

## 学位論文審査の結果の要旨

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		
論文審査委員会	委員（主査）	教授	佐藤 太一
	委員（副査）	教授	藤田 壽憲
	委員（副査）	教授	古谷 涼秋
	委員（副査）	特別専任教授	藤田 聡

### 研究の背景

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ダンパである。このような簡便な構成に加えて、粒状体ダンパには支持機構が不要であり、さらには熱などの外部環境に影響されにくいという有用な特徴がある。

一方、粒状体ダンパには数多くの個々の粒状体の運動を求めなければ、減衰特性を正しく評価することが難しいという一面がある。このため、個別要素法を代表とする解析法により、粒状体ダンパの減衰特性の検討・予測に係わる多くの研究がなされている。

こうした従来の研究には、固有振動数が低く変位応答が大きな振動系が研究対象であるという共通点がある。そこでは、粒状体が大きく変位し、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。言い換えると、粒状体ダンパをインパクトダンパの代替と捉えた研究が行われている。

しかし、多くの製品で発生する騒音問題に対応しようとした場合、数十 Hz～数 kHz という高い固有振動数を有する振動系における粒状体ダンパの知見が必要となり、従来の研究知見では不十分である。

### 研究の目的

このような背景から、本研究では、高い固有振動数を有する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明らかにすることを目的としている。さらに、高い減衰特性を実現するための設計手法について言及する。

### 研究の内容

本論文の第 2 章では、粒状体ダンパを有する振動系のシミュレーションモデルについて述べ、その計算結果を実験により検証している。こうした研究手法は、従来の研究の進め方と同様であり、設計者が求める「粒状体ダンパを高減衰化するための基本的考え方」に直結するものではない。

高減衰化するための基本的考え方を示すには、シミュレーションモデルの単なる計算では不十分であり、粒状体ダンパを評価するための新たな評価量（指標）が必要である。そ

の評価量の一つが、粒状体全体の内どれだけの粒状体が動くか、つまり「動く質量／動かない質量」であり、もう一つが粒状体ダンパにおける「エネルギー流れ」である。これらの指標は、論文の第3章と第4章で述べており、本論文の新規性に当たる。

第3章では、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」に大別することを提案する。並進運動する粒状体の質量を「相対運動質量」とし、回転運動する質量を「回転運動質量」として、これらの質量と減衰特性との関係を検討している。第2章と第3章で得られた成果は、以下の論文にまとめられている。

[1] 古賀倫子, 佐藤太一, 松野隆太, 蔭山怜, 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 (相対運動質量および回転運動質量の提案とそれらを用いた考察), 日本機械学会論文集, Vol. 83, No. 855, pp. 1-15 (2017)

[1'] T. Koga, T. Sato, A. Weller, K. Ono, Numerical Simulation of a Granular Material Damper, EUCOMS, pp. 515-522 (2014)

[1''] T. Koga, T. Sato, S. Koyanagi, Damping Mechanisms of a Vibration-Reduction System Using Granules, EUCOMS, pp. 11-18 (2020)

第4章では、粒状体ダンパを有する振動系における振動エネルギー流れを計算により求めている。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によるエネルギー、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が推し量れることを、以下の論文にまとめている。

[2] 古賀倫子, 佐藤太一, 蔭山怜, 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 (振動エネルギーに基づく考察), 日本機械学会論文集, Vol.85, No.872, pp. 1-13 (2019)

第5章では、粒状体ダンパを高減衰化する方法を明らかにするために、粒状体の大きさ、質量、慣性モーメント、ヤング率などの各諸量が減衰特性におよぼす影響を計算により検討している。粒状体の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、高減衰化できることを示し、その具体策として、鋼球入りゴム球を粒状体として利用することを提案している。鋼球入りゴム球により減衰効果が向上できることを実験で実証し、特に鋼球入りゴム球が持つ硬性ばね特性の影響が大きいことを示している。この成果は、

[3] 古賀 倫子, 佐藤 太一, 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 (高減衰化のための検討), 日本機械学会論文集, Vol.89, No.928, pp. 1-16 (2023)

にまとめられ、続く第6章で、実機適用に関する方向性を述べている。

以上、本論文は、第3章と第4章における工学的新規性、第5章における工業的有用性の観点から十分に評価できる。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値を有するものと認められる。