852 積層形圧電アクチュエータの連続跳躍動作を利用した 空気圧オンオフ弁の試作

Pneumatic On-Off Valve

Driven by Successive Jumping Action of PZT Multilayer Actuator

正 大内 英俊 (山梨大)

○学 細田 慎也 (山梨大 (院))

正 長田 佐 (山梨大)

学 中島 宏文 (山梨大 (院))

Hidetoshi OHUCHI, University of Yamanashi, 4-3-11, Takeda, Kofu, Yamanashi

Shinya HOSODA, Graduate school, University of Yamanashi

Tasuku OSADA, University of Yamanashi, 4-3-11, Takeda, Kofu, Yamanashi

Hirofumi NAKASHIMA, Graduate school, University of Yamanashi

Key Words: Pneumatic, On-Off Valve, PZT Actuator, Impulsive Force, Jumping Action

1. 緒言

積層圧電アクチュエータは、変位量は少ないが高応答であるという特長をもち、急激に電圧を印加すると接触している小物体を弾き飛ばすような打撃力を発生することができる。また逆に接触物体を固定して圧電素子側を移動自由にする、素子自体が弾き飛ばされる。今回試作した空気圧オンオフ弁では後者の方式を採用し、弁体跳躍形とした。また、バルブ本体の形状をインライン形とし、小形化を図った。

2. 連続跳躍機構

Fig.1 は積層圧電アクチュエータに電圧を印加したときの変位(静電容量形センサで測定)との関係を表したものである。変位は印加電圧に対して $20[\mu\text{s}]$ ほど遅れるが、 $6.6[\mu\text{m}]$ を $20[\mu\text{s}]$ で変位している。一方、アクチュエータの変位量は小さく、このままではオンオフ弁の弁体としての利用は困難であるので変位を拡大することにした。積層圧電素子を固定した物体に接触させている状態で電圧を急激に印加すると、素子自体を弾き飛ばすことができる。この跳躍力を利用して変位を拡大した。一回の跳躍では変位している(弁が開となる)時間が短いので連続的に跳躍させることにした。積層圧電素子を跳躍させ、着地する瞬間に発生する圧電効果による発生電圧を検出する。この信号を利用して再度圧電素子に電圧を印加すると、素子は一度目よりさらに高く跳躍する。これを繰り返すことにより素子を連続的に跳躍させることがで

Fig.1 Applied voltage and PZT displacement

Fig.2 Jumping actuator

きる^{(1),(2)}。これを連続跳躍動作(連続打ち)と呼ぶことにする。

実験に使用した跳躍機構を Fig.2 に示す。積層圧電アクチュエータ($2 \times 3 \times 9[\text{mm}]$)を挟むように上に慣性体(約 $2[\text{g}]$)、下にスチールボールをカットした半球を取り付けた。また、跳躍したとき左右にずれないように慣性体と半球にピアノ線($\phi 0.3[\text{mm}]$)のガイドを取り付けた。上から慣性体をコイルばね(バネ定数 $20[\text{g}/\text{mm}]$)で軽く押さえ、排気口に見立てた下の穴を半球で塞ぐ。この状態を空気圧オンオフ弁のオフの状態とする。下の土台には軟鋼を使用した。実際にはこの機構(弁体)を管の中にセットして(後出、Fig.5)使用するが、これでは変位の測定やばねの調整が難しいので、予備実験として排気口から空気を吸引した状態で連続打ちを行なってみた。変位の測定はガイドの上に白いテープを貼り付け、可視光レーザ式変位センサによって測定した。

実測結果を Fig.3, 4 に示す。Fig.3 では吸引圧 $0[\text{mmHg}]$ 、Fig.4 では $-50[\text{mmHg}]$ で、いずれも 5 回連続打ちである。印加電圧の値が低く見えるのはディジタルオシロスコーブの特性によるもので、実際には最大値約 $100[\text{V}]$ で Fig.1 のような波形をしている。素子の着地信号を検知してから再び電圧を印加するまでの時間間隔は条件によって変化するが、Fig.3 の場合、およそ $25 \sim 100[\mu\text{s}]$ のとき、より大きな跳躍変位が得られた。吸引圧を下げるとわずかではあるが跳躍時間が短くなり、跳躍変位も低くなった。また、連続打ちの遅延時間も短くしなければ安定した跳躍動作が得られなかった。

Fig.3 Applied voltage and jumping displacement with five successive impulses (suction: 0[mmHg])

Fig.4 Applied voltage and jumping displacement with five successive impulses (suction: - 50[mmHg])

Fig.5 Pneumatic on-off valve

Fig.6 Stepwise motion of the rod (2-hitting x 5)

3. 試作空気圧オンオフ弁

試作した空気圧オンオフ弁を Fig.5 に示す。先ほどの弁体を外径 11[mm]、肉厚 0.5[mm]、長さ 42.5[mm]の亚克力管の中に入れ、上を供給ポート、下を排出ポートとした。ガイドとなるピアノ線はポート内で支えられている。図ではバルブがオフ状態で、供給ポートから供給された空気は排出されない。積層圧電アクチュエータを跳躍させたときにオン状態となり、空気は排出される。

試作した空気圧オンオフ弁を用いて、低摩擦の空気圧シリンダを使った微動駆動の実験を行なった。空気圧シリンダのロッド側の供給口を塞ぎ、ヘッド側の供給口に試作した空気圧オンオフ弁を接続した。200[kPa]の空気を供給し、2 回連続打ちを 5 回繰り返したときのロッド変位を Fig.6 に示す。平均して一回につき約 0.1[mm]程度の微小変位が得られた。一回目の変位が特に小さいのは、シリンダの摩擦や初期状態におけるシリンダ内圧力の影響などが考えられる。

4. 結論

積層圧電アクチュエータの連続跳躍動作を利用し、インライン形の小型空気圧オンオフ弁を試作した。この空気圧オンオフ弁を用いて空気圧シリンダを微動駆動させることができた。今後は連続跳躍動作の遅延時間を調整して空気圧オンオフ弁を安定駆動させること、さらに、供給用、排気用に 2 つの空気圧オンオフ弁を使用して、空気圧シリンダの微小駆動を試みたい。

5. 参考文献

- (1)山本, 大内, 長田: 積層圧電アクチュエータの跳躍動作を利用した空気圧オンオフ弁, 平成 10 年秋季フルイドパワーシステム講演会講演論文集, (1998),124
- (2)大内, 中島, 長田, 丸山: 積層形圧電アクチュエータの打撃力を利用した空気圧バルブによるシリンダの微小駆動, 山梨講演会講演論文集, (2002)239