

学位論文内容の要旨

報告番号	先端科学技術乙第 80 号	氏 名	古賀 倫子
論文題目	高い固有振動数を有する構造物における 粒状体ダンパの減衰メカニズムに関する研究		

近年、振動を抑制する技術の発展はますます重要視されている。振動抑制の手段としてのダンピング技術に関しても、様々な研究開発が進められている。

ダンピング技術の一形態である粒状体ダンパは、振動系の質量部分に容器を配置し、その内部に粒状体を封入して、粒状体の動きにより減衰特性を向上させる仕組みである。粒状体ダンパはこのように質量部分に組み込まれるため、オイルダンパなどで必要な追加の支持機構が不要である。これが粒状体ダンパの第一の特徴である。第二の特徴として、単に粒状体を容器内に封入するだけで減衰特性が得られる簡便さが挙げられる。加えて、このような単純な構造は、減衰特性が熱などの外部環境に影響されにくい、という第三の特徴に繋がっている。

粒状体ダンパに関する研究は、従来多数行われている。ダンパの減衰特性の予測・分析、モデリング手法、そして近年には特定の対象の振動抑制効果の予測の評価等が研究されている。これらの研究成果に共通しているのは、主に低い固有振動数で大きな振動変位を持つシステムが研究対象であることである。こうした特性を有する振動系では、粒状体も大きく動き、粒状体ダンパの減衰特性は粒状体と容器の衝突によって大きく支配される。

一方、多くの製品では高い固有振動数を持つものもあるため、従来の研究知見のみではそうした製品における粒状体ダンパの十分な設計は困難である。言い換えれば、高い固有振動数では、振動速度や加速度が大きくても振動変位は必ずしも大きくならないため、衝突現象のみで減衰メカニズムを説明するのは難しい。

このような状況をふまえ、本研究では、高い固有振動数を持つ構造物に粒状体ダンパを適用した際の減衰メカニズムを物理的に考察し、高い減衰特性を実現するための設計手法を述べる。

本論文は、粒状体ダンパに関する知見を体系的にまとめ、全 7 章で構成されている。

第 1 章「緒論」では、振動を低減するために用いられる主なダンパの概要と動向を述べた後、粒状体ダンパの研究動向に焦点を当てて説明する。さらに、本論文の目的及びその構成について述べる。

第 2 章「粒状体ダンパの実験装置及びシミュレーション」では、本研究に使用した実験装置と実験方法、およびシミュレーションモデルについて述べる。実験では、円柱型と球

型の粒状体を用いる。シミュレーションでは、実験状態を再現するため、両タイプの粒状体の接触時のモデル化を行い、粒状体と主振動系の運動方程式を解くことにより、それらの変位、速度、加速度を求める。本研究では、これらの実験方法、シミュレーション方法を用いて、粒状体ダンパの減衰特性について検討を行う。

第3章「相対運動質量と回転運動質量を用いた減衰メカニズムの考察」では、粒状体ダンパは、粒状体の運動により減衰効果が得られるという基本的な考えに基づき、容器に封入した粒状体の総質量を「動く質量」と「動かない質量」に大別して考えることを提案し、それらの質量と減衰特性との関係を考察する。さらに、並進運動する粒状体の質量を「相対運動質量」、回転運動に対しては「回転運動質量」と呼称する。これらの質量を実験的、数値的に求め、得られた結果と系の減衰比との関係について考察し、これらの量によって粒状体ダンパの減衰特性が評価できることを示す。

第4章「エネルギーに基づく減衰メカニズムの考察」では、粒状体ダンパを有する振動系の減衰の物理的な理解を深めるために、振動エネルギー流れを考えることが有用であるとし、その上で検討を進める。粒状体ダンパの減衰特性がどのような物理現象によって支配されているかを、粒状体と主振動系の中の振動エネルギー流れを計算により求めることによって考察する。変位により強制加振される主振動系の振動特性は、左右の容器壁における粒状体の衝突、および、容器底面における粒状体の摩擦による消費エネルギーによって支配される。このエネルギーの流れを用いて、粒状体ダンパの減衰特性の概略を推し量ることができることを示す。

第5章「高減衰化のための検討」では、粒状体ダンパの高減衰化に関する方法について検討する。粒状体の大きさ、質量、慣性モーメント、ヤング率などの材料の特性が減衰特性に及ぼす影響を計算により検討する。計算結果から、慣性モーメントを小さくし、ヤング率を最適化することにより、容器に封入した粒状体の総質量が大きいときに高減衰化を実現できることがわかった。そこで、慣性モーメントを小さくし、ヤング率を適正化することの具体策として、鋼球入りゴム球を粒状体として利用することを提案する。計算と実験から、鋼球入りゴム球の使用により減衰効果が向上できること、ならびに、鋼球入りゴム球が持つ硬性ばね特性が減衰特性に良い影響を与えることを示す。

第6章「実機への適用」では、これまでの検討内容を踏まえ、粒状体ダンパの使用についての指針を述べる。本研究で示したダンパは、高い固有振動数を有する構造物の振動抑制を行うものであるが、粒状体総質量を比較的大きくする必要がある。利用にあたっては、機械構造物に付加するダンパの重量にあまり制約がないことが必要である。

第7章「結論」では、本研究から得られた主な実験・計算結果と検討内容をまとめる。