

氏名	ラブリー Lovely SON
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	工博第2859号
学位授与の日付	平成19年9月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	工学研究科精密工学専攻
学位論文題目	STUDIES ON SHOCK VIBRATION CONTROL BY MOMENTUM EXCHANGE IMPACT DAMPER (運動量交換型衝撃吸収ダンパの研究)
論文調査委員	(主査) 教授 松久 寛 教授 吉村 允孝 教授 松原 厚

### 論文内容の要旨

本論文は運動量交換型衝撃吸収ダンパによる衝撃振動の低減を取り上げ、次の6章からなる。

1章は緒論であり、研究背景と衝撃振動の低減に関する先行研究および衝撃吸収ダンパの機構について論じている。なお、運動量交換型衝撃吸収ダンパとは被衝撃体(主系)と接触した剛体とその支持機構から成り、衝撃時に剛体が離れることによって主系の運動量を低減するダンパである。

2章では衝撃源、制振対象である主系、運動量交換型衝撃吸収ダンパに相当する三体の衝突問題の力学モデル化とエネルギー伝達率の評価を行っている。はじめに主系をばねで支えられた剛体でモデル化し、衝撃源からダンパへのエネルギー伝達率は主系と衝撃源および主系とダンパの二つの接触固有振動数に大きく依存することを理論的に示した。ここで、エネルギー伝達率は二つの接触固有振動数が等しい場合に最大となることを明らかにした。また、主系の固有振動数が接触固有振動数よりも十分に小さい場合にエネルギー伝達率が大きくなることを数値計算と実験によって確認した。つぎに制振対象を弾性棒としてモデル化した。弾性棒は振動モードを無数に持ち、それらの全てが衝突時のエネルギーの伝達に寄与し、主系を剛体でモデル化した場合よりもエネルギー伝達率が大きくなることを示した。

3章では床の重量衝撃音対策として運動量交換型衝撃吸収ダンパの適用を検討した。こどものジャンプなどによる衝撃によって床に与えられる運動エネルギーと運動量を、床に接触させてあるダンパの質量に瞬時に受け渡すことによって床の衝撃振動を低減する。数値計算と実験で、床の振動と下室の音圧を評価し、運動量交換型衝撃吸収ダンパは床の衝撃振動低減にも有効であることを確認した。なお、床模型実験では衝撃源として柔らかいボールと硬いボールの二種類を落下させた場合、硬いボールの方が大きな振動低減効果が得られるという結果を得た。これは、二つの接触固有振動数が近い方がエネルギー伝達が大きいという2章の知見を実証している。また、質量を単純に床に付加するだけの場合に比べて運動量交換型衝撃吸収ダンパは制振性能が高いということを確認した。

4章では運動量交換型衝撃吸収ダンパの鍛造機械への適用を検討した。ここでは、鍛造機械のベッドの振動低減と機械周辺に伝播する振動の低減を目的としている。数値計算によりベッドと衝撃源であるスライダの間の接触固有振動数がベッドの固有振動数に近い場合は、共振現象によってベッドの持つエネルギーが増加することを示した。また、接触固有振動数がベッドの固有振動数よりも小さい場合はスライダの反発速度が大きくなり、スライダに戻るエネルギーが大きくなり、結果としてベッドの運動エネルギーが減少し、逆に接触固有振動数の方が大きい場合はスライダに戻るエネルギーは小さくなるが、運動量交換型衝撃吸収ダンパの吸収エネルギーが増加し、ベッドのエネルギーは減少するという知見を得た。さらにこれらを、鍛造機械の模型で実験し、検証している。

5章では高速ボートが波に衝突するときの衝撃振動低減に運動量交換型衝撃吸収ダンパを適用した。床や鍛造機械に適用する場合と異なり、高速ボートでは主系とダンパが初期速度を持ち、衝撃源である波は静止しているモデルとなる。ここでは、ボートの振動解析には有限要素法を用いている。数値計算および実験により衝撃吸収ダンパの有効性を示している。

6章は結論であり、各章で得られた知見をまとめている。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、衝撃振動を低減する新しい手法として運動量交換型衝撃吸収ダンパを提案し、その制振性能を理論解析と実験により検証した研究である。また、運動量交換型衝撃吸収ダンパの実機への適用も検討している。得られた結果の主たるものは以下の通りである。

1. 運動量交換型衝撃吸収ダンパとは被衝撃体（主系）と接触した剛体とその支持機構から成り、衝撃時に剛体が離れることによって主系の運動量を低減するダンパである。ダンパの制振性能は主系とダンパ、あるいは主系と衝撃源の間の接触特性と、それらの初期条件によって決まるということを理論的に示した。とくに、衝撃源からダンパの質量に伝わるエネルギーは二つの接触系の固有振動数が等しい場合に最大になることを明らかにした。また、運動量交換型衝撃吸収ダンパのパラメータの最適値を明らかにした。
2. 運動量交換型衝撃吸収ダンパの適用対象として床、鍛造機械、高速ボートの三種類を取り上げた。床や鍛造機械に適用する場合は、衝撃源のみが初期速度を持ち、制振対象とダンパは初期速度を持たないが、高速ボートと波の衝突に運動量交換型衝撃吸収ダンパを適用する場合は、逆に制振対象とダンパが初期速度を持ち、衝撃源は静止している。これらにおいて、制振対象とダンパの質量比および二つの接触系の固有振動数と衝撃源からダンパの質量に伝わるエネルギーの関係を理論的に求め、従来の手法と比べて制振性能が高いことを明らかにした。
3. 床、鍛造機械、高速ボートの模型を用いて実験を行い、理論的に求めた運動量交換型衝撃吸収ダンパの特性を確認した。機構が簡単であり、衝撃吸収が大きいので実用性が高いことを実証した。

以上、本論文は運動量交換型衝撃吸収ダンパによる各種機械構造物の衝撃低減について研究したものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成19年8月24日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。