108 構造物振動を利用した発電装置に関する研究 (電磁誘導型素子の発電特性)

Study on a generator using vibration of structures

(Characteristics of generation by electromagnetic induction)

○学 池田 大輔 (湘南工科大)

関口 達郎 (湘南工科大)

正 藤本 滋 (湘南工科大)

Daisuke IKEDA, Shonan Institute of Technology, 1-1-25 Tsujido-Nishikaigan, Fujisawa, Kanagawa

Tatsuro SEKIGUCHI and Shigeru FUJIMOTO, Shonan Institute of Technology

Key Words: Footbridge, Dynamic damper, Generator, Electromagnetic induction, Vibration test

1. はじめに

現在, さまざまな構造物振動や機械振動を利用した発電研究が行われている¹⁾。また, 同じく構造物振動や機械振動を抑える装置として制振装置の研究も行われ, 実用化されている事例もある。著者らは, 振動体の共振領域の振動を利用し, 構造物の振動エネルギーを電気エネルギーに変換する手法として電磁誘導型素子を利用した発電素子について検討を行った。共振領域の振動エネルギーを取り出す手法として効率の良い動吸振器を用いる。ここでは動吸振器の中でも道路振動や歩行者振動により常に揺れ, 固有振動に近い振動を起こしている歩道橋に設置される動吸振器型制振装置²⁾に注目した。図1に歩道橋構造例³⁾, 動吸振器型制振装置および発電装置の概念を示す。本研究では, 発電装置を歩道橋動吸振器に用いた場合の基礎検討を行い, 振動発電の有効性への見通しを得ることを目的としている。

本稿は, 電磁誘導型発電素子の発電基本特性を把握するため, 図2および図3に示す試験装置を使用し, 発電要素試験および振動体を組み合わせた発電試験を行い, 磁石とコイルの速度, 加速度, 変位, 位置関係と発生電圧, 整流後電圧の関係及び発生電力について評価したものである。

2. 要素実験

磁石とコイルから構成される電磁誘導型素子の発電基本特性を把握するため要素試験を行った。試験装置の概要を図2に, 発電回路構成を図4に示す。使用したコイルおよび磁石の主な仕様は次の通りである。

コイル: エナメル線, 1000 回巻, $d=23\text{mm}$, $\ell_1=32.2\text{mm}$

磁石(ネオジウム磁石): 500mT , $d=19\text{mm}$, $\ell_2=28\text{mm}$

試験装置は, コイルを振動台外部の基礎上に固定し, 一方の磁石は振動台に設置した支持台に取り付けた。磁石を加速度一定, 速度一定, 変位一定など様々の条件下で, また, 振動数を $1\sim 10\text{Hz}$ で変化させた。そのときのコイル内に発生した電圧および整流後の電圧を測定した。また, 振動台に加速度計を設置し, 磁石の速度および変位を算出した。発電回路においては発生した交流電圧をブリッジダイオードを使用して整流した後, 外部抵抗 ($1\text{k}\Omega$) を介して電圧測定を行った。要素試験の結果例として図5に変位一定 4Hz で振動させた時の加速度時刻歴, 発生電圧時刻歴および整流後電圧時刻歴を示す。図6に変位一定振幅時の磁石とコイルの相対速度に対する発生電圧および整流後電圧の変化を示す。要素試験の結果, 以下のことが明らかとなった。

- (1) 発生電圧は相対速度依存性を有する。
- (2) 発生電圧は本試験の範囲 ($1\sim 10\text{Hz}$) では振動数依存性, 変位依存性および加速度依存性は小さい。
- (3) 本試験に用いたブリッジダイオードの損失電圧は約 0.7V であった。

Fig.1 Footbridge structure with dynamic damper and generator

Fig.2 Elementary test model

Fig.3 Experimental equipments for vibration tests

Fig.4. Circuit for generator

3. 振動体と組み合わせた発電試験

振動体が実際に強制振動外力により振動した場合の発電特性を把握するため、強制振動発電実験を行った。試験装置の概要を図3に示す。使用したコイルおよび磁石の主な仕様は次の通りである。

コイル：エナメル線、1000回巻、 $d=35\text{mm}$ 、 $l_1=32.2\text{mm}$

磁石（ネオジウム磁石）：500mT、 $d=19\text{mm}$ 、 $l_2=28\text{mm}$

試験装置は板ばね（SUS304、 $t=3\text{mm}$ 、 $w=50\text{mm}$ 、 $L=1000\text{mm}$ ）を両端支持し、中央部に錘（1.468Kg）が設置されている構造である。また、錘から磁石が連結棒の先端に取り付けられている。その両端支持された試験体の支持部に強制振動を与え、振動体を振動させる。振動台の入力加速度、板ばね中央部錘の加速度の計測を行い、これらのデータより相対速度を算出した。また、大振幅変位を得るため振動台を振動体の固有振動数（4.0Hz）で加振した。磁石の初期位置は「コイル外」、「コイル内」の2通り。発電回路における外部抵抗は1K Ω 、5K Ω 、1M Ω の3種類を使用し、各々の抵抗の電圧を計測した。強制振動実験の結果例として図7に磁石の初期位置「コイル外」で1K Ω を装着した時の錘の応答加速度時刻歴、発生電圧時刻歴、整流後の電圧時刻歴を示す。図8に磁石初期位置「コイル外」の時の磁石とコイルの相対速度に対する1K Ω ・1M Ω 抵抗の電圧変化を示す。振動試験の結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 磁石の初期位置は「コイル内」より「コイル外」のタイプの方が発電電圧高い。
- (2) 発生電圧は磁石とコイルの相対速度とほぼ比例する。
- (3) 振動体に取り付けた発電体により、振動発電することが可能。

4. おわりに

発生電圧は、磁石とコイルとの相対速度に依存することが確認された。また、板ばねと錘から構成される動吸振器型試験装置での発電が可能であることが確認されたが、今回の発電体1組のみの試験装置では発生電圧は低く、効率も良好ではない。しかしながら、磁石の磁束密度の増加、コイルの巻数増加および発電装置の増加等を行うことにより発電効率改善が見込まれる。以上のことから動吸振器の錘部に電磁誘導型発電装置を設置した場合の発電の見通しが得られた。

5. 参考文献

- 1) 佐々木健, 精密工学会誌 Vol. 70, No. 10, 2004, p1286 (2004)
- 2) 藤本他 2005 D&D CD-ROM, No. 446. (2005)
- 3) 建設省制定土木構造物標準設計, 全日本建設技術協会, Vol. 5, (1985)

Fig.8 Effect of the relative velocity on generated voltage

Fig.5 Time history of acceleration, generated voltage and rectified voltage ($f=4\text{Hz}$)

Fig.6 Effect of the relative velocity on generated voltage and rectified voltage

Fig.7 Time history of response acceleration, generated voltage and rectified voltage ($f=4\text{Hz}$)