

## VI-64

## シールドの測量・姿勢制御の自動化について

佐藤工業㈱

正会員 ○大西 豊

佐藤工業㈱

正会員 桐谷祥治

石川島播磨重工業㈱

田方茂佳

## 1. はじめに

現在、実用化されている自動測量装置はジャイロを使用したものとレーザーを使用したものに大別される。レーザー方式ではその性質上高精度が得られるが、シールド工事には小口径で急曲線を含むものが多く、レーザーを通すスペースの確保が困難である場合が多い。これに対しジャイロ方式では、縦・横・高さが40cm程度の装置をシールドの任意の位置に設置するだけでよく、原理上から前記の制約を全く受けないが、シールド特有の横スベリなどの誤差が生じる。これらレーザー方式、ジャイロ方式を比較検討した結果、ジャイロ方式を採用し、横スベリなどの誤差は統計処理解析により検出し精度の向上を図ることにした。本報告は、自動測量システムの概要を示すとともに実際の現場に適用した結果を示し、さらに自動方向制御に対する考察について述べるものである。

## 2. 自動測量システム

図-1にシステム概要を示す。図中のジャイロ本体には、真北からの方向を検出するジャイロコンパスと、ピッチ角、ロール角を検出する加速度計が設置されている。ジャイロ本体からの信号は、シールドジャッキストローク等の信号とともに坑内の信号変換器で処理されて地上に伝送される。これらの信号は中央制御室のコンピューターで処理され、シールドの位置・姿勢など現在の掘進状態がリアルタイムに地上、地下のモニターにディスプレイされる。

図-2はジャイロコンパスによる座標算定図を示す。図より既知点 $I_1$ からシールドが微小距離 $\Delta L$ 推進して $I_2$ 点に到達したとき、 $I_2$ 点の位置はベクトル $\vec{I_1I_2}$ の向きと大きさにより求まる。同様にしてシールドの現在位置を $I_n$ とすれば、次式で $\vec{I_1I_n}$ を算定することにより $I_n$ 点の位置が求まる。

$$\vec{I_1I_n} = \vec{I_1I_2} + \vec{I_2I_3} + \dots + \vec{I_{n-1}I_n}$$

以上の算式は、シールドの向きと推進方向が一致している場合に成り立つが、軟弱地盤や急曲線上などでは一致しない場合があり、誤差が生じる。この誤差は、地質、曲線線形などによる定性的なものであることがこれまでのジャイロによる位置計測で確認されており、これを統計処理により求め、計測値に補正を加えることにより対処することができる。

## 3. 自動姿勢制御への対応

本報告を執筆時点で、3件の実施例がある。実績によれば精度的に満足できる結果が得られており、さらに無補正で連続計測できる区間延長についても実用化レベルに達するものが得られている。これらの実績を踏まえて、シールドの自動姿勢制御への対応について以下に述べる。

図-3は得られたデータからジャッキパターンとシールドの姿勢変化の関係についてまとめたものである。図-3(a)は、切羽に向かって右側の3本のジャッキを抜いた場合、すなわちシールドを右に向ける操作を行なった際に、シールドが100mm進む間のシールドの方向変化量(方位角変化量)をヒ

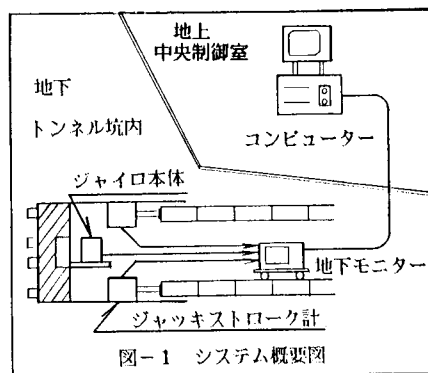


図-1 システム概要図

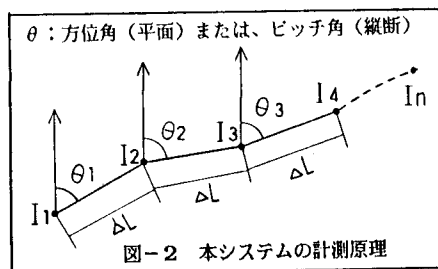


図-2 本システムの計測原理

ストグラムに示したものであり、図-3（b）は全く逆の場合について整理したものである。正反対のジャッキパターンに対して逆向きにほぼ等しい方位角変化量が得られており、ばらつきも少ない。

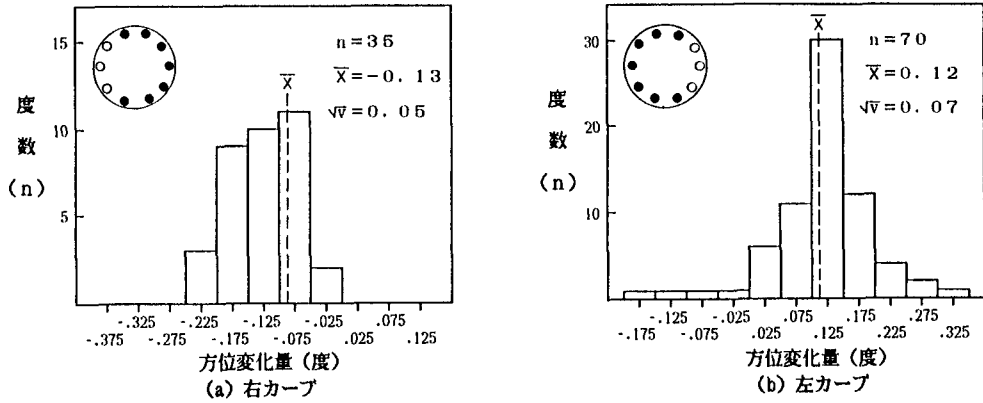


図-3 ジャッキパターンとシールド姿勢変化

図-4は、シールド 100mm推進時の方向変化量と、そのときのジャッキパターンとジャッキ推力より算出したシールドに働くモーメントとの相関図である。図-4（a）は、方位角変化量と平面内のモーメントとの相関、図-4（b）は、ピッチ角変化量と縦断面内のモーメントとの相関である。図-4より明らかに平面内ではモーメントとシールドの変位は高い相関があるが、縦断面内では相関が少ない。

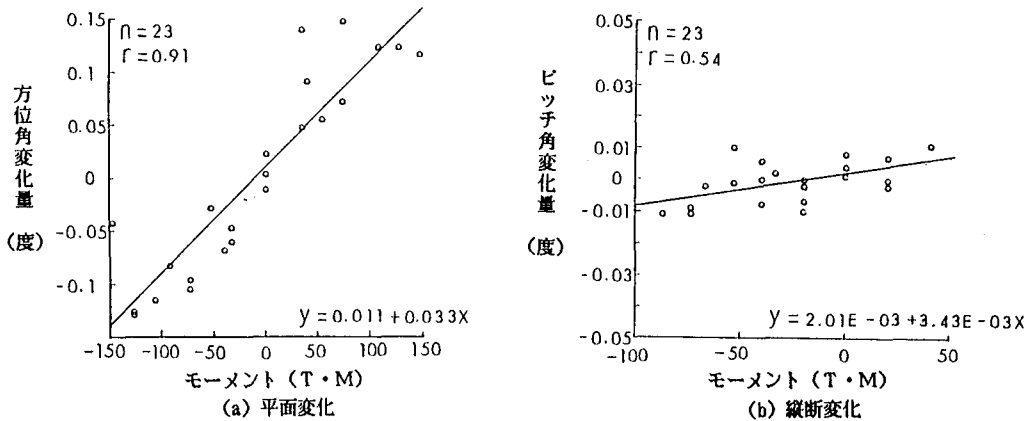


図-4 モーメントとシールド姿勢変化の相関

以上のデータより、シールドは平面内では、ジャッキによるモーメントによりその挙動を方向づけられるが、縦断面内では、他の要素の影響も大きくモーメントのみではその挙動を制御することは困難であるといえる。他の要素には、地下水圧や、泥水圧などによるシールドの浮き上がりや、シールドの重心の位置による前上がり、あるいは前下がりなどの不安定な挙動が考えられる。これらの要素を定量的にとらえるのは困難であるが、ジャイロによる自動測量の成果を活用することにより、これらの要素を定量化した自動姿勢制御システムを構築することが可能と考える。

#### 4. おわりに

現在、シールドのジャッキ自動選択は多数試みられている。シールドの地盤中での動きは非常に複雑であり、自動姿勢制御を実用レベルにまで引き上げるためには、検討すべき課題が数多く残されている。

本文は、これらの課題に対する一検討結果について述べたのであり、引き続き検討を進める予定である。