

日本電信電話公社 茨城電気通信研究所 正員 ○松 本 哲 男  
 " " 片 桐 敏 昭  
 " " 正員 山 内 重 徳

### 1. まえがき

電力公社では、管路埋設工事のために小断面シールド工法の研究を進めている。これは、従来のシールド工法の掘削、排土、ライニング等を完全自動化して、トンネル内の無人化や安全高速施工を目指すもので、トンネル内の山留としては、セグメントの自動組立を一つの方法としている。本報告は、セグメントを自動で組立てるために必要なセグメントの位置検知の方法について述べたものである。

### 2. セグメントの位置検知機構

セグメントの位置検知用センサとして、コイルスプリング形リミットスイッチを用いる場合、機械的な変形や破損を起こしたり、機械的な被検知物を必要とする問題がある。これらの問題点を解決するため、センサを非接触形にし、これに走査機能をもたせ、図1のようにセグメントのリンク継手を被検知箇所とした位置検知機構を試作した。図2にこの構成を示す。本機構は、既に組み込まれたセグメントを基準とし、この位置を検知して、次に組み込むべきセグメントの位置を求める目的とする。

#### 2.1 位置検知の方法

図2において、2個のセンサのオンオフの組合せにより、領域Iのとき(1,1)、IIのとき(1,0)、IIIのとき(0,0)となるように、セグメントに対してセンサを設定し、センサを常に領域IIに位置させるように、電動モータを制御する。モータはIIで停止し、IIIで正回転し、Iで逆回転する。以上から、既に組み込まれているセグメントのY方向の位置が判る。また、H部分のような凹部に対しては、センサをセグメントに向ってある一定距離だけ送っても、センサ出力が(1,0)にならないときは、Y方向の移動を停止し、同時に検知パルスを出力してH<sub>1</sub>の情報を得る。次にセンサが凹部を脱出すると同時に再びサーボ動作を開始し、センサ出力が最初に(1,0)となつたとき、検知パルスを出力してH<sub>2</sub>の情報を得る。以上から、既に組み込まれているセグメントのY方向の位置が判る。

#### 2.2 位置検知機構とその諸特性

図2に示した座標系を用いて検知機構をブロック線図で表示すると図3のようになる。ここで、f(x)はX軸に対するセグメントのプロフィール、g(x)はセンサ位置の目標値、h(x)はセンサ位置の制御

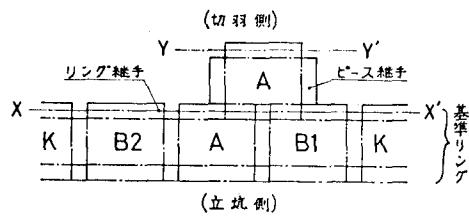


図1 セグメントの被検知箇所

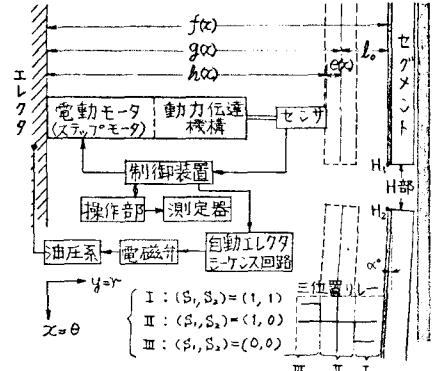


図2 位置検知機構の構成

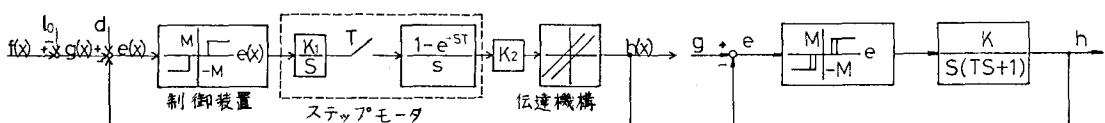


図3 検知機構のブロック線図

図4 リミットサイクルが問題となる系

量、 $\epsilon_{xy}$ は偏差、 $l_0$ は非接触距離、 $\alpha$ および $\beta$ は外乱である。また、制御装置は図3の三位置リレーで表わされ、その特性はセンサの特性と設定条件に依存している。次にこの制御系のリミットサイクルの検討を行う。この現象は、図4に示すように、センサ特性にヒステリシスがあり、モータ特性に一次遅れがある場合問題となる。この現象の生ずる領域を求めるとき図5のようになり、不感帯として $PQ$ を設定するとき、ヒステリシス幅が $QR \sim QS$ のときリミットサイクルが生じ、 $QR$ はそのとき許容される最大ヒステリシス幅である。また、本機構の検知精度は、(1)不感帯幅、(2)センサの諸特性、(3)センサ受感部の面積、(4)セグメントのリング総手部の表面状態、および(5)その他電気的、機械的な構成要素の誤差、によって決定される。

### 3. 実験結果

試作した検知機構の諸元を表1に示す。

#### 3.1 検知測定例

セグメントのリング総手部を模擬した被検知物の $x, y$ 方向の検知測定例をそれぞれ図6、図7に示す。図6において、センサが被検知物に対して設定した一定の非接触距離13.9mmを保つように $y$ 方向へ送られていることを示す。また、図7において、センサがエッジ $H_1$ を検知して $y$ 方向への移動を停止すると同時に検知パルスを出力したことを見せる。以上から、被検知物であるセグメントの平面的アロフィールを検知することができ、組み込むべきセグメントの位置決め信号とすることができる。

#### 3.2 検知精度

検知機構の $x, y$ 方向の検知精度を求める実験に次の条件を設定した。(ア)リレー特性：ヒステリシス幅0.15mm以下、不感帯幅0.50mm(イ)非接触距離：12.70mm(ウ)被検知物： $3.2 \times 55 \times 240 \text{ mm}^3$ (エ)鋼板、平面度0.05mm(エ)走査速度： $x$ 方向約50および100mm/s、 $y$ 方向40mm/s(オ)ステップモータ：自起動周波数内の駆動、の設定条件で $x, y$ 方向の検知精度を求めた。この結果、(1) $y$ 方向の検知精度は $\pm 0.4 \text{ mm}$ 、(2) $x$ 方向の検知精度は表2のとおりであり $\pm 2.15 \text{ mm}$ が得られた。なお、表2の各値は、図7の $H_1$ 検知パルスのバラツキが正規分布しているとして、11個の測定データを信頼度95%で評価した偏差値である。

### 4. あとがき

自動エレクタ装置の位置検知の1方法を案出し、実験機を試作し、実験的に検討した結果、 $x$ 方向 $\pm 2.15 \text{ mm}$ 、 $y$ 方向 $\pm 0.4 \text{ mm}$ の検知精度が得られることが判った。今後は、実験機の基本特性の検討を進めるとともに実際的な検知条件を考慮した検討も進める。また、単に検知精度の向上を図るのでなく、小形軽量化、信頼性や耐環境性等の点も含めて位置検知機構の最適化を図る場合の問題点を検討していく予定である。

参考文献 J.E.Gibson; 非線形自動制御, 1963

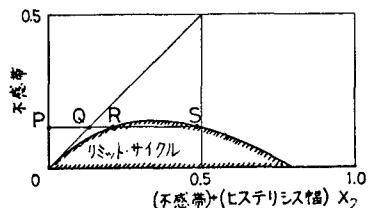


図5 リミットサイクル

表1 検知機構の諸元

項目	諸元
最大移動距離	100 mm
最大移動速度	40 mm/s
機械的精度	$\pm 0.07 \text{ mm}$
搭載センサ重量	200 g以下
零位置精度	$\pm 0.1 \text{ mm}$
1 step当たりのセンサ送り	0.05 mm/pulse

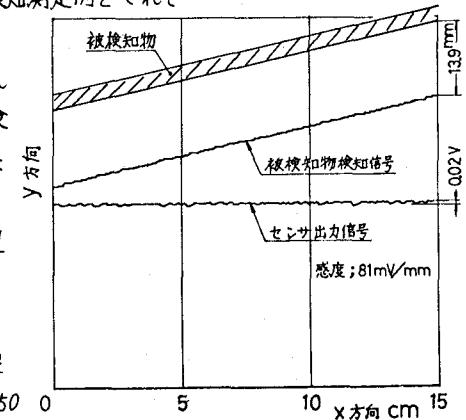


図6  $y$ 方向検知測定例

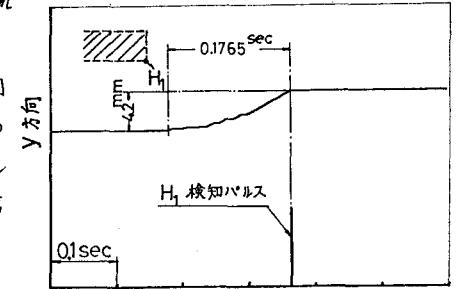


図7  $x$ 方向検知測定例 ( $V_0 = 99.4 \text{ mm/s}$ )

表2  $x$ 方向実験結果

設定速度( $\text{mm/s}$ )	センサ			
	5°	0°	-5°	-10°
50	$\pm 0.81$	$\pm 1.53$	$\pm 1.35$	
100	$\pm 2.15$	$\pm 1.10$	$\pm 1.74$	

(mm/s), [mm]