

I-B476 E R流体を用いた振動減衰ダンパーの機械特性

北見工業大学 正員 山崎智之 北見工業大学 フェロー 大島俊之
 (株)日本製鋼所 藤村 浩 北見工業大学 正員 三上修一

1. まえがき

近年制振装置においてパッシブとアクティブの折衷的なセミアクティブ振動制御装置が考案されている¹⁾。セミアクティブ振動制御装置は流体を利用したパッシブなダンパーを基に考案されており、さらに流体の粘性減衰を地震動計測あるいは構造システムの応答を利用した履歴フィードバック制御システムにより減衰性能を変化させ振動を調整できるという機械的特性を有している。

本研究ではこのセミアクティブ振動制御装置における粘性減衰を有する流体にE R流体(Electrorheological Fluid)を使用した地震応答振動制御システムの開発を目指している²⁾。E R流体は電圧を可変入力することによって粘性を動的に制御し、システムの減衰性を高めるインテリジェントな減衰材料である。このような減衰材料を応用することによって制振効果を高める方法は将来の有効な制振方法と考えられる。本論文ではE R流体を用いた振動減衰装置の機械的特性を実験的に確認し把握するため、E R流体試験用ダンパーを製作して振動台を用いて行った振動実験について報告する。

2. 実験概要

実験はE R流体試験用ダンパーを水平振動台に固定し、ダンパー自体を水平移動させてダンパー内のピストン先端に取り付けたロードセルにより復元力を測定した(図-1)。振動はsin波振動とし、アクチュエータの制御装置に振動台のストロークおよび周波数を入力して振動させている。

今回行った実験は振動台の振幅6種類(±

2, 5, 10, 20, 30, 40mm)、振動周波数8種類(0.1, 0.25, 0.5, 0.75, 1, 2, 3, 5Hz)をパラメータとして、電圧は0~4kVの間を0.5kV間隔(9種類)で変化させて振動台の変位とロードセルの荷重を測定した。

(1) E R流体(Electrorheological Fluid)

E R流体は電界強度によりその流れ性質が変化し流体の見かけ粘度が増幅するものであり、特に電極に電圧をかけると電極間に挟まれた流体の粘性が短時間に変化するという特性を有している。一般にE R流体は電圧を掛けない状態ではニュートン流体としての特徴を有し、電圧を掛けた場合は降伏応力を持つビンガム流体としての特徴を有することになり、この降伏応力が電界強度により変化して見掛けの粘性抵抗が変化することになる。本実験で使用したE R流体は㈱ブリヂストンで開発されたERFを使用している。このE R流体の性質は粘度 $0.11\text{Pa}\cdot\text{s}$ (25°C 、剪断速度 366s^{-1})、降伏応力 1100Pa (3kV/mm 、 25°C 、剪断速度 366s^{-1})、電流密度 $15\mu\text{A/cm}^2$ (3kV/mm 、 25°C 、剪断速度 366s^{-1})である。

(2) E R流体ダンパー

本実験で製作したE R流体試験用ダンパーの概念図を図-2に示す。ダンパーの主構成要素は外側シリンダ(外筒電極、高圧)、内側シリンダ(内筒電極、接地)、ピストンおよびピストンロッドで、これらの寸法は下記に示す。ダンパー(シリンダ)内にE R流体を満たし、内筒電極に高電圧をかけると内シリンダと外シリン

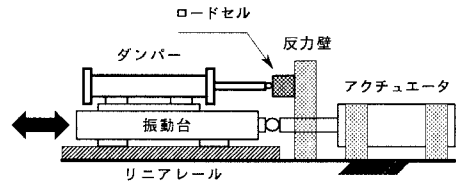


図-1 実験の概要

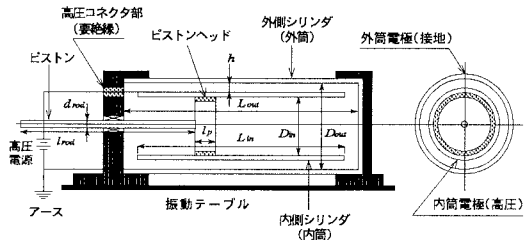


図-2 ダンパー概念図

キーワード：E R流体、セミアクティブ振動制御、ダンパー

連絡先(〒090-8507 北海道北見市公園町165番地 北見工業大学 TEL 0157-26-9485 FAX 0157-23-9408)

ンダ間のER流体の見掛け粘性が変化し、ピストンに復元力が働き減衰力の変化を得ることになる。

※外筒長さ $L_{out}=520\text{mm}$, 内筒長さ $L_{in}=500\text{mm}$, 外筒直径 $D_{out}=111\text{mm}$, 内筒直径 $D_{in}=100\text{mm}$, 電極間隔 $h=1.5\text{mm}$, ピストン幅 $l_p=24\text{mm}$, ピストンロッド直径 $d_{rod}=20\text{mm}$, ピストンロッド長さ $l_{rod}=465\text{mm}$

4. 振動実験の結果

図-3は電圧0kVと電圧3kV時(周波数1Hz、振幅10mm)における復元力-変位の履歴曲線で、履歴吸収エネルギーの増加により電圧を掛けた場合の減衰が大きくなることがわかる。図-4はER流体ダンパーの特性を表したもので、

振幅 $\pm 10\text{mm}$ における周波数特性、周波数1Hzにおける振幅特性をグラフ化したものである。周波数特性において電圧の変化に伴う復元力の増加はみられるが、各電圧ともに周波数の増加による復元力の増加傾向はほぼ一定している。同様に振幅特性においても電圧変化による復元力の増加は見られるが、振幅の増加による復元力の増加傾向はほぼ一定している。また復元力と電界強度の関係では電界強度が $0.667\text{kV/mm}(1\text{kV})$ 以上において復元力の増加傾向が大きくなることがわかった。

5. あとがき

ER流体を用いた制振、防振装置の開発は主に機械産業分野(自動車、工作機械 etc.)で行われてきた。最近では建築物の風振動や地震動の制振の適用が考えられている。橋梁においても地震動や交通振動に対する制振装置や免震装置として、あるいは斜張橋のケーブル振動の制御装置などとして開発が可能であると考えられる。またER流体自体は開発途上の材料でありコスト減や信頼性の向上が期待できると思われる。本研究ではER流体を用いた試験用ダンパーを製作し、その基礎的性能を実験的に検証を試みたが、今後制御装置を含めた制振装置の開発を検討する。

本研究の実験を行うにあたり金沢大学大学院上野智子さん、北見工業大学大学院椎橋亜由美さんに御助力いただきました。ここに感謝の意を表します。また本研究の一部は平成9年度文部省科学研究費(代表大島俊之)の補助を受けて行われました。ここに感謝申し上げます。

〔参考文献〕

- 1) Constantinou, M.C. and M.D. Symans, Experimental Testing and Analytical Modeling of Semi-Active Fluid Dampers for Seismic Protection, J. of Intelligent Material Systems and Structures, Vol.8, 644-657, 1997
- 2) Onoda, J., Oh, H.-U., and Minesugi, K., Semiactive Vibration Suppression with Electrorheological-Fluid Dampers, AIAA Journal, Vol.35, 1844-1852, 1997
- 3) メカトロニクス機器の電気粘性流体を用いた制御に関する研究分科会成果報告書, 日本機械学会, 1996

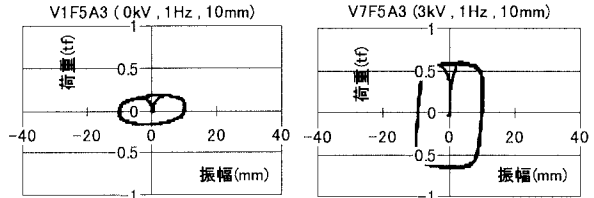


図-3 復元力-変位履歴曲線

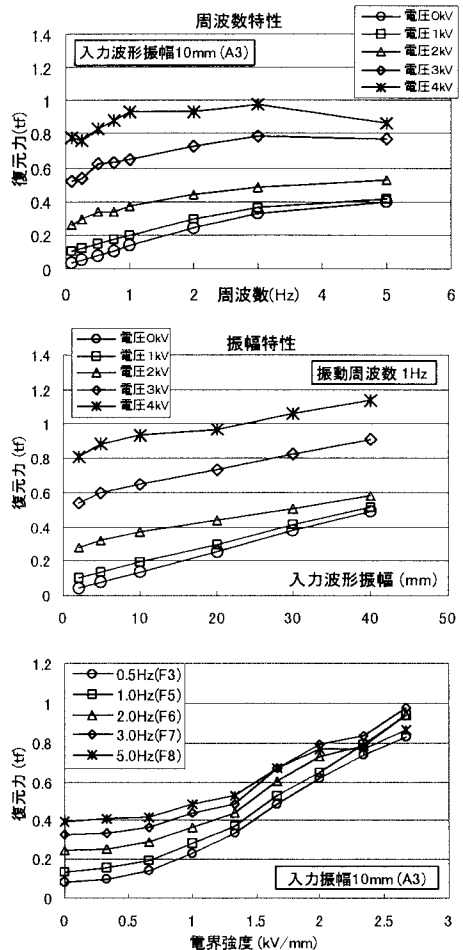


図-4 ER流体ダンパーの特性