解 説

MRF ダンパの応用事例

MR Damper Applications Overview

木 本 彰* *ロード・ファー・イースト・インコーポレイテッド
Akira Kimoto* *LORD FAR EAST INC.

1. MR 流体の特徴

MR 流体は、印加磁場に比例して見掛けの粘度が変化する機能性流体であり、鉄粉、分散媒、添加剤から構成され、含まれる鉄粉量が多くなればなるほど、同じ磁場強度に対する降伏応力は高くなる性状を持つ。

自動車用サスペンションに実用化される際に、耐環境性や耐久性などの MR 流体の実用性能が厳しく評価された [1]。例えば寒冷地 (Michigan) と酷暑地 (Texas) で実車走行した後加速試験では 19 万キロ程度相当まで印加時の減衰力変化がほとんどないことが確認されている (図 1)。

また、沈降性の評価として、一年間静置後のダンパを、無印加で動作させたときの減衰力を調べたところ、最初のストロークのみ高い値を示すが、以降は一度ストロークすれば、通常値に戻るという結果であった (図 2)。

これらの評価の結果、採用に至りすでに 10 年弱が経過しているが、その間順調に採用車種を増やし続けていることから、MR 流体自体の性能は十分実用化の域に到達していることが実績の面からも裏付けられていると考えられる。

2. これまでの主な実用化事例

MR 流体を応用する場合、主に図 3 に示す二つのモードが用いられている。バルブモードは直動ダンパやマウント、シアーモードは回転形のブレーキやクラッチなどのデバイスに应用されているが、これまで量産化されているものはほとんどがバルブモードのデバイスである。

バルブモードで应用する場合の機器構造例を図 4 に示す。ピストン内に埋め込まれたコイルに電流を流し、ピストン内部に設けた流路、もしくはピストン外周とシリンダ内壁間に磁場を印加することで流路に閉塞効果が発現し、それによりピストンの動きが妨げられ、抵抗力となる。

以下これまでの実用化された事例を示す。

図 1 走行距離に対する減衰力変化

図 2 一年間静置後の初ストローク時の減衰力変化

図 3 MR 流体の代表的応用モード

2.1 自動車用サスペンション

自動車部品メーカーが MR 流体を用いて 2002 年より自動車用 MR サスペンションシステムを実用化し、現在も性能を向上させながら搭載車種を増やし続けている。第三代では基本構造から見直された結果、減衰力の制御幅が広がるとともに応答性も更に向上し、立ち上がりで 14 [ms]、立ち下がりでも 13 [ms] で減衰力を 10%~90%まで変化させることができるようになっている [2]。

原稿受付 2013 年 2 月 27 日

キーワード: Magnetorheological Fluid, MR, Controllable, Damper, Suspension

*〒 160-0023 新宿区西新宿 8-4-2

*Shinjyuku-ku, Tokyo

図4 バルブモードを応用したダンパ構造例

MRシートダンパシステム組立例

図5 シートサスペンションシステム

建物用免震ダンパ

橋梁ケーブル用ダンパ

図6 インフラ用MRダンパ

2.2 シートサスペンション

大型車両の運転席サスペンション用にMRダンパ、センサおよびコントローラがセットになったシステムが、1998年から現在累計で3万台を超える車両で使われている(図5)。MRダンパを用いることでシート上での最大加速度を最大46%抑さえられることも報告されている[3]。

2.3 土木建築用途

2001年に日本の科学未来館が、MRの大型30[t]ダンパを2本使用した建物免震システムを採用した。また2002年には、中国の斜長橋でケーブルの振動制御に小型MRダンパが採用されている(図6)。

2.4 医療用途

2001年に欧州の医療機器メーカーで、関節部分にMRダンパを用いた義足が実用化されている(図7)。日本でもMRデバイスを用いたリハビリ装置などが幅広く研究されている。

2.5 自動車用エンジンマウント

MR流体を用いた自動車用セミアクティブエンジンマウ

外観

システム構成

図7 MRダンパを用いた義足

外観

システム構成

図8 キャブサスペンションシステム

機器全体外観

MRダンパ本体

図9 MRダンパを用いたエクササイズ機器

ントが2009年より実用化されており、採用車種が拡大されてきている。

2.6 キャブサスペンション

欧州の農機メーカーでは、入力振動が大きく変動する農作業に対し、MRデバイスの幅広い減衰制御を用いた運席室用サスペンションシステムを2008年から採用している(図8)。このシステムではMRダンパとエアスプリング、センサ類から制御基板まで一体化されており、容易に通常のオイルダンパと入れ替えることができるようになっている。

2.7 エクササイズ機器

日本国内でもMRダンパを利用したエクササイズ機器が2011年より市販されている(図9)。

図 10 軍事車両向け MR ダンパシステム

MR の特性を活かし、手脚の屈曲時と伸展時の両方の動作に対して 1 本のダンパで減衰力を適時制御しながら適切な負荷を与えることができるようになっている [4].

3. 最近の応用事例

3.1 軍用車両用一次サスペンション

米国では以前から軍用車両についての制御サスペンションの検討が進んでいる (図 10).

これまでの試験結果では、このシステムにより操縦安定性の向上, ピッチ/ロールの低減, 最高速度の増加などで, 既存のシステムに比べ数十%の性能向上が認められており, 更に副次的な効果として, 車体への負荷低減による, ライフサイクルコストの大幅な低減も報告されている [5].

3.2 モータサイクル用ステアリングダンパ

回転系のダンパでも応用が検討されている. フロントフォークと車体の間に取り付けた MR ダンパの減衰力をリアルタイムに調整することで安定性と操作性を両立させている [6].

参考文献

- [1] 出頭, Yanyo: “MR 流体, 装置, システムの自動車への応用展開”, 自動車技術会 2005 年春季学術講演会前刷集, no.76-05, pp.25-28, 2005.
- [2] O. Raynauld and S. Fath: “MagneRide suspension for the range rover evoque,” ATZ worldwide eMagazines Edition: 2012-02, pp.16-20, 2012.
- [3] D. Ivers and D. LeRoy: “Improving vehicle performance and operator ergonomics: Commercial application of smart materials and systems,” Journal of Intelligent Material Systems and Structures, May 6, 2012.
- [4] 竹井機器プレスリリース, <http://www.takei-si.co.jp/productinfo/detail/pdf/puresu2.pdf>
- [5] LORD 社ホームページ, [http://www.lord.com/Products-and-Solutions/Magneto-Rheological-\(MR\)/MR-Controllers.xml](http://www.lord.com/Products-and-Solutions/Magneto-Rheological-(MR)/MR-Controllers.xml)
- [6] Hara et al.: Steering Damper for Motocross, JSAE 201119519/SAE 2011-32-0519.

木本 彰 (Akira Kimoto)

2001 年静岡大学大学院機械工学科卒業. 2008 年よりロード・ファー・イースト社で MR 関連製品の事業開発に従事.

E-mail: akira_kimoto@lord.com