751 圧電素子を利用した微動機構に関する研究

Step Motion Mechanism Driven by Impulsive Force of a Multi-Layer PZT Actuator

正 大内 英俊 (山梨大) 学O 志村 宏 (山梨大院)

Hidetoshi OHUCHI, University of Yamanashi, Takeda-4, Kofu, Yamanashi

Hiroshi SHIMURA, University of Yamanashi, Takeda-4, Kofu, Yamanashi

Key Words : Multi-layer PZT actuator, Motion mechanism, Impulsive force

1. 緒言

産業界では、製品や産業機器は小形化、高性能化、省エネルギー化が求められている。圧電素子は変位レンジこそ小さいが、発生力・応答速度ともに他のアクチュエータよりも優れている。本研究では、積層圧電素子に急激に電圧を印加したときに発生する打撃的な力を利用して、ステップ状に移動する機構を試作した。摩擦のある面に移動体を置き、その上にばねで支持された慣性体を載せて圧電素子を打撃するもので、衝撃的な打撃の反力によって微小量前進し、摩擦力のために逆戻りしない構成になっている。また、素子のセンサ機能を利用して連続的に打撃することができる^{(1), (2)}。本稿では、この機構の基本的な特性について報告する。

Fig.1 External view of the step motion mechanism

2. 試作した機構の構成と原理

2.1 構成 試作した機構の概観を Fig1 に、構造の概略を Fig2 に示す。この機構は、積層圧電素子(2×3×9mm)、フレーム(25×25×23mm)、梁、慣性体(2.5g)から構成されており、梁にはピアノ線(φ0.3mm)、慣性体には黄銅を用いた。積層圧電素子の先端には半球が接着され、半球を介して打撃力を慣性体に伝え、その反動で機構全体を微小移動させる仕組みになっている。また連続的に打撃力を発生させるためにマイコンによる制御を行う。

2.2 動作原理 Fig.3 に本微動機構の動作原理図を示す。

(a) 慣性体と半球を接触させておき、圧電素子に急激に立ち上がる電圧(0→100Vを10μsec)を印加し、圧電素子を伸ばす。

(b) このとき圧電素子は、慣性体を左方向に跳ね飛ばし、同時にその反力で圧電素子が固定されているフレームは右方向に微小移動する。

(c) 跳ね飛ばされた慣性体と圧電素子が再び接触し、そのときの力によって再度フレームは右方向へ微小移動する。

打撃あるいは衝突時は瞬間的に大きな力が作用するので床面との摩擦力に打ち勝って移動するが、慣性体の変位しているときのばね力は、衝撃的ではないので摩擦力以下となり、左方向には移動しない。

2.3 連続打撃 ここでいう連続打撃とは、慣性体がばねの作用で戻され、圧電素子に衝突したタイミングを捉えて次の打撃力を与えることを意味している。つまり、慣性体が圧電素子の半球と衝突した時に、圧電効果による電圧を発生する。この電圧を検出し、一定の遅延時間を置き、慣性体のリバウンドのタイミングに合わせて再び積層圧電素子に電圧を印加し、連続的に慣性体を打撃している。

2.4 跳躍型微動機構 この機構の移動性能は、床面との摩擦に依存している。打撃時には、摩擦は小さい方がよいが、それ以外は摩擦は大きい方がよい。そこで Fig.4 に示すように、機構の床面のフレームに傾斜(6.8度)をつけ、打撃方向をやや上向きとした。鉛直方向に跳躍させることによって摩擦力を減少させ、移動量を増加させる仕組みになっている。

以下では、傾斜のないタイプを通常型微動機構、傾斜をつけたタイプを跳躍型微動機構と呼ぶこととし、両者の移動特性の違いを実験的に調べる。

Fig.2 Step motion mechanism

Fig.3 Principle of the step motion mechanism

3. 実験結果

微動機構装置の特性を調べるために、水平方向の動作、鉛直方向の振動を、レーザー式変位センサを用いて測定した。圧電素子には100[V]のパルス状の電圧を印加した。床面の摩擦の条件を整えるために、定盤の上の方眼紙を敷き、その上を移動させた。

3.1 水平方向の動作

Fig.5 は通常型において5回連続打撃を行なったときの、水平方向の移動状況を進行方向 (Fig.3 の右方向) から測定した結果である。印加電圧の大きさが不揃いに見えるが、これは測定サンプリング上の問題であり、それぞれ 100[V] が印加されている。5回打撃後も微動機構は移動を続けているのは、慣性体の残留振動によるものである。

Fig.6 は、慣性体の振動を進行方向の逆から記録したものであり、残留振動の様子が分かる。

Fig.7 は、跳躍型について同様に10回連続打撃を行った結果で、Fig.5 と比較すると、移動量が増している。装置に傾斜をつけることにより装置自体が床面から離れ床面と装置との摩擦を軽減し水平方向への力を増加させたと考えられる。

Fig.5 Displacement of the normal-type mechanism with five successive impulses

Fig.6 Displacement of inertial mass of the normal-type mechanism with five successive impulses

Fig.7 Displacement of the jumping-type mechanism with five successive impulses

3.2 鉛直方向の振動

Fig.8 に跳躍型微動機構における5回連続打撃時の鉛直方向変位を示す。打撃方向に角度をつけたことにより、鉛直方向の振動が大きく増加していることが分かる。この変位は打撃回数を増加させると大きく増加した。また、鉛直方向の振動は打撃終了後残留振動によっても生じていることが分かる。なお、通常型の場合も鉛直方向の振動があったが、0.05mm 程度と小さく、打撃回数によっては変化しなかった。

Fig.8 Vertical vibration of jumping-type mechanism direction with successive five impulses

3.3 負荷の積載

Fig.9 に、跳躍型微動機構の上面フレームに質量 30[g]の金属ブロックを載せ、10回連続で打撃したときの動作を示す。負荷の積載によって打撃回数当たりの移動量は減少したが、Fig.5 と同様の移動特性が得られている。

Fig.9 Displacement of the jumping-type mechanism loading mass of 30g

4. 結言

- ・積層圧電素子の打撃力を利用した微動機構においては、打撃方向が水平方向のものに対し、やや上向きのは床との摩擦が減るため、移動量が増加した。
- ・本機構に 30[g]の負荷を載せても、1.5[mm/s]の速度で移動することができた。
- ・今後は、床との摩擦と移動量の関係、積載可能な質量などについて調べたい。

5. 参考文献

- (1)大内・細田・長田, 平成 15 年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集, (2003), 141.
- (2)H. Ohuchi, T. Sota and T. Osada, Proceedings of the 8th ICMT, (2004), 227