1 報で報告した結果と同じく、オイル B に配合されるリン系油性剤により、金属とゴムの凝着部分のせん断による抵抗が、低減したためであると考えられる。ゴムは、金属との凝着部分から受ける抵抗力により弾性変形が生じる。そして、凝着部分から受ける抵抗力が小さいほど、ゴムの弾性変形量は小さいと考えられ、ゴム内部の弾性変形に由来する抵抗力も小さくなると考えられる。オイル B は、凝着部分のせん断による抵抗を低減させることで、ゴム内部の弾性変形に由来する抵抗力も低減できたことから、高荷重(4N, 16N)においても低い摩擦係数を与えたと考えられる。

ZnDTP を配合したオイル C は、オイル B のような摩擦低減作用を示さなかったことから、潤滑油添加剤によって、ゴムと金属の摺動に及ぼす影響は異なると考えられる。

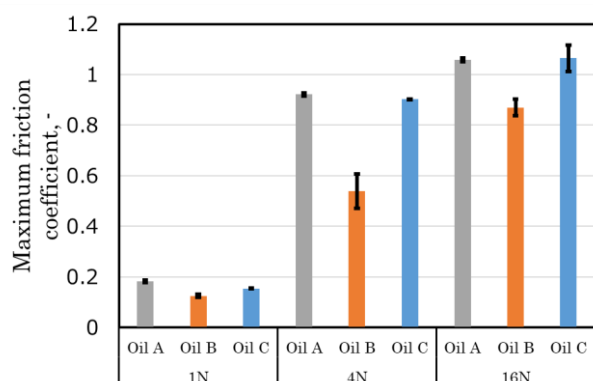


Fig.3 Maximum friction coefficient

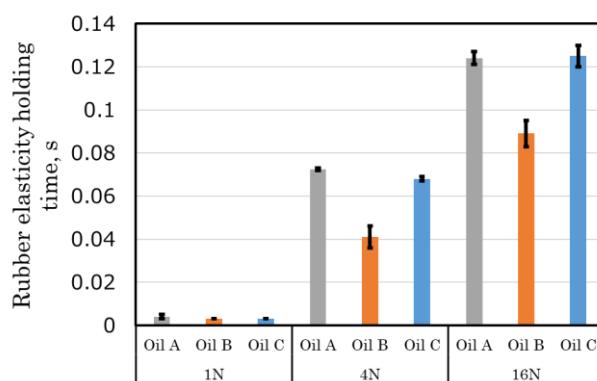


Fig.4 Rubber elasticity holding time

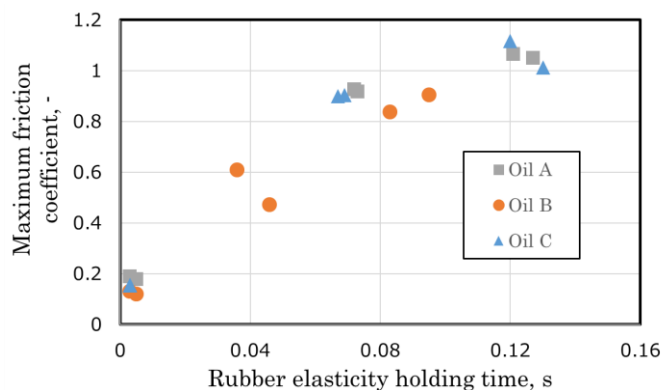


Fig.5 Maximum friction coefficient vs. rubber elasticity holding time

4. まとめ

ゴムと金属の摺動により生じる抵抗力は、ゴム内部の弾性変形に由来する抵抗力と、凝着部分のせん断による抵抗の総和で表される。今回の研究において、リン系油性剤はゴム内部の弾性変形に由来する抵抗力と、凝着部分のせん断による抵抗の双方を低減させる作用を示した。一方、ZnDTP は、このような摩擦係数低減作用を示さなかった。潤滑油添加剤によって、ゴムと金属の摺動に及ぼす影響は異なると考えられる。摩擦係数低減作用のメカニズム解明にあたっては、より多くの潤滑油添加剤にて、今後検証する必要がある。

文献

- 1) 坂上：自動車用ショックアブソーバ油の極限に挑む，トライボロジスト，56, 9(2011) 567.
- 2) 坂上：ゴムとクロムメッキ鋼間の潤滑性評価，トライボロジー会議 2014 秋福岡 予稿集，(2014) 476.
- 3) 内山：ゴムの摩擦の基礎，日本ゴム協会誌，70,4(1997) 168.
- 4) 広中：摩擦と摩耗のはなし，日本ゴム協会誌，72, 4(1999) 186.
- 5) 小林：潤滑油添加剤がゴムと金属の摺動に及ぼす影響，トライボロジー会議 2021 秋松江 予稿集，(2022) F28.