

Damping effect by contacting a piezoelectric element on an object in perpendicular direction of vibration

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2021-03-17 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/00061352

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



学 位 論 文 要 旨
Dissertation Abstract

圧電素子を用いた制振対象物の
振動直交方向の打撃による減衰効果
Damping effect by contacting a piezoelectric element on
an object in perpendicular direction of vibration

金沢大学大学院 自然科学研究科 機械科学専攻
上野 祐亮

Abstract

This study demonstrates a novel method for vibration damping using a piezoelectric element. A piezoelectric transducer excited by ultrasonic vibrations is placed in contact with a vibrating object in a direction perpendicular to the vibration. Unlike the conventional method in which the piezoelectric element is excited in the same direction as the vibration direction, the proposed method does not require complicated control. This study confirmed a damping effect with the proposed method by conducting hammering tests on a cantilever. The damping ratio obtained from these tests was approximately 10 times the value when a non-excited transducer was statically pressed to the cantilever. Moreover, the test results suggested that an optimal current to achieve the highest damping effect exists. The damping effect by the proposed method is considered to be triggered with a slip between the transducer and a vibrating object by suppressing the transverse oscillation of the transducer using the inertia effect caused by the transducer's excitation. Furthermore, the increase of the impact force applied to the object by the excitation improves the damping effect. By measuring the stress waves in a long bar based on the one-dimensional elastic wave propagation theory, the impact force caused by the excited transducer was measured. The impact force had a peak at a specific current and changed with the same tendency as the damping ratio. The results suggested that both suppressing the transducer's transverse oscillation and increasing the impact force cause the high damping effect by using the proposed method.

近年、産業機械である工作機械やロボットマニピュレータでは、生産速度向上の観点から動作の高速化、省スペースや省エネルギーの観点から小型化、軽量化が要求されている。しかし、機械の高速化かつ小型化、軽量化は、機械に振動を生じさせて生産能率に悪影響をもたらす。そこで小型でありながら高い発生力を有する圧電素子を用いた制振手法が多く考案されている。しかし、圧電素子を用いた従来の制振手法の多くは、制振対象物に応じた圧電素子の複雑な設計や振動する対象物の計測情報に基づいた高度なフィードバック制御が必要である。

本博士論文では、超音波振動を励起した圧電素子を対象物の振動方向と直交方向に接触させることで、複雑な設計や制御を必要とせず高い制振効果を得ることができる新たな制振手法を提案し、その制振効果の確認および制振原理の主要因について検討した。

第1章では、本研究の背景と目的、ならびに従来の研究を述べる。近年、工業製品の生産競争が激化により、工作機械による機械加工や部品搬送で使用されるロボットアームの動作の高速化、高能率化が要求されている。また、省スペース、省エネルギーの観点から、それらの産業機械の小型化、軽量化も重要な点となっている。しかし、生産の高速化かつ機械の小型化、軽量化は、機械に振動を生じさせて生産能率に悪影響をもたらす。そのため、小型かつ高い発生力を有する圧電素子を用いた制振手法が注目されている。しかし、圧電素子を制振対象物の振動方向と平行に接触させて制振を行うことが多い従来の手法では、高い効果を得るために制振対象物の振動特性に応じた素子自体の設計や対象物の振動状態の計測に基づく高度なフィードバック制御を必要とする。

そこで本研究では、超音波振動を励起した圧電振動子(以下、振動子)を制振対象物の振動方向と直交方向に加圧接触させることで、複雑な設計、制御を必要とせず容易に制振効果を

得ることができる制振手法を提案する。本研究では、簡便な構造である制振対象物に対して提案手法による制振効果を実際に測定する。さらに、振動子と制振対象物との接触条件を変更して制振効果に影響を与えるパラメータについて検討する。加えて、振動子の発生力の測定方法を提案し、実際にその測定を行うことで、制振効果の主要因について検討する。

第 2 章では、本研究で提案する制振手法で用いる振動子とその保持機構の各構造、および振動子の駆動方法を説明する。さらに、提案する制振手法の概要について述べる。振動子は平板形圧電体を積層した構造しており、板ばねを介してケーシングで支持することで振動子と対象物との安定した接触を可能としている。また、超音波振動数の交流電圧を振動子に印加することで長手方向の伸縮変形である超音波振動を励起することができる。提案手法では、まず、対象物に対して静的に振動子を加圧接触させる。この状態で超音波振動を励起することで、対象物に生じる残留振動を速く収束させる。

第 3 章では、提案手法による制振効果を確認するための試験装置および試験方法について説明する。さらに、簡便な構造の制振対象物に対して提案手法で得られる制振効果を実際に測定した。試験装置は制振対象物である片持ちはり、振動子とその保持機構、ならびにそれらの位置を調整する 3 軸スライダで構成されており、振動子には信号発生器が接続されている。これにより種々の静的押付量、印加電圧とその周波数で振動子を駆動させることができる。同装置を用いて、励振した振動子を接触させた片持ちはりに対してハンマリングを行い、はり先端に生じる加速度を測定して減衰比を算出した。その結果、静的押付量 0.05 mm、印加電圧 7 V の下、共振周波数で振動子を駆動させた場合、減衰比は静的押し付けた場合よりも 10 倍程度の向上を示し、提案手法による制振効果の発生を確認した。

第 4 章では、前章で得られた試験結果から、振動子と制振対象物との接触条件である静的押付量、印加電圧とその周波数が制振効果に及ぼす影響について調査し、提案手法による制振効果に影響を与えるパラメータについて検討した。さらに、得られた試験結果から、提案手法による制振効果の主要因について考察した。前章でのハンマリング試験の結果から、提案手法では振動子の共振周波数以外で駆動させることで最大の制振効果を発揮できること明らかにした。さらに、ハンマリング試験で得られた減衰比はある電流値でピークを有した。このことから提案手法による制振効果は、励振中の振動子に流入する電流を測定することで推定することができ、最大の制振効果が得られる最適な電流値が存在することを明らかにした。さらに、制振効果の主要因として、励振した振動子の揺動運動の抑制による接触面でのすべりの発生および励振による衝撃力の付与による摩擦力の増加を挙げた。

第 5 章では、振動子が対象物へ与える力の測定方法を検討し、静的に押し付けたときの静的押付力および励振で生じる衝撃力を実際に測定した。さらに、これらの発生力と制振効果との関係を調査した。振動子を対象物に静的に押し付けたとき、振動子を保持する板ばねが変形する。そこで、この板ばねにひずみゲージを貼付し、ひずみを測定することで振動子が対象物へ与える静的押付力を求めた。また、励振した振動子が与える衝撃力は、振動子に接触させた長棒を伝ばする応力波をひずみゲージで測定することで求めた。衝撃力が約 54 kHz と高周波である応力波を長棒の伝ば中に減衰させることで、測定された応力波から直接、衝撃力を算出できることを確認した。振動子に比べて高剛性な力センサをはりへ静的に押し付け、第 3 章と同様のハンマリング試験を行った結果、振動子を接触させた場合よりも減衰比は上昇した。この結果から、提案手法では、振動子を励振することでその揺動運動が抑制して制振効果を発生することが示唆された。また、励振で生じた衝撃力はある電流値でピークを有し、減衰比と同様な変化を示した。このことから、提案手法による制振効果の上昇は衝撃力の増加に起因することを明らかにした。

第 6 章では本論文で得られた結果を要約して述べている。

学位論文審査報告書（甲）

1. 学位論文題目（外国語の場合は和訳を付けること。）

..... 圧電素子を用いた制振対象物の振動直交方向の打撃による減衰効果

..... Damping effect by contacting a piezoelectric element on an object in perpendicular direction of vibration

2. 論文提出者 (1) 所 属 機械科学 専攻

(2) 氏 名 上野 祐亮

3. 審査結果の要旨（600～650字）

..... 当該学位論文に関し、令和2年8月3日に第1回学位論文審査委員会を開催し、提出された学位論文および関連資料について詳細に検討した。令和2年8月5日に口頭発表後、第2回学位論文審査委員会を開催し、慎重に協議の結果、以下の通り判定した。

..... 本論文は、超音波振動を励起した圧電素子を対象物の振動方向と直交方向に接触させることで制振効果が得られることを確認し、その原理を考察して高い制振効果が得られる条件を示している。すなわち、一軸方向に超音波振動する圧電素子からなる振動子を片持ちはりに対し、その振動の直交方向に接触させることで高い制振効果が得られることを示している。また、圧電素子に流入する電流値の大きさを調整することで同効果を最大化できることを示している。この主な原因を調べるため、励振した振動子による衝撃力を測定し、圧電素子に流入する電流値に対して衝撃力は、制振効果と同様な変化を示すことを明らかにし、以上の方法で生じる制振効果の原因が振動子と対象物間の摩擦力に起因しており、様々な制振目的に利用可能であることを述べている。

..... 以上のように本論文は、圧電素子を用いた簡便な制振方法と、その原理を明らかにしており、学術的価値ならびに工学への貢献度がともに高いと評価できる。よって、本論文は博士（工学）論文に値すると判定する。

4. 審査結果 (1) 判 定 (いずれかに○印) ・ 合 格 ・ 不合格
(2) 授与学位 ・ 博 士 (工 学)