

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	粘性流体のせん断変形抵抗力を用いた制振ダンパーに関する新たな力学モデル化手法
Title(English)	
著者(和文)	佐々木和彦
Author(English)	Kazuhiko Sasaki
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9518号, 授与年月日:2014年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:笠井 和彦,翠川 三郎,元結 正次郎,坂田 弘安,山田 哲
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9518号, Conferred date:2014/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	佐々木 和彦		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	笠井 和彦	教授	審査員	山田 哲	准教授
	審査員	翠川 三郎	教授			
		元結 正次郎	教授			
坂田 弘安		教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「粘性流体のせん断変形抵抗力を用いた制振ダンパーに関する新たな力学モデル化手法」と題し、以下の9章で構成されている。

第1章「序論」では、地震に対し建物に設置される制振装置のうち、粘性流体のせん断力により減衰力を生じる任意形状の粘性ダンパーを対象とし、その精確な力学モデルを構築することを目的としている。そのために、ダンパーを構成する粘性流体と装置材の挙動の連成を精度よく再現する必要があることを述べ、まず粘性流体の特性を精確にモデル化し、その後、それに任意形状の装置材の影響を加味するという研究の計画を述べている。

第2章では、剛な装置材で構成された粘性ダンパーの加振実験による粘性流体の特性を把握している。新たな実験手法に基づき、ダンパー評価の基盤になる、理想条件下の粘性流体のせん断変形における特性を求めている。広範囲のせん断歪振幅 2000% まで、温度 0~40°C、振動数 10Hz までを対象とした緻密な実験の結果の詳細を述べている。

第3章では、剛な装置材で構成された粘性ダンパーの小歪における線形力学モデルを提案している。せん断力を既往の速度のべき乗指数で表すモデルでなく、粘弾性体の理論に基づく新たな振動数依存モデルを用いている。せん断歪・応力の分数時間微分からなる構成則を用い、線形性を示し比較的単調であった小歪 100% 以下を対象とした。

第4章では、剛な装置材で構成された粘性ダンパーの 2000% までの大歪における非線形特性のモデルを検討している。大歪の加振では、粘性流体の特性は振幅にも影響されて線形となるため、ここでは、3章で述べた線形の特性モデルから求めた、振動数に依存する線形せん断力を、歪振幅に依存する線形特性と非線形特性の関係を用いて、大歪における非線形特性のせん断力に変換するという、新たな手法を導いている。

第5章では、剛な装置材で構成された粘性ダンパーの小歪から大歪までの全ての範囲で簡易モデルを提案している。最も単純な Kelvin 体を用いるが、その粘性要素と剛性要素の係数を、2章で報告した振動数・振幅依存のデータに基づき刻々と変化させるものである。そのために、時刻歴解析の現ステップの応答振動数を感知する新たな数値手法を創案している。また、この精度は、3章・4章で述べた分数微分構成則ほどではないが、良好であることを述べている。

第6章では、2章から5章の装置材を剛と仮定したモデル化を基盤として、筋違型ダンパーの装置材の軸変形を加味したダンパーのモデル化を提示している。装置材の粘性流体と接する部分の長さ全域にわたる軸方向の変形、およびそれに連成した粘性流体せん断歪の値の軸方向の変化を定式化している。装置材の変形により粘性要素の変形が減るため、減衰性能が低下することを、ダンパーの時刻歴解析手法や性能評価法へと反映させている。

第7章では、6章と対比して 壁型の粘性系ダンパーの装置材の曲げ・せん断変形を加味したダンパーのモデル化を提示している。装置材の粘性流体と接する部分の長さ全域にわたる水平方向の変形、およびそれに連成した粘性流体せん断歪の値の水平方向の変化を定式化している。壁を曲げ剛性とせん断剛性をもち鉛直方向にのびる柱としており上柱と下柱の相対水平変位が粘性流体のせん断歪となり、鉛直方向の分布は複雑である。装置材の変形により粘性要素の変形が減るため、減衰性能が低下することを、ダンパーの時刻歴解析手法や性能評価法へと反映させている。

第8章では、長周期地震動に対する壁型粘性ダンパーの特性とその簡易評価を検討している。既往地震に対する構造物の応答挙動をふまえて開発された壁型粘性ダンパーは、東日本大震災のような長周期地震動に対する装置の耐久性や性能特性、時刻歴解析のための力学モデルの適合性が不明確であるため、これらに取り組みされている。長周期地震動の制振構造物の応答挙動に相当する種々の正弦波

によってダンパーを加振実験し、加振中や加振前後の特性変化、破損の有無を確認し、性能特性の簡易評価を行っている。

第 9 章では、建物の応答時刻歴解析への適用例を示し、既往の力学モデルを用いた場合と比較している。既往モデルが非線形粘性特性をもつ粘性のみからなり、提案モデルが 5 章で述べた簡易な粘弾性モデルで振動数依存特性をもち、かつそれに弾性要素が直列につながっている。様々な地震入力を用いて高層建物の時刻歴解析を行い、これらのモデルの違いがダンパーの荷重・変形関係および建物の応答に及ぼす影響を議論しており、特に加速度応答に顕著な違いが生じたことの分析も行っている。

以上を要するに、本論文では、速度依存ダンパーとして代表的な粘性ダンパーについて、粘性流体部分の新たな実験方法、既往モデルよりも格段に精度の良い様々な力学モデル、そしてこれまで考慮されなかった装置材の変形と粘性流体せん断歪の理論など、現代の粘性ダンパーおよび動的解析法に関し、最も優れた成果を挙げている。これらは粘性ダンパーを用いた地震応答制御の発展に顕著に寄与することから、工学分野における学術的価値は高く、工業上貢献するところも大きい。よって本論文は、博士（工学）の学位論文として十分価値があるものと認められる。