

自動車用ショックアブソーバの動的摩擦特性評価技術とその制御技術による性能向上 Dynamic Friction Characteristic Evaluation Technology for Automobile Shock Absorbers and Performance Improvement by Its Control Technology

カヤバ(株) (正) *加藤 慎治 (正) 村田 貴夫 (正) 黒岩 侑紀 東理大・工 佐々木 信也

Shinji Kato*, Takao Murata*, Yuki Kuroiwa*, Shinya Sasaki**

*KYB Corporation, **Tokyo University of Science

1. はじめに

ショックアブソーバ (SA) の減衰力は、サスペンションシステムの特性を構成する要素の一つであり、主に車両の安定性と乗り心地に影響を与える。近年、道路状況の改善で高速走行時でも上下方向の変動が少なく、SA は高周波数、小振幅で動作することが多く、運動方向が頻繁に反転する作動が増えている。このような良好な路面を走行するときの乗り心地と安全性 (安定性、ステアリング応答) を向上させる SA の要求が高まっている。

SA は、バルブを通過する作動油により減衰力を発生させる。その応答性は特に SA の運動方向が反転するとき生じる作動油の弾性変形 (油柱剛性) の影響を受ける¹⁾。油圧力を調整することで路面状況に応じた適切な減衰力の発生を目的とした油圧バルブ構造や、電子制御 SA²⁾ など、油圧力を調整する新技術があるが、これらの技術は高周波小振幅で動作する時の運動方向反転や圧力が変動したときの減衰力を改善する能力の点で限界がある。

一方で SA のしゅう動部は、振幅と周波数が常に変動しながら往復をする特殊な作動条件でしゅう動運動をする。SA の運動方向が反転する時は、速度が 0 となるため油圧力に対して、静摩擦を含む動的摩擦力が相対的に大きな影響力をもたらすことになる。そこで、乗り心地と操舵安定性に影響を及ぼす SA の摩擦特性は、運動方向反転時における動的摩擦特性が重要な役割を担うものと考え、摩擦力変化を高速取得可能な周波数・振幅可変摩擦評価試験機を開発し、摩擦挙動を定量化するための評価指標を提案した。作動油添加剤の調合により摩擦挙動を変化させ、評価指標と乗り心地ならびに操縦安定性 (安全性) との関係を明らかにした。以上の知見をもとに、乗り心地と操縦安定性 (安全性) の両立と向上に有効な作動油の摩擦調整技術を獲得した技術について報告する。

2. 動的摩擦特性評価技術

往復運動においては、運動方向反転時の静摩擦から動摩擦への変化が瞬時に繰り返される。SA の特徴は、振幅と周波数が常に変化する点にあり、振幅と周波数を任意に変更可能な動的摩擦特性を計測・評価可能なシステムを独自に開発した。変位駆動アクチュエータに電磁加振機を採用した往復動ピン・オン・ディスク型動的摩擦計測システムの概略図を Fig. 1. に示す。微振幅においては摩擦力変動の影響で振幅が不安定になり易いため、振幅および振幅中心位置を PID 制御により調整可能な機構とした。また、動的摩擦特性を評価するための評価指標を検討し得られた結果を数値化する指標 (Fig. 2) を提案した³⁾。

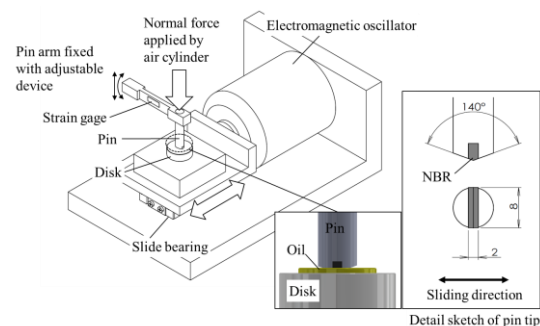


Fig. 1 動的摩擦計測システムと試験片形状の概略図

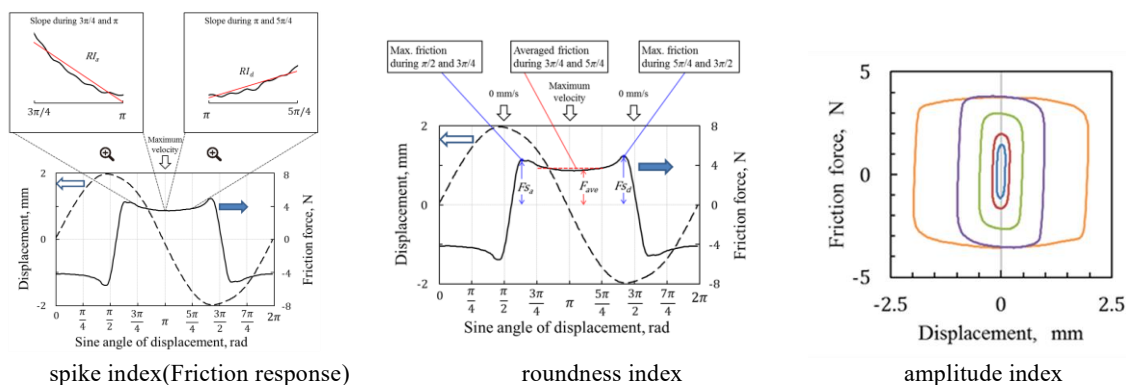


Fig. 2 動摩擦特性を評価するための 3 つの新しい指標

3. 動的摩擦特性の調整技術と車両での確認結果

前記の評価試験機と指標を用い種々の添加剤について調査した結果、ZnDTP のプライマリとセカンダリ構造比とエステル系添加剤による移着抑制効果によって動的摩擦特性の調整が可能であることを明らかにし(Fig.3), 動的摩擦特性を制御する潤滑メカニズムを考察した⁴⁾⁵⁾。ZnDTP のアルキル鎖構造が摩擦特性へ与える影響について調査を進めたところ、セカンダリ ZnDTP の添加比率が高いほど、摩擦係数及び摩擦波形が短時間で定常状態になる。ZnDTP 由来とみられる反応物はセカンダリ ZnDTP の添加率が高いほど摩擦痕端に多く生成することが解った⁴⁾⁵⁾。

往復動工程における動的摩擦特性として、短時間で摩擦特性が定常的となることは振幅や周波数、作動中心位置が変動する SA には重要と考えられる。また、油圧力による減衰力が不足する往復動の工程変わる時の摩擦力はそれを補うという観点から摩擦係数の立ち上がり进行评估するには動的摩擦特性の一つである spike index(Friction response)が高い特性が必要で、かつその調整が必要と考えられる。この spike index を調整する作動油を開発し(Fig.4)それらの作動油を搭載した SA が実車に与える影響を調査した結果、ハンドリングや乗り心地性能に大きな影響を与えることを確認した⁶⁾⁷⁾。(Fig.5)

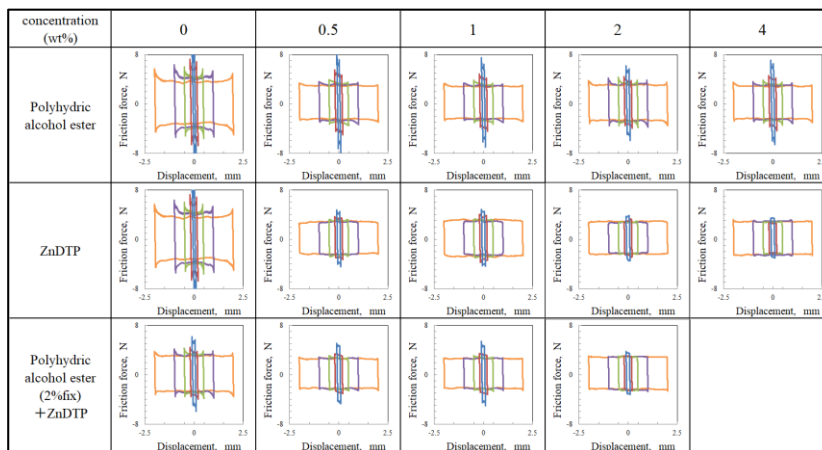


Fig. 3 周波数 1.5 Hz 時の各作動油の摩擦力-変位波形

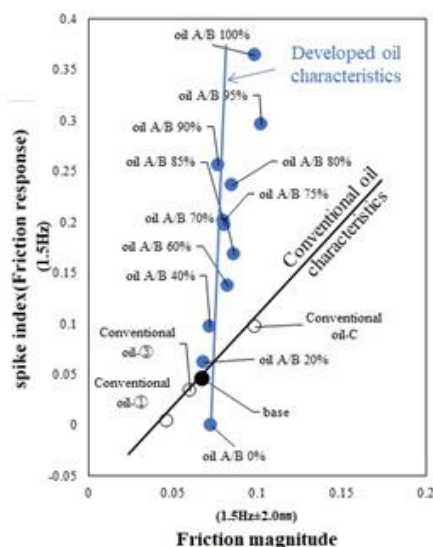


Fig. 4 開発した動的摩擦調整技術

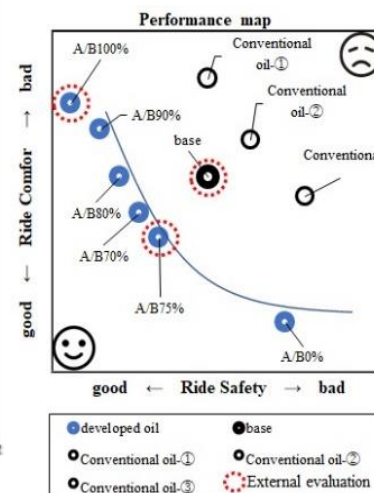


Fig. 5 開発作動油の性能評価

4. おわりに

作動油の添加剤によって動的摩擦特性を適切に調整することにより、乗り心地ならびに操縦安定性（安全性）の両方を向上できた。この結果を達成することができたメカニズムは、SA の運動方向が反転する領域で作動油の圧縮性によって生じる減衰力を摩擦力によって補うことが性能向上効果を及ぼしたと考えられる。この結果から、車両の種類と顧客の好みに応じて、乗り心地と安全性の要件を満たすための重要な手法であることが確認された。本技術は SA の性能を向上させるための基盤技術であり、電子制御による減衰力調整機構が付加された製品など、今後開発されるすべての SA に共通となる新たな知見となった。EV 化による性能要求の変化や環境対応要求など様々な要求に対して迅速に対応する技術として展開していく。

文献

- Ernst, Walter: Oil hydraulic power and its industrial applications. (1960) .
- 鎌倉・古田・森・富田:外付式ソレノイド減衰力調整ショックアブソーバの開発,KYB 技報,55(2017)
- 加藤・佐々木:ショックアブソーバにおける動的摩擦特性を特徴づける評価指標の検討,トライボロジスト,64(1) (2019) 55-62.
- S.Kato & S.Sasaki: Effects of hydraulic oil and lubricant additives on dynamic friction properties under various reciprocating sliding conditions. Friction, 8(2)(2020)471-480.
- 西澤伸哉, 黒岩侑紀, 加藤慎治, 渡部誠也 & 佐々木信也 :自動車用ショックアブソーバ作動油中の ZDDP が摩擦特性に与える影響, トライボロジー会議秋松江,(2021)338-339.
- S.Kato & Samadi.N: The Power of Oil-Influence of Shock Absorber Oil on Vehicle Ride and Handling Performance. In 11th International Munich Chassis Symposium ,(2020)93-107.
- 村田貴夫:ショックアブソーバ用摺動部品の開発 (Prosmooth™ の紹介). KYB 技報,58(2018)25-29.