

K-34

振動発電機に対するてこを用いた力増幅に関する実験的研究

Experimental Study on Force Magnification for Vibration Power Generation by using Lever Mechanism

○沼野 拓望¹ 一ノ瀬 勝斗² 宇部陽一朗²

The purpose of this research is to expand the output of the vibration power generator. Vibration power generation has been drawing more attention in recent years as it can be used for sensors applied to health monitoring of aged buildings and bridges. Lever mechanism has been adopted in order to apply more force onto reverse-magnetostrictive material for power generation. The natural frequency can be changed by changing leverage ratio so that the applicable frequency band can be adjusted. The experimental machine has been built and frequency response from the acceleration of the vibration to the generated voltage has been obtained. The theoretical vibration power generator has also been analyzed by using software “Creo Simulate”. Experimental and theoretical results have been compared and examined.

1. 緒言

振動発電は近年、老朽化した橋などの建築物を動態観測するためのセンサなどに用いられることができると注目されている。工場設備や橋の動態観測モニタリングなどを行う際、外部電源やバッテリーなどでは設置や交換のコストがかかり、場合によっては作業に危険も伴う。そこで、センサに供給される電源を、観測対象そのものの振動をエネルギーに変換する振動発電から取り入れることによってこれらのコストなどを減らすことが可能になる。

振動発電の原理は、圧電や静電誘導などいくつか存在するが本研究では、磁歪材料に圧縮力や引張力をかけることにより、磁界を変化させる逆磁歪効果を用いてコイルの中の磁束密度を変化させ、起電力を生む電磁誘導の方法を用いて振動発電を行う。

本研究では、てこ機構を採用することで発電量を増大させる提案を行っている。これにより磁歪材料により大きな力を加えることができる。また、てこ比を変えられる機構にすることで固有振動数の調整を可能にした。

先行研究による解析では“Creo Simulate”を用いて3次元モデルを作成し、振動発電デバイスの様々な位置や寸法を変えた場合の磁歪材料にかかる最大応力の変化を求められた。

これに基づき、本研究では実機を作製してこ比などの条件を変え、振動の加速度と発生した電圧の周波数応答をそれぞれ求めた。そして、解析と実機の結果をそれぞれ比較し、考察した。

2. 磁歪式振動発電の理論¹⁾

2.1 磁歪効果・逆磁歪効果

磁化の過程において、磁性体の形状が変化することを磁歪効果と呼ぶ。磁歪効果による歪が大きい材料は磁歪材料と呼ばれ、磁歪材料の歪が磁歪材料にかかる磁界の強さに関して線形であるという条件においては、以下の方程式で表される。

$$B = dT + \mu^T H \tag{2.1}$$

ここで、B：磁束密度[N/(A・m)]、d：磁歪定数[1/(A/m)]、T：機械的応力[N/m²]、 μ^T ：透磁率(T=0中測定)[N/A²]、H：磁界の強さ[A/m]である。磁歪効果と反対に、磁性体の形状が変化することで磁束が変化することを逆磁歪効果と呼ぶ。

2.2 発電原理

ファラデーの電磁誘導の法則より

$$V = -N(dB/dt)S \tag{2.2}$$

ここで、V：起電力[V]、N：コイルの巻き数[-]、S：コイルの断面積[m²]とする。

磁歪材料に応力を加えることで逆磁歪効果がうまれ、コイルの中の磁束密度が変化することによって発電する原理である。

3. 先行研究による有限要素解析

振動発電デバイスの3次元モデルを作成し、てこ比と錘を変化させた場合の、振動の周波数と磁歪材料にかかる最大応力の関係を求めた。作成した3次元モデルを Fig 3.1 に示す。

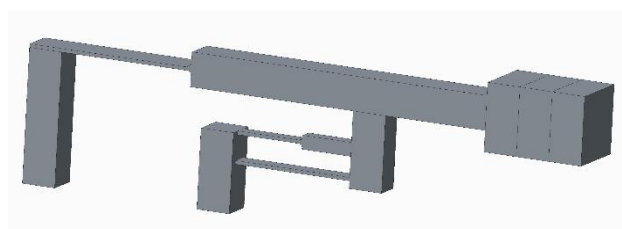


Fig 3.1 The model of three-dimension analysis

Fig 3.2 にてこ比を変更する際、装置を動かす位置の寸法を記載する。

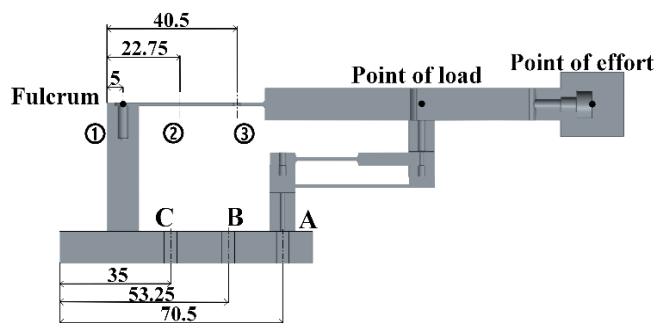


Fig 3.2 Positions of modification of leverage ration

上下方向に 0~500[Hz]の 9.8[m/s²]のランダム波を加振する条件のもと解析を行った。

1：日大理工・学部・機械 2：日大理工・院（前）・機械

Fig.3.2 での磁歪材料の部分を A の位置で固定し、てこ部の位置を 1~3 と移動させて、これらの解析条件を A1, A2, A3 と表記し区別する. それぞれの場合での振動の周波数と磁歪材料にかかる最大応力の関係を Fig.3.3 に示す.

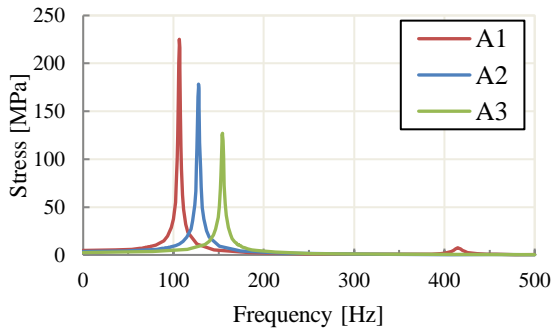


Fig 3.3 Frequency response

4. 実機による検証

てこ比と錘の数が調節可能な振動発電デバイスを製作し、それぞれの場合で振動の加速度と発生した電圧との周波数応答を求めた.

Fig.4.1 に振動発電デバイス, Fig.4.2 に実験装置概略図を示す.

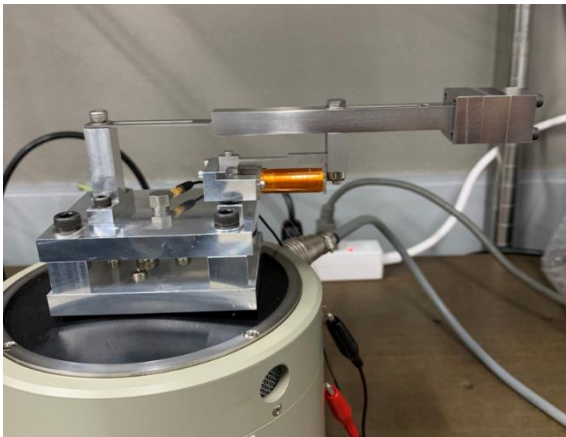


Fig 4.1 Power generator

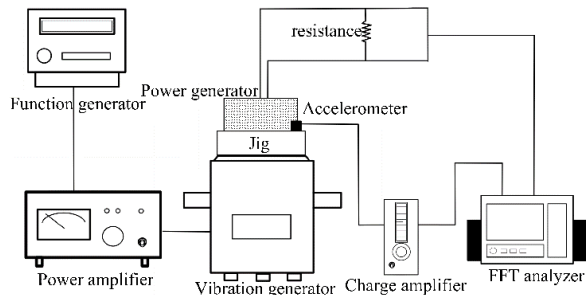
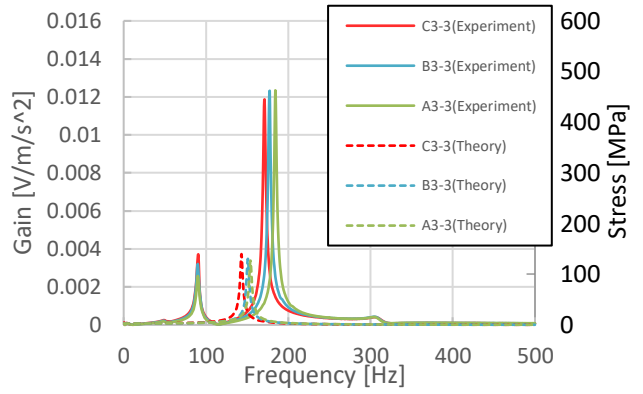


Fig 4.2 Experimental equipment

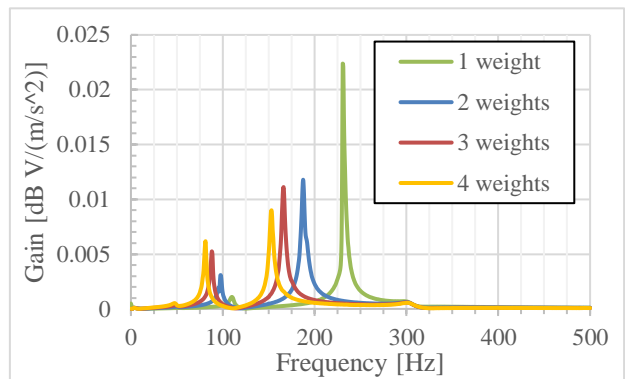
てこ機構が有効であるか実機により検証するため、上下に 0~500[Hz]の 9.8[m/s²]のランダム波を加振し、周波数応答を測定した. 振動発電デバイスのでこ部の部分を Fig 3.2 の 3 の位置で固定し磁歪材料の部分を A,B,C と移動させてそれぞれの場合での入力加速度と発電した電圧の周波数応答を Fig.4.3 に示す.

Fig 4.3 Frequency response of each leverage ratio



次に、錘を付加したときの効果を検証するために、振動発電デバイスを Fig3.2 の C3 の位置で固定し、てこ部の先端に付ける錘の数が 1~4 個の場合でそれぞれ周波数応答を取った結果を Fig4.4 に示す.

Fig 4.4 Frequency response



6. 結論

てこ機構の有用性を実験的に検証するため、振動発電装置を製作し、先行研究による理論的解析結果と比較した.

実験的解析の結果、1 次モードにおいて、てこ機構が出力の増幅に有効であり、錘を付加すると出力が増加することも確認された. しかし、理論的解析で生じなかった 2 次モードが生じ、さらに 2 次モードのゲインが 1 次モードよりも大きな値となった. これは、式(2.2)のファラデーの誘導起電力の法則より、起電力が単位時間あたりの応力の変化に依存しているためだと考えられる.

今回の実験装置の 1 次モードにおいて、てこ機構が出力向上に有効であることがわかった. しかし、誘導起電力の法則より、2 次モードの方が発電する結果となった.

6. 今後の展望

新たな実験装置を作成し、より高い発電量の実現を目指す.

参考文献

[1] 現代講座磁気工学 5 パワーマグネティクスのための応用電磁気学, 日本磁気学会編, 早乙女英夫他著, 共立出版株式会社 (2015)