地中埋設管測量装置の試作

Fabrication of a Position Surveying Micromachine in the Underground Pipe

○学 濱野 聡明 (日本工大) 学 大野 学 (日本工大) 樺澤 康夫 (日本工大) 正 加藤 重雄 (日本工大)

Toshiaki HAMANO, Nippon Institute of Technology, Miyashiro, Saitama, 345-8501

Manabu ONO, Nippon Institute of Technology

Yasuo KABASAWA, Nippon Institute of Technology

Shigeo KATO, Nippon Institute of Technology

Key words: In-pipe, Position Surveying, Underground Pipe, Micromachine

1. 緒 言

地中にはガス管、上下水道管、電話線など生活に関わる各種ケーブル、配管が埋設されている。ここに、新たにケーブルを埋設する際や、工事の際、正確に埋設位置が解らなければならない。しかし、大まかに埋設しているため、数十センチ単位の位置は解らない。特に近年高速通信網整備のため、多くの光ファイバケーブルが埋設されており、今後も増加するであろう。光ファイバケーブルは、塩化ビニルの保護管に内蔵されており、非磁性体のため地上から位置を測量するのは難しい。また金属管であっても、地質や気象等の環境に大きく影響される。誤って、ケーブルや管路を切断した場合、多大な損害、災害が発生する。そのため、埋設位置確認を人力にて掘削調査しており、多大な時間と労力がかかってしまう。工事期間の短縮、工事費低減のため、掘削することなく、ケーブル、管路の測量できることが求められている。

著者らはこれまでに、内径 100mm の配管内を走行速度 42mm/s で走行できる空気圧駆動式管内走行ロボットを提案している¹⁾。また内径 44mm の配管内を、走行速度 33mm/s、水平方 20m 以上走行できる、管内走行ロボットを提案している²⁾。今回筆者らは、このロボットに地中埋設管測量装置を牽引させ、高速道路に埋設された光ファイバ内蔵管を測量する機構を試作したのでここに報告する。

2. 地中埋設管測量装置のシステム

図 1 に地中埋設管測量システムの構造を示す。左右 2 個のロータリエンコーダと信号増幅回路を内径 80mm 用の移動機構に搭載した管測量装置部、信号処理部、ソフトウェアとコンピュータ部に分けられる。

管測量装置部を図 2 に示す。エンコーダ移動機構は、左右のエンコーダに、プーリ (直径 30mm) をつけ、アームで移動機構に接続し、バネで支えられている。移動機構は 8 個のプーリで移動し、管の中で回転しないよう設計されている。

信号増幅回路は、演算増幅回路により構成され、長距離の信号伝達を可能にする。それらの電子回路も、移動機構に固定されている。

信号処理回路部は、正転逆転判定回路、カウンタ回路、走行時の振動など機械的チャタリング防止回路により構成されている。エンコーダの出力には、A 相と B 相があり、約 70 度位相しており、正転と反転が判断できる。その信号を Up, Down に変換し、カウンタ回路に入力しカウントする。

ソフトウェア、コンピュータ部は、信号処理部からの

Fig. 1 A position surveying system

Fig. 2 A position surveying micromachine

Fig. 3 A computed locus

信号を、Universal serial busに接続されたI/Oインタフェースを通して、コンピュータに入力する。ソフトウェアはオペレーティングシステムにWindows2000を使用した。入力信号から、一定時間に進んだ距離を左右とも計算する。次に、左右の走行距離の平均から管の長さを計算、左右の走行距離の差による角度の計算、それをベクトルデータとして保存する。またコンピュータの時計より、速度の計算をする。ベクトルデータは、異常データ修正部により、定期的に監視され、異常データを修正する。画像処理、描画部ではデータより、コンピュータディスプレイに、測量した、走行距離、走行速度、ロボットの状態を表示する。測定したデータは保存し利用することができる。

3. 走行位置計算の原理

測定装置は、左右の2個のロータリエンコーダにより構成されている。図4のように、曲管走行時、左右のロータリエンコーダの間には、走行距離の差が生じる。測量装置の一定時間に進んだ距離を s 、左右距離の差を ε とすると、エンコーダ1の距離は、 $s + (\varepsilon/2)$ 、エンコーダ2の距離は、 $s - (\varepsilon/2)$ となる。式(1)を展開すると、式(2)となり、管の径 D とエンコーダの差 ε により、角度 θ を求める事ができる。また座標では最初の位置を、 (X_0, Y_0) として、次の座標を (X, Y) とすると、式(3)のようになる。

4. 測量結果

アクリル管（内径 80mm、曲率半径 100mm 長さ 1000mm、角度 90度）を水平に配置し、測量装置を 30m/s で移動させた。図3のように測量結果は、九点を始点ソフトウェアで計算し軌跡をリアルタイムで描画が出来た。左右エンコーダの走行距離、走行した距離、曲がった角度も表示出来た。20回の角度測量結果を図5に示す。誤差の範囲は ± 0.9 度以下であった。角度誤差の平均は 0.25 度であった。20回の測量結果を、解析用のソフトウェアで重ね合わせた結果を図6に示す。位置の誤差は、 ± 10 mm 以下であった。この誤差は、測定装置が管の中で、ガタつき、装置が回転してしまう事や、ロータリエンコーダがスリップしてしまうためと考えられる。今後は装置、ソフトウェアの改良をして精度の向上が必要である。

5. 結 言

- (1) 左右2個のロータリエンコーダ、信号増幅回路を内径 80mm 用の移動機構に搭載した測量装置、信号処理回路と測量計算するソフトウェアから構成させる地中埋設管測量装置を試作した。
- (2) 地中埋設管測量装置は水平に配置された管の角度を誤差の範囲は、 ± 0.9 度以下で測量することが出来た。角度誤差の平均は 0.25 度であった。位置の誤差は、 ± 10 mm であった。

参考文献

- (1) 松本、大野、加藤、長距離走行可能な管内走行ロボットの試作、日本機械学会東北支部多賀城地方講演会講演論文集、2000、pp.95-96
- (2) 大野、濱野、高橋、加藤、長距離走行可能な管内走行ロボット、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会、2001、講演論文集、1A1-B10

Fig. 4 Surveying principle

$$\left(s + \frac{\varepsilon}{2}\right) - \left(s - \frac{\varepsilon}{2}\right) = \varepsilon = \left[R + \left(\frac{D}{2}\right)\right]\theta - \left[R - \left(\frac{D}{2}\right)\right]\theta \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\varepsilon = D\theta \quad \theta = \frac{\varepsilon}{D} \quad (\text{Eq. 2})$$

D = A diameter of the pipe
 S = Movement distance

$$\left. \begin{aligned} x &= x_0 + s \left(\theta - \frac{\theta^3}{6} \right) = x_0 + s \left\{ \left(\frac{\varepsilon}{D} \right) - \frac{\left(\frac{\varepsilon}{D} \right)^3}{6} \right\} \\ y &= y_0 + s \left(1 - \frac{\theta^2}{2} \right) = y_0 + s \left\{ 1 - \left(\frac{\varepsilon}{D} \right)^2 \right\} \end{aligned} \right\} \quad (\text{Eq. 3})$$

Fig. 5 Result of the degree survey

Fig. 6 A computed loci