Basic Performances of Step Motion Mechanism Driven by Impulsive Force of a PZT Actuator

正 大内 英俊 (山梨大)

○学 久保田 光(山梨大院)

学 齊藤 真 (山梨大院)

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

Hikaru KUBOTA, University of Yamanashi, Takeda-4, Kofu, Yamanashi

Shin SAITO, University of Yamanashi, Takeda-4, Kofu, Yamanashi

Key Words: PZT actuator, Step Motion Mechanism, Impulsive force

1. 諸言

積層圧電アクチュエータは変位こそ小さいが、発生力・応答速度ともに優れているため、小形化、高性能化が求められる産業機器や製品に使用されるようになってきている。

著者らは、圧電アクチュエータを急激に伸張させて慣性体を打撃し、その時の反力、モーメント、摩擦などを利用してステップ移動を行わせる機構について研究している⁽¹⁾。

圧電素子の打撃力の利用として空気圧制御弁の駆動も試みているが⁽²⁾、この場合、制御弁を開の状態としておくためには、その間連続して打撃しなければならず、また、弁開度も小さく、少流量の制御に限られた。

一方、試作した機構を前後に傾斜させると、打撃力と摩擦力とのバランスが変わるため、移動方向が変更できることも分かったが、移動方向は傾斜方向で決まるものであった⁽³⁾。

そこで、一つの積層圧電アクチュエータを用いて、打撃力を変更することで一軸上を往復できる機構について考察した。現段階では空気圧制御弁に組込んでいないが、本稿では、この移動機構の基本的な特性について報告する。

2. 移動機構の構造と原理

2.1 構造

移動機構の構造を Fig.1 に示す。アルミニウム製のフレーム枠の内側下部に積層圧電素子(2×3×10mm)を接着してある。反対側には鋼製の半球が接着されており、φ0.3mmのピアノ線(ばね)で支持された5gの黄銅製の慣性体と接触している。

圧電素子を急激に伸張させると接触している慣性体をはじき飛ばすような打撃力を発生する。飛ばされた慣性体はばねの作用で戻され、半球に衝突する。このとき発生する圧電効果による電圧を検出し、一定の遅延時間をおき、慣性体のリバウンドのタイミングに合わせて再び電圧を印加し、連続的に慣性体を打撃している。これらの処理はマイクロコンピュータで行っている。

2.2 動作原理

Fig.2 で右方向へ移動させる場合と左方向へ移動させる場合の動作の説明をする。

2.2.1 右方向への移動(低電圧駆動)

(a) 慣性体と圧電素子先を接触させておく。

(b) 圧電素子で打撃力を発生させる。衝撃的な力だが低電圧であるので力としては比較的小さい。図は打撃直後のもので、慣性体に与えた力の反力がフレームに働く。その力は短時間だが摩擦力に打ち勝って、フレームは右方向へ移動する。この時床の位置に書いたような左方向に摩擦力が発生する。梁の変位はまだ小さいので、フレームの移動を妨げるほどの力ではない。

(c) 慣性体が左方向に跳ね飛ばされると、ばねの変位が大きくなり、フレームを左方向に押す力となるが、衝撃的な力ではないので、(b)による移動を元に戻すには至らない。

(d) 慣性体が復帰して半球と衝突する。

2.2.2 左方向への移動(高電圧駆動)

(b') 圧電素子への印加電圧を上げ、打撃力を強くすると、フレームに右周りのモーメントが発生する。フレームが傾斜することにより垂直抗力が増大し大きな摩擦力が生まれる。従って打撃時に発生した右方向への力によっては移動しない。慣性体が大きく振られることにより、左方向へ移動する。

Fig.1 Experimental setup

Fig.2 Principle of the step motion mechanism

(c') 低電圧駆動に比べてばねの変位が大きく、フレームを左方向に押す力が大きくなり、機構は左方向へ移動する。

なお、印加電圧の高低は、圧電素子の電気的容量特性を利用し、スイッチのON時間の長短で調整している。

3. 実験方法および実験結果

3. 1 実験方法

Fig.1の機構を紙を敷いた定盤の上に載せ、10回連続打撃によって移動する様子を記録した。水平方向の変位および上下方向の変位を可視光レーザー式変位センサで測定した。低電圧駆動とは、印加電圧の最大値が40V（指令パルス幅3 μ s）で、高電圧駆動とは最大値が100V（同9 μ s）である。

3. 2 実験結果

3.2.1 低電圧駆動

Fig.3に低電圧時の水平右方向（以下でも右とは、Fig.1における右方向を示す。）の動作特性を示す。10回の連続打撃で約0.7mm進む。最初の打撃による変位は小さいが、3回程打撃を繰返すと十分大きくなる。印加電圧の高さが揃っていないが、これは記録上の問題で、実際には約40Vで同じである。また、10回の打撃終了後も移動しているのは、慣性体の残留振動のためである。

Fig.4に低電圧駆動時のフレームの左端付近の鉛直方向の振動を示す。同様に右端付近の振動も調べたが、Fig.4同様に変位はほとんどなく、フレームは水平状態を保ったまま移動していることが分かる。アクチュエータで打撃しているとはいえ、ほぼ押している状態に近いことが分かった。

3.2.2 高電圧時

Fig.5に高電圧時の水平方向の動作特性を示す。Fig.3とは逆方向に移動している。10回の打撃による移動量は約2.7mmであった。このときのフレームの上下方向の動きを調べてみると、右端側はほぼ変位はなく、左側にFig.6に示すように約0.3mmの変位が現れており、Fig.2(b'), (c')で説明したように、フレームが左上に傾いているのが分かる。慣性力と摩擦力の関係で、右回りのモーメントが発生し、垂直抗力が增大したため、大きな摩擦力が発生し、右方向へ移動せず、慣性体の動きによって左方向へ跳ねるように移動したと考えられる。

4. 結言

積層圧電素子を一個だけ使用して左右方向に移動可能な機構を試作した。低電圧時は変位こそ少ないが慣性体を打撃した反力が摩擦力に打ち勝って移動する。高電圧時にはフレームを傾けるようなモーメントを発生させて摩擦力を増し、慣性体が打撃された方向へ跳ねるように移動することを確認した。

今後は、本微動機構を小形化し、空気圧制御弁へ応用するため、ガイドに沿って移動できるようにしたい。

本研究は、科学研究費補助金(C)を受けて実施されている。この場を借りて関係者に深謝する。

5. 参考文献

- 1) 三田, 大内, 長田, 積層圧電素子の打撃力を利用した空気圧制御弁の研究, 平成8年秋季油空圧講演会講演論文集, (1996), 65
- 2) 大内・細田・長田, 積層圧電素子の連続跳躍動作を利用した空気圧オンオフ弁によるシリンダの微小駆動, 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
- 3) 大内, 志村, 積層圧電素子の打撃力を利用した微動機構, 平成18年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集, (2006), 46

Fig.3 Basic performances in horizontal direction (Low voltage)

Fig.4 Vibration in vertical direction (Low voltage)

Fig.5 Basic Performances in horizontal direction (high voltage)

Fig.6 Vibration in vertical direction (High voltage)