

シールド工法における測量システム

髙奥村組 河原畑良弘 寺田道直
 市原義久

1. 概要

シールド工法において計画線に沿って掘削を行うためには、シールド機の姿勢の検出とその制御というサイクルを繰り返す必要がある。一般にシールド機の姿勢制御は、姿勢に関する情報に基づき方向修正ジャッキを作動させる。したがって、施工精度に関してシールド機の測量は大きなポイントとなる。

シールド機の姿勢を表わす要素は計画線に対する傾きと変位であるが、傾きがある場合はシールド機中心軸のある点での変位を計画線に対する機体の変位として取扱う必要がある。この点をシールド機が曲進する時の機体の旋回中心とすれば、傾きの影響を受けないので制御上有利である。

近年のシールド工事においては、掘削基準線として設定したレーザー光をシールド機後端に取付けたターゲットで受光し、そのターゲット上のレーザー・スポットの変位をテレビカメラにより監視するという遠隔操作を行うケースが増えている。しかし、こうした測量では機体後端の変位検出となり、傾きを別途検出し演算により旋回中心における変位を求める必要がある。

本システムは、光学的にシールド機の旋回中心の傾きと変位を検出する機能を持つものである。

2. 検出原理

図-1に示したように、シールド機の中心線上で旋回中心より後方に受光装置を設置する。受光装置はレンズ（焦点距離 f ）と2枚のターゲットから構成されており、基準線として設定したレーザー光を受光しシールド機の旋回中心における傾きと変位を検出する。

以下、この検出原理について、レーザー光と受光装置、旋回中心の光学的関係を説明する。

(1) 傾きの検出

レンズの焦点上にターゲットAを設置する。レンズの中心軸と平行して入射するレーザー光はターゲットAの中心に集まるが、角度 α だけ傾斜して入射するレーザー光は中心から $f \cdot \tan \alpha$ 離れた点に集まる。

したがって、ターゲットA上のレーザー・スポットの位置により、シールド機の基準線に対する傾きが検出できる。

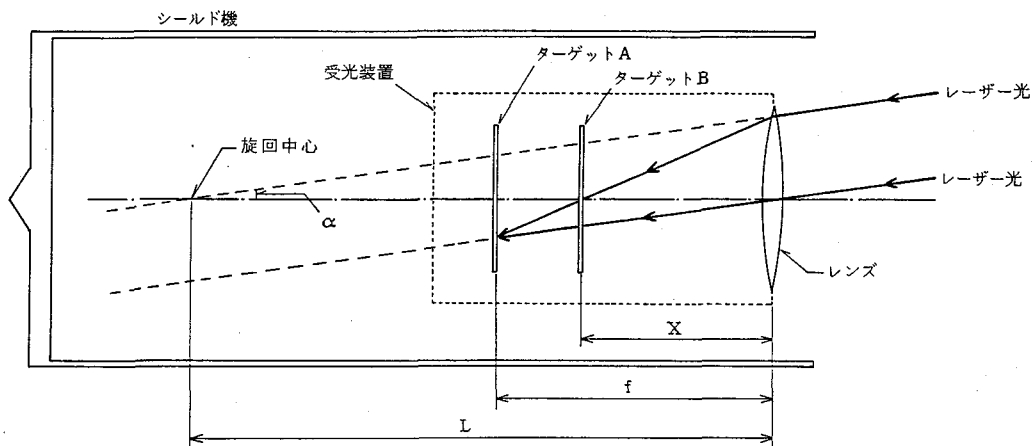


図-1 検出原理

(2) 変位の検出

シールド機が基準線に対して角度 α だけ傾斜しており、旋回中心における変位が0である場合を考える。レーザー光はレンズにより屈折するため、旋回中心よりも後方においてレンズ中心軸と交わる。この交点にターゲットBを設置する。レンズとターゲットBの距離Xは、レンズと旋回中心の距離をLとして、次式により与えられる。

$$X = \frac{f \cdot L}{f + L}$$

次にシールド機が基準線に対して角度 α だけ傾斜しており、レーザー光がレンズ中心を通る場合を考える。旋回中心の変位をsとした場合、レーザー光はターゲットBの中心から $s \cdot f / (f + L)$ 離れた点に集まる。すなわち、旋回中心における変位は、ターゲットB上に $s \cdot f / (f + L)$ 倍して表わされる。

したがって、ターゲットB上のレーザー・スポットの位置により、シールド機の旋回中心における変位が検出できる。

3. 使用例

(1) 受光装置の構造

本システムはシールド工法の自動化の一環として開発したものであり、ターゲット上におけるレーザー・スポットの位置をテレビカメラで写し、それを画像処理することにより、シールド機の傾きと変位をデジタル・データとして検出する。

レンズの中心軸には傾き検出用と変位検出用の2枚のターゲットを設置するので、図-2に示したように、半透明ミラーによりレーザー光を2つに分け

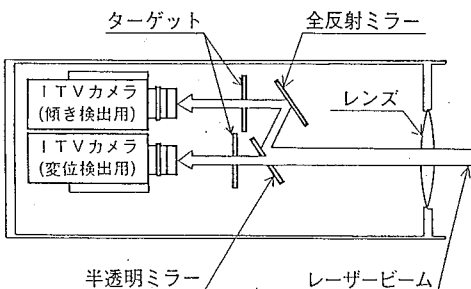


図-2 受光装置の構造

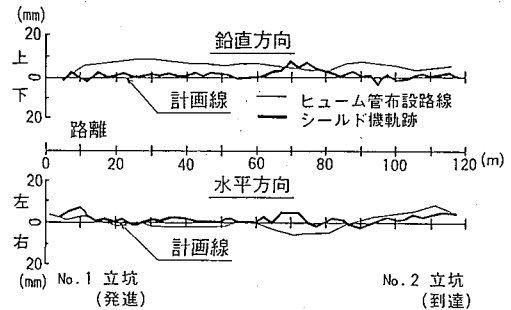


図-3 シールド機推進軌跡

それぞれのレーザー光に対し適した位置にターゲットを設置する。

(2) 分解能

受光装置の性能として、傾きは 1° 、変位は 1mm の分解能がある。しかし、坑内の空気流の影響でレーザー光にゆらぎが生じたり、距離に応じてレーザー・スポットが大きくなるので、検出結果に誤差が生じてくる。この問題については、検出結果に対し統計処理を行うことにより、その影響を除去することができる。

(3) 姿勢制御

本システムは自動姿勢制御に使用され、その検出結果に基づいてコンピューターが方向修正の指令を出す。制御方法として、シールド機の姿勢に管理範囲を設定し、その範囲からはずれた場合はただちに方向修正ジャッキを作動させる。

この自動姿勢制御を導入して施工したシールド機推進の軌跡図を図-3に示す。従来の施工では、シールド機の軌跡の変位は $40\sim 50\text{mm}$ が平均実績値と考えられるので、精度は著しく向上したといえる。

自動制御に限らず、従来のシールド工法に本システムを導入すれば、旋回中心の傾きと変位を光学的に検出できるため、施工精度は向上するであろう。

4. 今後の課題

本測量システムは、シールド機の姿勢制御を行う上で十分な検出性能を持っているが、適用範囲は直線部分における施工に限られている。

今後は、曲線部分における施工についても対応できるシステムの開発を考えている。