

構造物振動を利用した発電手法に関する研究

諸星陽裕*, 藤本滋**, 一木正聡***

Study on power generation method using structure vibration

Akihiro MOROHOSHI*, Shigeru FUJIMOTO**, Masaaki ITIKI***

This paper describes an electrical power generating device using piezoelectric element (PZT) has been developed to convert vibration energy into electrical energy for the application of monitoring of infrastructure and buildings. As a result, it is possible to obtain the acceleration information, and the laminated PZT generated an electric power for driving the acceleration module by using the vibration of the air compressor. And by driving the battery, it was shown that the laminated of PZT element is effort of a electric power supply method. Such types of power generator was shown to be useful for the driving sensor and monitoring system.

Key Words : Piezoelectric element, PZT, Laminated PZT, Air compressor, Accelerometer

1. はじめに

近年、機械設備などから発生する振動を利用し、各設備の状態をモニタリングするためのセンサの電源として用いる圧電素子の開発が注目されている⁽¹⁾. 本研究ではこれまでに藤本らが発電特性の高いチタン酸ジルコン酸鉛(Pb(Zr,Ti)O₃, PZT)に Nb を加えると共に圧電素子を積層することで発電性能を大幅に向上させて来た^{(1),(2)}. しかしながら、既存の積層圧電素子単体でも、加速度センサを駆動させるための十分な電力を得ることが困難であった. 本研究では積層 PZT 素子を 2 体並列に設置し、発電特性を大幅に向上させ、加速度センサを駆動した結果について報告する.

2. 積層圧電素子

図 1, 表 1 に使用した 11 層の積層 PZT 素子の構造とその電気的物性を示す. 積層には導電性の接着剤が使用され、極は対向し結線されている. このような電極構造により、各 PZT 素子は電気的に並列となる. 積層 PZT 素子は軸方向に動荷重が作用すると、各層の PZT 素子はこの動荷重に応じた電荷を放出するため、積層 PZT 素子は、単層 PZT の積層数倍の電荷を放出することのできる高効率の発電素子である. なお、この 11 層の積層 PZT 素子は絶縁のため側面は厚さ約 1 mm のビニールカバーで覆われている. 圧電定数 d_{33} , 静電容量 C とともに単層 PZT 素子の約積層倍となる.

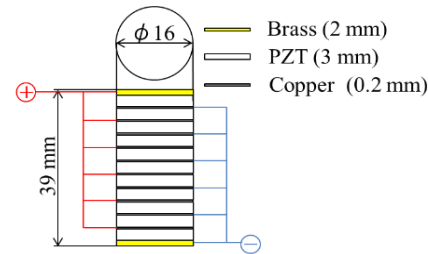


Fig.1 11-layer PZT

Table 1 Electrical character of 11-layer PZT

Number	Piezoelectric constant d_{33} (pC/N)	Capacitance C (pF)
Single layer	320	1053
11 layer	3637	9610

3. エアコンプレッサ

積層 PZT 素子を用いて、小型エアコンプレッサ(東芝製 SP10D-7T)の支持部の振動を利用した振動発電による加速度センサモジュールの駆動実験を行った. なお、本実験ではコンプレッサの支持部 1 箇所積層 PZT 素子を設置した単体設置型と支持部 2 箇所積層 PZT 素子をそれぞれ 1 体設置した並列設置型で実験を行った.

3.1 実験装置および実験方法

本実験で使用した加速度センサ駆動システムの回路を図 2 に示す. 積層 PZT 素子単体設置型(a)の場合、積層 PZT 素子から発生した電圧は定電圧回路(LINEAR 製 LTC3588)によって、整流 3.3 V に定電圧化される. さらにコンデンサ C_C (10000 μ F)によって、平滑化され蓄電される. また、並列設置型(b)ではブリッジダイオード(DIOTECH 製 DF08 436A)によって整流された後にコンデンサ C_S (47 μ F)によって平滑化され、定電圧回路によって、3.3 V に定電圧化され、さらにコンデンサ C_C によって蓄電され、2.2 V を超えるとスイッチング回路が ON となり、加速度センサモジュールに電力が供給される.

* 神奈川大学大学院工学研究科機械工学専攻

(E-mail: r201770082oy@kanagawa-u.ac.jp)

(〒221-8686 神奈川県横浜市神奈川区六角橋 3-27-1)

** 神奈川大学

*** 産業技術総合研究所 つくば本部

(〒305-8560 茨城県つくば市梅園 1-1-1)

* Graduate school of Kanagawa University

** Kanagawa University

*** AIST

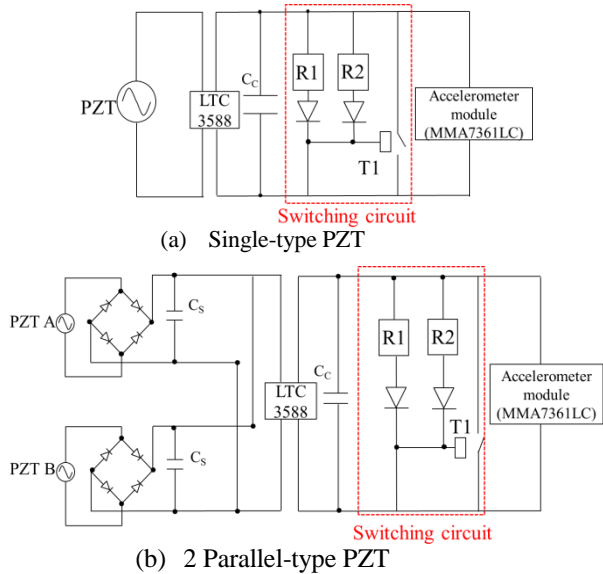


Fig.2 Driving circuit of accelerometer module

エアコンプレッサには4箇所(キャスター)があり、単体設置型は1箇所、並列設置型は2箇所にそれぞれ1体の積層PZT素子が支持部の下部に図3のように取り付けられた。このように取り付けることで、エアコンプレッサの自重により圧縮荷重が加えられ、積層PZT素子が固定される。また、上部アクリル板と支持部、下部アクリル板と床には厚さ10mmのゴム板が挿入されている(図3, 青斜線)。さらに、エアコンプレッサ稼働時の支持部の移動を抑制するため、支持部は厚さ20mmのゴム板(図3, 青斜線)で囲み、ゴム板と支持部をガムテープで固定している。また、支持部の上端に支持部の加速度を計測するための加速度センサモジュールとひずみ型加速度計(共和電業製AS-5GB)が取り付けられている。

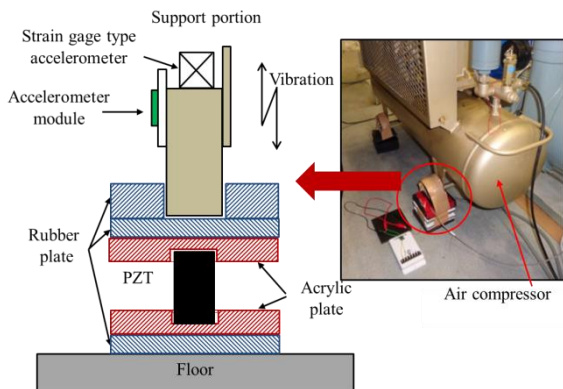


Fig.3 Setting of laminated PZT element under support portion of air compressor

以上のような実験装置を用いて、エアコンプレッサ稼働時の積層PZT素子による振動発電実験について、次に示す計測が行われた。支持部の鉛直方向の加速度時刻歴と積層PZT素子の発生電圧の時刻歴がそれぞれ、加速度センサモジュール、ひずみ型加速度計(共和電業製AS-5GB)およびデジタル電圧計(NEC製Omniace RA2300)によって計測された。

3.2 実験結果

実験結果の例として、並列設置型のコンデンサ C_c の電圧時刻歴と加速度センサモジュールの出力電圧を図4に示す。図4より、エアコンプレッサの稼働から約326秒の蓄電により、加速度センサモジュールが駆動を開始し、約19.45秒の周期で駆動され、駆動時間は2.4秒間であった。また、コンプレッサの卓越振動数は19.5 Hzであり、この時、積層PZT素子から約16.3 Vの電圧が発生した。11層積層PZT素子の発電特性から、これは約65 Nに相当する動荷重である。

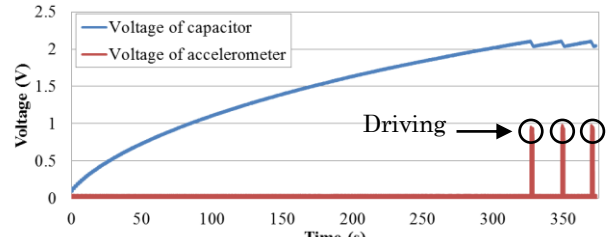


Fig.4 Time history of voltage of capacitor and accelerometer(Parallel-type PZT 10000 μ F)

図5に単体設置型と並列設置型の積層PZT素子による加速度センサモジュールの出力電圧時刻歴を示す。図5より単体設置型積層PZT素子の加速度センサモジュールの駆動周期は約37.2秒であり、並列設置型積層PZT素子の場合には約19.45秒であった。これらと比較すると並列設置型の場合の駆動頻度は約1.91倍となっている。このことから、少なくとも並列設置型は単体設置型の約1.91倍の電荷が放出されていることがわかる。以上の結果より、積層PZT素子を複数体設置し、出力を並列に結線することで複数倍の電荷を獲得することができ、より大きな電力を必要とする無線加速度センサデバイスを駆動させることのできる見通しが得られた。

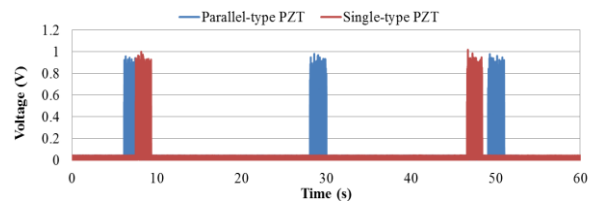


Fig.5 Comparison of the driving frequency of single-type PZT and parallel-type PZT

4. 結言

加速度センサモジュールの駆動頻度を11層PZT素子2体並列設置型と単体設置型と比較すると約2倍であることから、発生電荷も約2倍以上であることが推測される。このことから、並列設置型積層PZT素子はセンサモニタリングシステムの電源として有用な発電デバイスとなり得る見通しを得た。

参考文献

- (1) 藤本 滋ほか, “設計工学”, (2012), Vol47, No12, P.54
- (2) T. Imai ほか, PowerMEMS2014, (2014), P502-506