小口径分岐管内走行用アクチュエータの走行特性

Locomotion Properties of Actuator capable of movement in Thin T-Pipe

○菅原 悠(東北学院大) 正 矢口 博之(東北学院大)

Hiroshi SUGAWARA and Hiroyuki YAGUCHI

Tohoku Gakuin University, 1-13-1 Tagajo, Miyagi

Key Words: actuator, locomotion, vibration phase, pipe inside mover, complex pipe

1. はじめに

原子炉, 化学プラントライン, さらには医療などの幅広い分野において, 管内探索用マイクロロボットの要求が高まってきている。これらのロボットは, 人手では作業不能な配管の検査および修理を目的とするものである。本研究では, 原子炉などの複雑な管内を自由に走行し, 管内壁面の損傷状態を探索することを目的とした磁気アクチュエータを試作した。本アクチュエータは, 内径 35 mm の範囲にて段差を有する直進管内, T字等の分岐管内の走行が可能であることを確認した。

2. 電磁型アクチュエータの構造

図 1 は本研究において試作した内径 35 mm の管内を自由に往復移動可能な磁気アクチュエータの構造を示したものである。本アクチュエータは, アクリルフレーム上に配置された 4 個の振動体 1, 2, 3, 4 および振動体上に固着されたゴム材 1, 2 とゴム材上部に取付けられた 4 本の形状記憶合金ばね (SMA) により構成される。また 4 本の振動体に直交した 1 本の振動体 5 が, フレーム上に取り付けられている。各振動体に用いた永久磁石は両面 2 極着磁ネオジム磁石で, その寸法は $\Phi 5 \times 2$ mm, 表面磁束密度は 300 mT である。振動体 1 から 4 の上部に取り付けられたゴム材は, 長さ 66 mm, 厚さ 3.2 mm, 幅 5 mm の柔軟な自然ゴムである。これらゴム材の先端に SMA を取付け, ゴム材 1, 2 の開閉より管内を自由に往復移動させることができる。

3. 実験および測定結果

試作したアクチュエータを各種の管内に挿入し, 入力電力あるいは負荷荷重を変化させて走行速度を測定した。測定では信号発生器により発生する正弦波をアンプにより増幅して, 励磁コイルに電力を供給し, 系を共振させた。

図 2 はパイプの内径を 40 mm とし, パイプ傾き角度と

(a) Actuator inserted in a pipe

Front view

Plan

Side view

(b) Detail of vibration body and rubber

Fig. 1 Structure of actuator.

アクチュエータの垂直上昇速度との関係を、アクチュエータへの入力電流の実効値を 0.12 A, 0.15 A, 0.2 A と変化させて測定したものである。図中、 $\alpha = -90^\circ$ は垂直下降移動、 $\alpha = 90^\circ$ は垂直上昇移動に相当する。内径 40 mm のパイプ内を走行させた場合、垂直下降と上昇との速度差は約 3 倍となる。

図 3 は入力電流を 0.28 A とし固定し、付加質量と垂直上昇速度との関係を内径 35 mm および 40 mm の管内について示したものである。図より内径 40 mm の管内では、25 g の付加質量を取付けても 23 mm/s の速度で垂直上昇移動可能である。これより本アクチュエータの推進力はかなり高いことがわかる。

さて図 4 は管内に複数個のエルボ部と段差を有する複雑な T 字管を示したものである。このような形状の複雑管は、水道管、熱交換器あるいはボイラー等によく用いられる。本複雑管の内部は、入口および出口部とエルボ部の内径は異なり、更に内部には 1.5 mm の段差を有している。この複雑管を走行対象として、アクチュエータの走行試験を行った。測定距離は、2 つの直線部と 1 つの分岐部を含んで 80 mm とした。アクチュエータが分岐管内を走行する場合、アクチュエータを管内で回転させ、図 5 に示す所期状態にセットさせる。この状態にて片方の振動体のみを駆動させると、アクチュエータ本体に対してモーメントが作用し、アクチュエータは分岐管内を走行することができる。測定された結果より、本アクチュエータにおける複雑管内の走行速度は 8.7 mm/s を超えており、本試作モデルは実用上十分な速度で複雑管内を走行可能であることを示している。

Fig. 4. Detail of the complex pipe.

4. まとめ

試作した CCD カメラを搭載した本アクチュエータは、内径 35 mm の範囲にて段差を有する直進管内、T 字等の分岐管内の走行が可能であることを確認し、複雑管内の内部検査の可能性を示した。更なる小型化の検討を行う予定である。

Fig. 2. Relationship between tilt angle and speed.

Fig. 3. Relationship between load mass and vertical upward speed.

Fig. 5. Actuator moving in the T-junction pipe.