

光ファイバジャイロを利用したシールド機用方位計測システムの開発と実証実験

(株)鴻池組	正員	古川和義
〃	正員	高田晴夫
〃		日置昌治
日立電線(株)		熊谷達也
〃		芦塚紀尋

1. はじめに

最近のシールド工法においては、都市部の地下空間利用の高度化に伴い、急曲線や小口径など施工条件の難しい工事が増加している。さらに、シールド機の機能向上により施工速度が増してきたために、シールド機を計画線どおりに精度良く掘進させるためには、シールド機の姿勢を常に高精度で検出し方向制御を行うことが必要である。そこで筆者らは、掘進中のシールド機の方位をリアルタイムに計測するために、①高精度、②小型、③短時間起動を目的として光ファイバジャイロを利用した方位計測システムを開発し、オプトコンパスと命名した。本稿では、オプトコンパスの概要と実証実験の結果について報告する。

2. オプトコンパスの概要

光ファイバジャイロは、コイル状に巻いた光ファイバ内を通過するレーザ光の特性を用いて、物体の角速度を検出するジャイロ스코プの1つである。今回開発したオプトコンパスは、1/10000 度/秒の回転速度を検出できる高精度な光ファイバジャイロを2つ組み合わせて、物体の真北からの方位をリアルタイムに計測するジャイロコンパスで、その方位検出原理を以下に示す。

まず、1つの光ファイバジャイロのセンシンググループ(光ファイバをコイル状に巻いたセンサ部)を地面に対し垂直に立て、センシンググループ面を複数方位に向けることで地球の自転速度を検出し、この検出値が0となる方位を計算することによって真北を求める(図-1参照)。同時に、もう1つの光ファイバジャイロのセンシンググループを水平に置いて移動物体の回転角速度を検出する。これら2つの光ファイバジャイロの検出値を組み合わせ、演算処理することにより、低速で移動する物体の方位をリアルタイムで計測することができる。

また、オプトコンパスの構成は、2つの光ファイバジャイロを組み込んだセンサ部と検出した方位を表示する表示・電源部から成り、それぞれ前者はシールド機内に、後者はシールド機の後台車にある運転席に設置する。さらに表示・電源部からはRS-422の信号で方位データを外部出力する仕様になっている(図-2参照)。

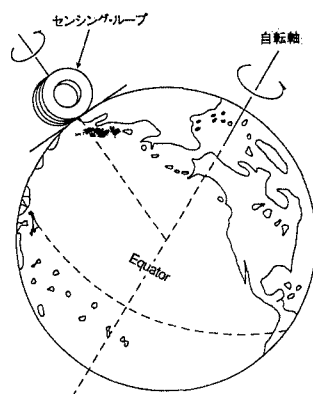


図-1 方位角検出の原理

3. 現場実証実験

開発したオプトコンパスは、滋賀県大津市で施工中の外径φ4590mm泥水加圧式シールド機に搭載してその適合性を検証した。この現場ではメタンガスが発生する危険性があるため、耐圧防爆構造の容器を設置し、この中

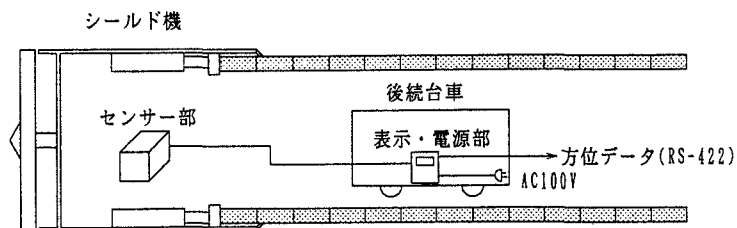


図-2 オプトコンパスのシステム構成

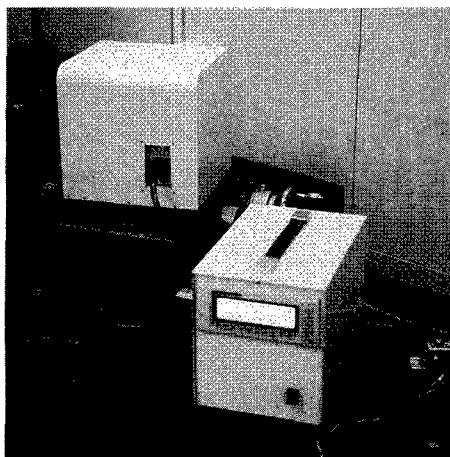
にオプトコンパスのセンサ部を据付けた。この現場では、シールド機の運転は地上の中央管理室から遠隔操作で行うため、表示・電源部は後続台車に設置した。この方位データは、自動追尾式トータルステーションによるシールド機の位置測量データとともに、地上の自動方向制御システムに取り込むようにした。

(1) 方位検出精度

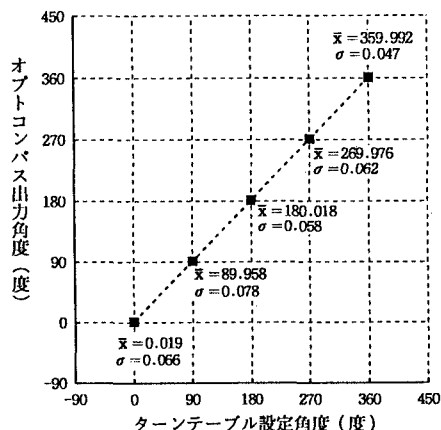
オプトコンパスのセンサ部を予め方位を計測したターンテーブルの上に固定し、ターンテーブルを 90° ずつ回転させ、そのつど10回ずつオプトコンパスの電源を投入させて、オプトコンパスの出力する方位をサンプリングした（写真－1参照）。実験結果は図－3に示すとおりであり、どの方向においても安定した方位角を出力することを確認した。また、この実験時にオプトコンパスの電源を投入してから最初の方位を検出するまでに要した時間は、約10～11分であった。

(2) 方位測定結果

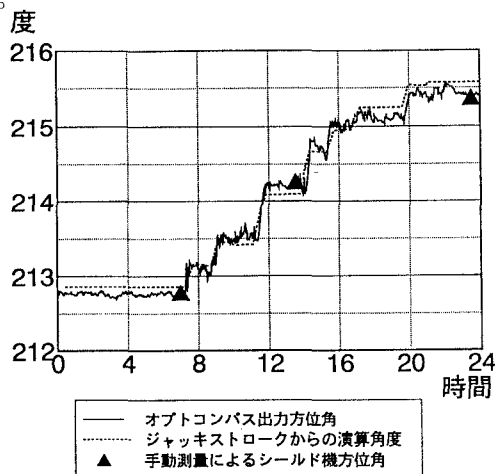
図－4に実際のシールド機に搭載したときの測定結果を示す。このときの施工状況は、半径 $R = 200\text{ m}$ の右向きの曲線施工中で、7時から21時までの間に7リング（約7 m）の掘進とセグメント組立を行っている。オプトコンパスの出力する方位は、ジャッキストロークから推測されるシールド機の方位ならびに手動測量によるシールド機の方位角とよく一致していることがわかる。



写真－1 ターンテーブルによる実験状況



図－3 電源投入時の方位角計測結果



図－4 シールド機搭載時の方位計測結果

4. おわりに

光ファイバジャイロを利用した方位計測システムのオプトコンパスを新規に開発し、現場実証実験を行った。その結果、オプトコンパスは電源投入後約10分間で $\pm 0.1^\circ$ 以内の精度で方位を検出することができ、掘進中・停止中にかかわらず安定してシールド機の方位を計測することが確認できた。今後は、数台のシールド機に搭載する予定であるが、地中連続壁工事や掘進工事などへ幅広く適用を拡大し、オプトコンパスの特徴を活用させてゆきたい。

【参考文献】 1) 芦塚、梶岡、古川ほか：高精度光ファイバジャイロを利用したシールドマシン用方位計測システムの開発、1993年電子情報通信学会春季大会